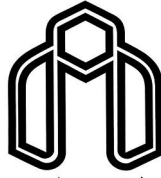


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین
پایان نامه کارشناسی ارشد
گرایش پترولوژی

عنوان:

**پترولوژی و ژئوشیمی
گنبد‌های ساب‌ولکانیک جنوب غرب بیرجند**

زهرا دل‌اور

اساتید راهنما:

دکتر محمود صادقیان

دکتر فرج‌الله فردوست

استاد مشاور:

دکتر حبیب‌الله قاسمی

بهمن ۱۳۸۹

گروه: زمین شناسی - پترولوژی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم زهرا دلاور

تحت عنوان:

پتروگرافی و ژئوشیمی گنبد های ساب و لکانیک جنوب غرب بیرجند

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و

با درجه و امتیاز مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی: دکتر حبیب اله قاسمی		نام و نام خانوادگی: دکتر محمود صادقیان دکتر فرج الله فردوست

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:

تقدیم به روح نورانی مادرم

و پدر عزیزتر از جانم

که لحظه لحظه حیات خود را میون فداکاری های جبران ناپذیر آنان، مستم

تقدیر و تشکر

پاس خدا را؛ پاسی که در سایه سارش، در جمع سپاسمندان درگاهش باشیم و به یاریش، بر مشتاقان به سوی دریای رضایت و غفرانش، پیشی بگیریم.

آنچه پیش رو دارید چکیده‌ای است از آموخته‌های حاصله از تلاش‌های بی‌وقفه و دلسوزانه استاد بزرگوار جناب آقای دکتر محمود صادقیان که بی‌شک بیشترین زحمات را تحمل نمودند، راه‌نمایی‌های ارزنده جناب آقای دکتر فرج‌الله فروست و ارشادات ارزشمند استاد بزرگوار مشاور جناب آقای دکتر حبیب‌الله قاسمی. ضمن قدردانی از این بزرگواران اذعان می‌دارم، چنانچه نشانی از پویایی و تازگی در این مجموعه یافت شود همه از عنایات ایشان است و اگر نقص و کاستی از کوتاهی اینجانب.

از جناب آقای دکتر کریمی، رئیس محترم دانشکده که خود را دیدیون لطف و بزرگواری ایشان می‌دانم، خانم دکتر عبدی و خانم دکتر شیبی که قبول زحمت فرمودند و داوری این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند، خانم مهندس سعیدی که دوستانه در پیشبرد این پایان‌نامه مرا همراهی کردند، جناب آقای مهندس خانعلی زاده که رهگشای مشکلات اینجانب بودند، خانم مهندس فارسی کارشناس محترم دانشکده و جناب آقای مهندس میرباقری کارشناس محترم آزمایشگاه اپتیک کمال تشکر را دارم.

همچنین از همه دوستانم خانم محبوبه قهاری، رقیه رضوی، مریم شهری، سکینه شکاری، سمیرا طیبی، الهام شاه حسینی، شیوا باغبانی، سیمین بدرلو و آقایان تدین، شمسی و برهمند و همه هم‌اتاقی‌های عزیزم که هر یک به نحوی در انجام این پژوهش مؤثر بوده‌اند صمیمانه تشکر می‌کنم.

اکنون آموخته‌های خویش را به خانواده‌ام که زندگی خود را دیدیون بزرگ‌نشی‌ها، فداکاری‌ها و محبت‌های جبران‌ناپذیر آنان، تتم تقدیم می‌دارم و این پایان‌نامه را به خدمتشان پیشکش می‌نمایم.

دانشجو تایید 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.

مهر ۱۳۸۹

چکیده

منطقه مورد مطالعه، بخش‌هایی از شمال و جنوب بیرجند را در بر می‌گیرد. این منطقه در شرق زون ایران مرکزی واقع شده است و به عبارت دیگر بخشی از بلوک لوت را در بر می‌گیرد. در این منطقه، تعداد قابل توجهی توده آذرین نیمه‌عمیق و تعداد محدودی توده آذرین عمیق وجود دارد که عمدتاً به صورت گنبد و دایک (ندرماً سیل) جایگزین شده‌اند. گنبد‌های میاکوه، همنند، رمی، گیوشاد، رونشک، چاه‌نوری، دوکوهه، اللهیار و توده نفودی لوخی‌سیه‌وار از نمونه‌های بارز آن‌ها هستند. این توده‌ها در میان سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی-رسوبی و آتشفشانی-تخریبی ائوسن و سنگ‌های افیولیتی کرتاسه-پالئوسن جایگزین شده‌اند و بر اساس مشاهدات صحرایی دارای سن ائوسن پایانی-الیگوسن آغازی (؟) می‌باشند. توده‌های نامبرده دارای طیف ترکیبی آندزیت-تراکی آندزیت، تراکی داسیت، داسیت، ریولیت و سینیت می‌باشند. این سنگ‌ها بافت‌های پورفیری، گلوپورفیری، میکروولیتی-پورفیری، جریانی و گرانولار نشان می‌دهند. بر اساس نتایج آنالیزهای شیمیایی و دیاگرام‌های ژئوشیمیایی، این سنگ‌ها روند تبلور تفریقی تقریباً یکنواختی نشان می‌دهند ولی گنبد ریولیتی میاکوه تفریق‌یافتگی بیشتری نسبت به سایر گنبد‌ها نشان می‌دهد و توده سینیتی لوخی‌سیه‌وار به طور خاص غنی از پتاسیم و عناصر نادر سنگین می‌باشد. بر اساس دیاگرام‌های عناصر ناسازگار-ناسازگار، ناسازگار-سازگار و سازگار-سازگار، سنگ‌های مورد مطالعه از روند تبلور تفریقی همراه با آلیش (AFC) پیروی می‌کنند. حضور آنکلاوهای زیر شواهدی از آلیش پوسته‌ای محسوب می‌شود: آنکلاوهای گرانیت-گنایسی گارنت‌دار در میاکوه، آمفیبولیتی در دوکوهه، میکاشیستی در مزار و چاه-نوری، ماسه‌سنگی در همنند و تمام‌کوارتزی در همنند و اللهیار و... بر اساس نمودارهای عناصر خاکی نادر و نمودارهای عنکبوتی، سنگ‌های مورد مطالعه از عناصر خاکی نادر سبک و عناصر لیتوفیل بزرگ‌یون، غنی‌شدگی و از عناصر نادر خاکی سنگین و برخی عناصر با قدرت میدانی بالا (Nb و Ta) تهی‌شدگی نشان می‌دهند. با توجه به همین نمودارها، تفریق‌یافته‌تر بودن سنگ‌های متعلق به گنبد میاکوه با فقیرتر بودن از عناصر نادر خاکی و غنی‌تر بودن از عناصر نادر خاکی سبک مشخص می‌گردد. این موارد با ویژگی‌های ماگماهای محیط‌های قوس قاره‌ای متناسب و سازگار می‌باشد. براساس ویژگی‌های ژئوشیمیایی، سنگ‌های مورد مطالعه در زمره آداکیت‌های سیلیس‌بالا قرار می‌گیرند و در ضمن از ذوب ورقه اقیانوسی فرورانده شده حاصل شده‌اند. البته گوه گوشته‌ای متاسوماتیسم‌شده روی آن نیز در این تغییر و تحولات نقش داشته است. با توجه به تاریخچه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه می‌توان گفت سنگ‌های مورد مطالعه حاصل ذوب ورقه فرورانده شده نئوتتیس به زیر ورقه قاره‌ای هلمند-فراه می‌باشند.

کلمات کلیدی: پتروولوژی، ژئوشیمی، قوس قاره‌ای، آداکیت، بیرجند.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ژئوشیمی و پترولوژی بازالت‌های پلیوکواترنر جنوب غرب سرچاه شور (صمد آباد)، هجدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه تبریز، شهریور ۱۳۸۹.
- پتروژنز گنبد‌های آداکیتی جنوب غرب بیرجند، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه ارومیه، شهریور ۱۳۸۹.
- ماگماتیسم الیگوسن در منطقه جنوب غرب بیرجند، چهاردهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، مشهد، آبان ۸۹.
- پترولوژی، ژئوشیمی و جایگاه تکتونیکی گنبد‌های آذرین بیرجند، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، بهمن ۸۹.

فهرست مطالب

عنوان.....	ب
تقدیر و تشکر.....	ه
چکیده.....	ز
فهرست مطالب.....	ط
فهرست جداول.....	ک
فهرست اشکال.....	ل

فصل اول: کلیات

۱-۱- موقعیت جغرافیایی.....	۲
۲-۱- راههای ارتباطی.....	۲
۳-۱- ژئومورفولوژی.....	۳
۴-۱- آب و هوا پوشش گیاهی.....	۶
۵-۱- مطالعات صورت گرفته یا در حال انجام.....	۶
۶-۱- هدف مطالعه.....	۸
۷-۱- روش مطالعه.....	۹

فصل دوم: زمین شناسی عمومی

۱-۲- مقدمه.....	۱۱
۲-۲- زمین شناسی عمومی منطقه.....	۱۱
۳-۲- واحدهای سنگی منطقه.....	۱۲
۱-۳-۲- کرتاسه- پالئوسن.....	۱۲
۲-۳-۲- ائوسن- الیگوسن.....	۱۸
۳-۳-۲- نئوژن.....	۳۸
۴-۳-۲- پلیوکواترنر.....	۳۸
۵-۳-۲- کواترنر.....	۴۰
۴-۲- زمین شناسی ساختمانی.....	۴۱
۵-۲- پتانسیل معدنی.....	۴۲
۶-۲- نتیجه گیری.....	۴۴

فصل سوم: پتروگرافی

- ۳-۱- مقدمه ۴۶
- ۳-۲- آندزیت - تراکی آندزیت ها ۴۶
- ۳-۲-۱- سنگ های آندزیتی - تراکی آندزیتی نوع پیروکسن و هورنبلنددار ۴۸
- ۳-۲-۲- سنگ های آندزیتی - تراکی آندزیتی نوع هورنبلنددار ۵۴
- ۳-۲-۳- سنگ های آندزیتی - تراکی آندزیتی نوع پیروکسن دار ۵۸
- ۳-۳- داسیت - تراکی داسیت ۶۱
- ۳-۴- سپینیت ۶۶
- ۳-۵- دگرگونی مجاورتی در منطقه رمی ۷۵
- ۳-۵-۱- دیوپسید ۷۶
- ۳-۵-۲- وزوویانیت ۷۷
- ۳-۵-۳- گارنت ۷۷
- ۳-۵-۴- کلسیت ۷۸
- ۳-۵-۵- کوارتز ۷۸
- ۳-۶- بازالت ۷۹
- ۳-۷- نتیجه گیری ۸۱

فصل چهارم: ژئوشیمی

- ۴-۱- مقدمه ۸۴
- ۴-۲- منابع بروز خطا در طی آماده سازی و تجزیه شیمیایی نمونه ها ۹۲
- ۴-۳- تصحیح داده های حاصل از تجزیه های ژئوشیمیایی ۹۲
- ۴-۴- کاربرد داده های تجزیه شیمیایی ۹۳
- ۴-۵- طبقه بندی و نام گذاری سنگ های آذرین ۹۳
- ۴-۶- بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی به کمک نمودارهای تغییرات ۹۸
- ۴-۶-۱- نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در مقابل SiO_2 (هارکر، ۱۹۰۹) ۹۸
- ۴-۶-۲- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در مقابل SiO_2 (نمودار هارکر، ۱۹۰۹) ۱۰۲
- ۴-۶-۳- نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در برابر ضریب تفریق (D.I) (تورنتن و تاتل، ۱۹۶۰) ۱۰۴
- ۴-۶-۴- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در برابر ضریب تفریق (D.I) (تورنتون و تاتل، ۱۹۶۰) ۱۰۶
- ۴-۶-۵- نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در برابر شاخص انجماد (S.I) ۱۰۷

۱۰۸	۷-۴ نمودارهای عنکبوتی.....
۱۰۹	۸-۴ الگوی تغییرات عناصر خاکی نادر.....
۱۱۰	۹-۴ نمودارهای بررسی رفتار عناصر نادر به تفکیک گنبد‌های مورد مطالعه.....
۱۱۷	۱۰-۴ تعیین سری ماگمایی.....
۱۱۹	۱۱-۴ بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه.....
۱۲۳	۱۲-۴ نتیجه‌گیری.....

فصل پنجم: پتروژنز و جایگاه تکتونیکی

۱۲۵	۱-۵ مقدمه.....
۱۲۵	۲-۵ تعیین جایگاه تکتونیکی و محل منشأ آداکیت‌های مورد مطالعه.....
۱۳۰	۳-۵ بررسی نقش هضم، آرایش و تفریق ماگمایی در تحول سنگ‌های نیمه‌عمیق منطقه.....
۱۳۱	۴-۵ خصوصیت محل منشأ و الگوی تکتونوماگمایی تشکیل آداکیت‌های منطقه.....
۱۳۷	۵-۵ مقایسه آداکیت‌های جنوب غرب بیرجند با آداکیت‌های سایر نقاط ایران و جهان.....
۱۴۰	۶-۵ نتیجه‌گیری.....

منابع

۱۴۲	منابع فارسی.....
۱۴۴	منابع لاتین.....
	چکیده انگلیسی (Abstract).....

فهرست جداول

۸۵	جدول ۱-۴- مختصات جغرافیایی برحسب (UTM) و مشخصات نمونه‌های سنگی انتخاب شده جهت آنالیز.....
۸۶	جدول ۲-۴- نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی نمونه‌های مورد مطالعه بر حسب درصد وزنی.....
	جدول ۳-۴- مقدار کانی‌های نورماتیو (بر حسب درصد) پس از حذف مواد فرار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO
۸۷	جدول ۴-۴- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر کمیاب خاکی نمونه‌های مورد مطالعه.....
۹۰	جدول ۵-۴- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر کمیاب مورد مطالعه.....
	جدول ۵-۴- مقایسه ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه با ویژگی‌های ژئوشیمیایی مطرح شده توسط ریچارد- کریش (۲۰۰۷) و کاستیلو (۲۰۰۶) برای آداکیت‌ها.....
۱۲۱	جدول ۱-۵- مقایسه ویژگی‌های ژئوشیمیایی آداکیت‌های مورد مطالعه با آداکیت‌های سایر نقاط ایران.....

جدول ۵-۲- مقایسه ویژگی‌های ژئوشیمیایی آداکیت‌های مورد مطالعه با آداکیت‌های سایر نقاط جهان ۱۳۹

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های ارتباطی آن ۳
- شکل ۱-۲- تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه و چگونگی توزیع گنبد‌های ساب‌ولکانیک در آن ۴
- شکل ۱-۳- نمایی از گنبد همدند واقع در غرب روستای همدند ۴
- شکل ۱-۴- نمایی از گنبد گیوشاد واقع در شمال غرب گیوشاد ۴
- شکل ۱-۵- نمایی از گنبد رمی ۵
- شکل ۱-۶- نمایی از گنبد رونشک (مزار) واقع در غرب روستای رونشک ۵
- شکل ۱-۷- نمایی از گنبد چاه‌نوری واقع در جنوب روستای رونشک ۵
- شکل ۱-۸- نمایی از توده سیینیتی لوخی سیه‌وار ۵
- شکل ۱-۹- تصاویری از ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه در اطراف روستای همدند (الف) و گنبد رمی (ب) ۵
- شکل ۱-۱۰- نقشه سه‌بعدی منطقه مورد مطالعه با استفاده از انطباق نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه با نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ توسط نرم‌افزار Global Mapper ۶
- شکل ۱-۲- تقسیم‌بندی واحدهای ساختاری ایران توسط آقائاتی (۱۳۸۳) ۱۲
- شکل ۲-۲- بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شده است ۱۳
- شکل ۲-۳- نقشه زمین‌شناسی اصلاح شده منطقه مورد مطالعه ۱۴
- شکل ۲-۴- تصویری از هارزبورژیت‌های مجموعه افیولیتی رخنمون یافته در رچ ۱۶
- شکل ۲-۵- نمای نزدیک از هارزبورژیت‌ها که خردشده، برشی و سرپانتینی شده‌اند ۱۶
- شکل ۲-۶- تصویری از بازالت‌ها و هیالوکلاست‌های بازالتی در منطقه رچ ۱۷
- شکل ۲-۷- تصویری از بازالت‌های بالشی خرد شده واقع در جنوب شرق رچ ۱۷
- شکل ۲-۸- تصویری از واحد آتشفشانی- رسوبی مربوط به مجموعه افیولیتی در رچ ۱۷
- شکل ۲-۹- نمایی از مجموعه افیولیتی لیستونیتی شده در شمال شرق روستای چاه‌نوری ۱۷
- شکل ۲-۱۰- تصویری از سنگ‌های لیستونیتی که در اثر واکنش با سیالات سیلیسی- کربناته به وجود آمده‌اند (شمال شرق روستای اللهیار) ۱۷
- شکل ۲-۱۱- تصویری از مجموعه فلیشی- تخریبی که دگرگون و متورق شده‌اند ۱۷
- شکل ۲-۱۲- مجموعه آتشفشانی- تخریبی که بر روی مجموعه فلیشی- تخریبی وابسته به مجموعه افیولیتی نهشته شده است ۱۸
- شکل ۲-۱۳- نمای کلی از آمیزه رنگین بیرجند در گردنه خلیلان- رچ ۱۸

- شکل ۲-۱۴- کنگلومرای قاعده ائوسن مملو از قطعات هارزبورژیتی (گردنه خلیلان - رچ)..... ۱۸
- شکل ۲-۱۵- کنگلومرای ائوسن در منطقه چاهنوری..... ۱۸
- شکل ۲-۱۶- تصویری از مجموعه آتشفشانی- تخریبی ائوسن در شرق همند که توسط دایک‌های آندزیتی- تراکی- آندزیتی قطع شده‌اند..... ۱۹
- شکل ۲-۱۷- تصویری از تناوب واحدهای توفی، سیلتستونی و ماسه‌سنگی مربوط به ائوسن در منطقه رمی..... ۱۹
- شکل ۲-۱۸- مجموعه آتشفشانی- تخریبی ائوسن در نزدیکی روستای برمنج..... ۱۹
- شکل ۲-۱۹- نمای نزدیک از قطعات آتشفشانی جنوب رونشک در یک افق آگلومرای..... ۱۹
- شکل ۲-۲۰- واحد آتشفشانی- تخریبی واقع در شرق روستای همند..... ۲۲
- شکل ۲-۲۱- مجموعه آتشفشانی- تخریبی شرق روستای همند که توسط دایک‌های آندزیتی و تراکی آندزیتی قطع شده است..... ۲۲
- شکل ۲-۲۲- تصویری از تشکیل سیمانی از کانی‌های هیدروکسیدی آهن در درز و شکاف‌های سنگ‌های به شدت برشی شده در شرق روستای همند..... ۲۳
- شکل ۲-۲۳- تصویری از کانه‌زایی باریت با آگرگات تیغه‌ای همراه با اکسید آهن در مناطق به شدت برشی شده (شرق همند)..... ۲۳
- شکل ۲-۲۴- رگه‌های کلسیت با ساخت گل کلمی در داخل مجموعه آتشفشانی- تخریبی برشی شده (شرق همند)..... ۲۳
- شکل ۲-۲۵- ساخت حفره‌ای، حاصل از خروج یا کنده شدن قطعات سنگی لیتیک توف‌ها. فضای بین قطعات توسط خمیره ریزدانه از توف، ماسه و سیلتستون پر شده است (شرق همند)..... ۲۳
- شکل ۲-۲۶- مجموعه دایک‌های تراکی آندزیتی در بخش شمال شرقی روستای همند (شرق جاده ارتباطی همند- خوسف)..... ۲۳
- شکل ۲-۲۷- تصویری از تشکیل سیلیس‌های رنگی در امتداد درز و شکاف سنگ‌ها در شمال شرق روستای همند..... ۲۳
- شکل ۲-۲۸- تصویر ماهواره‌ای گنبد همند..... ۲۴
- شکل ۲-۲۹- تصاویری از گنبد همند واقع در غرب روستای همند..... ۲۵
- شکل ۲-۳۰- تصویری از سنگ‌های میزبان آتشفشانی- تخریبی گنبد همند..... ۲۵
- شکل ۲-۳۱- نمایی از گنبد همند و کنتاکت آن با سنگ‌های آتشفشانی- تخریبی میزبان..... ۲۵
- شکل ۲-۳۲- شکل جالبی از فرسایش پوست‌پیزی در گنبد همند..... ۲۵
- شکل ۲-۳۳- مورفولوژی قلعه‌مانند در گنبد همند که در اثر عملکرد گسل‌ها و خردشدگی سنگ‌ها در دو طرف بخش برآمده به وجود آمده است..... ۲۵
- شکل ۲-۳۴- تصویری از تشکیل اکسید آهن در نمونه‌های به شدت برشی شده در سنگ میزبان گنبد همند..... ۲۵

- شکل ۲-۳۵- نمونه تراکی آندزیتی دارای آنکلاو آمفیبولیتی در گنبد همند..... ۲۶
- شکل ۲-۳۶- نمونه تراکی آندزیتی دارای آنکلاو ماسه سنگی..... ۲۶
- شکل ۲-۳۷- تصویری از تشکیل اکسید آهن در نمونه‌های به شدت برشی شده در سنگ میزبان گنبد همند..... ۲۶
- شکل ۲-۳۸- تصویری از تشکیل اکسید منگنز در سنگ‌های به شدت برشی شده در سنگ میزبان گنبد همند..... ۲۶
- شکل ۲-۳۹- تصویر ماهواره‌ای گنبد رمی..... ۲۸
- شکل ۲-۴۰- نمایی از گنبد رمی و کنتاکت آن با سنگ میزبان..... ۲۸
- شکل ۲-۴۱- تصویری از سنگ میزبان توفی- سیلتستونی گنبد رمی..... ۲۸
- شکل ۲-۴۲- تصویری از تناوب توف سیلتی و شیل سبز رنگ به عنوان سنگ میزبان گنبد رمی..... ۲۹
- شکل ۲-۴۴- دگرگونی مجاورتی در محل کنتاکت سنگ میزبان گنبد رمی..... ۲۹
- شکل ۲-۴۵- تصویر میکروسکپی اسکارن وزووانیت‌دار تشکیل شده در محل کنتاکت سنگ میزبان با گنبد رمی (xpl)..... ۲۹
- شکل ۲-۴۶- تصویر ماهواره‌ای نشان‌دهنده موقعیت گنبد‌های چاه‌نوری و رونشک..... ۳۰
- شکل ۲-۴۷- نمایی از گنبد ساب‌ولکانیک چاه‌نوری..... ۳۰
- شکل ۲-۴۸- تصویری از گنبد چاه نوری که در آن سیستم درز متقاطع با ظاهر حصیری شکل دیده می‌شود..... ۳۰
- شکل ۲-۴۹- کنتاکت بین گنبد تراکی آندزیتی رونشک و سنگ میزبان سیلتستونی و آتشفشانی- تخریبی..... ۳۱
- شکل ۲-۵۰- تصویری از تناوب واحدهای آتشفشانی- رسوبی در غرب گنبد رونشک..... ۳۱
- شکل ۲-۵۱- نمونه آندزیتی دارای آنکلاو میکروگرانولار مافیک با ترکیب دیوریتی- کوارتز دیوریتی از غرب رونشک (قله مزار)..... ۳۲
- شکل ۲-۵۲- تصویری از آنکلاو آمفیبولیتی موجود در تراکی آندزیت‌های گنبد رونشک..... ۳۲
- شکل ۲-۵۳- تصویری از رگه‌های سیلیس آمورف آغشته به آهن تشکیل شده در زون‌های گسلی (شرق رونشک)..... ۳۲
- شکل ۲-۵۴- تصویری از کلسیت تشکیل شده در حفرات و فضاهای خالی ایجاد شده در سنگ‌های تراکی آندزیتی که به تشکیل یک ژئود منجر شده است (شرق رونشک)..... ۳۲
- شکل ۲-۵۵- تصویر ماهواره‌ای گنبد گیوشاد..... ۳۳
- شکل ۲-۵۶- دورنمای گنبد گیوشاد که در درون سنگ‌های رسوبی- آتشفشانی ائوسن جایگزین شده است..... ۳۳
- شکل ۲-۵۷- کنتاکت گنبد ساب‌ولکانیک گیوشاد و سنگ آتشفشانی- رسوبی به سن ائوسن..... ۳۳
- شکل ۲-۵۸- آینه گسلی در محل کنتاکت گنبد گیوشاد با سنگ میزبان..... ۳۴
- شکل ۲-۵۹- آینه گسلی واقع در محل کنتاکت گنبد گیوشاد و سنگ‌های میزبان..... ۳۴
- شکل ۲-۶۰- لایه بندی مشخص در توف‌های سبز و کرم رنگ ائوسن. این سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی به صورت دگرشیب توسط رسوبات تخریبی- آبرفتی کواترنر پوشیده شده‌اند..... ۳۴

- شکل ۲-۶۱- تصویری از توده سینیتی لوخی سیه‌وار..... ۳۵
- شکل ۲-۶۲- توده سینیتی لوخی سیه‌وار در نمونه دستی..... ۳۵
- شکل ۲-۶۳- یک نمونه آنکلاو میکروگرانولار مافیک با ترکیب تقریباً دیوریتی به طول حدود ۲۰ سانتی‌متر که دارای حاشیه گردشده است..... ۳۵
- شکل ۲-۶۴- تصویری از آنکلاو میکروگرانولار مافیک در توده سینیتی لوخی سیه‌وار..... ۳۶
- شکل ۲-۶۵- تصویری از آنکلاو میکروگرانولار فلسیک در توده سینیتی لوخی سیه‌وار..... ۳۶
- شکل ۲-۶۶- تصویری از آنکلاو آمفیبولیتی در سنگ تراکی‌اندزیتی گنبد همند..... ۳۷
- شکل ۲-۶۷- تصویری از آنکلاو میکاشیستی در سنگ تراکی‌اندزیتی گنبد همند..... ۳۷
- شکل ۲-۶۸- تصاویری از آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک در توده سینیتی لوخی سیه‌وار..... ۳۷
- شکل ۲-۶۹- آنکلاو دیوریتی در توده سینیتی لوخی سیه‌وار..... ۳۷
- شکل ۲-۷۰- آنکلاو آمفیبولیتی در تراکی‌اندزیت‌های گنبد روشک..... ۳۷
- شکل ۲-۷۱- آنکلاو سیلتستونی در تراکی‌اندزیت‌های گنبد همند..... ۳۸
- شکل ۲-۷۲- تصویری از آنکلاو تمام کوارتزی در گنبد همند..... ۳۸
- شکل ۲-۷۳- تصاویری از رخنمون بازالت‌های پلیوکواترنر در جنوب روستای سرچاه شور..... ۳۹
- شکل ۲-۷۴- تصویری از بازالت‌های جنوب سرچاه شور در مقیاس نمونه دستی..... ۴۰
- شکل ۲-۷۵- تصویری از اشکال شاخه درختی که حاصل انتشار اکسیدهای آهن (ناشی از ایدنگزیتی شدن الیوین) در امتداد درزه‌ها و شکافها می‌باشد (جنوب سرچاه شور)..... ۴۰
- شکل ۲-۷۶- تصویری از حضور آنکلاو در بازالت‌های جنوب سرچاه شور..... ۴۰
- شکل ۲-۷۷- واحدهای کواترنری موجود در همند..... ۴۲
- شکل ۲-۷۷- نقشه گسل‌ها که با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بیرجند که با نرم‌افزار GIS ترسیم شده است..... ۴۳
- شکل ۲-۷۸- تصویری از معدن متروکه لوخی سیه‌وار..... ۴۳
- شکل ۲-۷۹- تصویری از کانه‌زایی باریت همراه با اکسید آهن در مناطق به شدت برشی شده شرق همند..... ۴۳
- شکل ۲-۸۰- تصویری از تشکیل اکسید منگنز در مناطق برشی شده شمال شرق روستای همند..... ۴۳
- شکل ۲-۸۱- تصویری از تأسیسات سنگ شکن معدن سنگ لاشه واقع در غرب گنبد میاکوه..... ۴۳
- شکل ۲-۸۱- تصویری از خانه‌های ساخته شده توسط سنگ‌های آندزیتی- تراکی‌اندزیتی گنبد‌های مورد مطالعه (روستای باتچ)..... ۴۳
- شکل ۳-۱- تصویری از سنگ تراکی‌اندزیت در نمونه دستی..... ۴۷
- شکل ۳-۲- تصویری از بافت پورفیری در تراکی‌اندزیت‌ها..... ۴۷

- شکل ۳-۳- بافت گلومروپورفیری حاصل از تجمّع موضعی بلورهای پلاژیوکلاز ۴۷
- شکل ۳-۴- تصویری از بافت‌های پورفیری و جریان‌ی در تراکی‌آندزیت‌ها ۴۷
- شکل ۳-۵- تصویر میکروسکپی معرفّ حضور آنکلاو میکروگرانولار مافیک در سنگ‌های تراکی‌آندزیتی ۴۷
- شکل ۳-۶- تصویری از تجمّع بلورهای پلاژیوکلاز و ایجاد بافت گلومروپورفیری در سنگ ۴۹
- شکل ۳-۷- تصویری از پلاژیوکلاز دارای منطقه‌بندی ترکیبی و ماکل آلیت- کارلسباد ۴۹
- شکل ۳-۸- تصویری از پلاژیوکلاز دارای منطقه‌بندی ترکیبی ۵۰
- شکل ۳-۹- تصویر میکروسکپی پلاژیوکلازی که دارای ادخال شیشه است و رشد دو مرحله‌ای نیز نشان می‌دهد ۵۰
- شکل ۳-۱۰- تصویری از پلاژیوکلاز دگرسان شده به سریسیت و کائولینیت که دارای منظره غبارآلود می‌باشد ۵۰
- شکل ۳-۱۱- تصویری از پلاژیوکلازهای دگرسان شده به کلسیت ۵۰
- شکل ۳-۱۲- تصویر میکروسکپی آرایش بلورهای کشیده هورنبلند ۵۰
- شکل ۳-۱۳- تصویر میکروسکپی اکسی‌هورنبلند دارای حاشیه‌های انحلالی و خورده شده ۵۰
- شکل ۳-۱۴- تصویری از مقطع عرضی هورنبلند که دارای ادخال‌هایی از پیروکسن، بیوتیت، مگنتیت و آپاتیت می‌باشد ۵۱
- شکل ۳-۱۵- تصویری از هورنبلند دگرسان شده به اپیدوت و کلریت ۵۱
- شکل ۳-۱۶- تصویری از تجمّع بلورهای پیروکسن حاوی ادخال‌هایی از مگنتیت که تا حدودی به کلسیت دگرسان شده‌اند ۵۱
- شکل ۳-۱۷- تصویری از بلور پیروکسن دارای ادخال‌هایی از آپاتیت و مگنتیت ۵۱
- شکل ۳-۱۸- تصویر میکروسکپی پلاژیوکلازی که حاشیه آن خورده شده و توسط پیروکسن به صورت ادخال در برگرفته شده است ۵۱
- شکل ۳-۱۹- در این تصویر مشاهده می‌شود که پیروکسن به صورت ادخال توسط هورنبلند در برگرفته شده است ۵۱
- شکل ۳-۲۰- تصویر میکروسکپی تجمّع بلورهای اکسی‌بیوتیت که تا حدودی به کلریت دگرسان شده‌اند ۵۲
- شکل ۳-۲۲- تصویری از مگنتیت‌هایی که به هماتیت تبدیل شده‌اند و سپس پلاژیوکلازهای هم‌جوار آن‌ها توسط سیالات حمل‌کننده اکسید- آهن به رنگ قرمز آغشته شده‌اند ۵۳
- شکل ۳-۲۳- تصویری از حضور قابل توجه بلورهای آپاتیت به صورت ادخال در پیروکسن ۵۳
- شکل ۳-۲۴- تصویر میکروسکپی معرفّ دگرسانی پلاژیوکلازها به سریسیت، کائولینیت و کلسیت ۵۳
- شکل ۳-۲۵- تصویر میکروسکپی معرفّ دگرسانی پلاژیوکلازها به سریسیت و کائولینیت و دگرسانی پیروکسن‌ها به کلسیت ۵۳
- شکل ۳-۲۶- حضور کلریت حاصل از دگرسانی کانی‌های مافیک به صورت پرکننده حفرات در سنگ‌های آندزیتی- تراکی‌آندزیتی نوع پیروکسن- هورنبلند دار ۵۴

- شکل ۳-۲۷- تصویری از تراکی‌اندزیت حاوی پلاژیوکلازهایی با ماکل آلبیت- کارلسباد و پلی‌سنتتیک..... ۵۵
- شکل ۳-۲۸- تصویر میکروسکپی معرف پلاژیوکلاز با چند مرحله رشد..... ۵۵
- شکل ۳-۲۹- تصویر میکروسکپی دگرسانی پلاژیوکلاز به سریسیت و کلسیت..... ۵۵
- شکل ۳-۳۰- تصویری از پلاژیوکلازهای موجود در تراکی‌اندزیت‌ها که کاملاً به سریسیت و کلسیت دگرسان شده-
اند..... ۵۵
- شکل ۳-۳۱- تصویر میکروسکپی از مقطع عرضی بلور خودشکل هورنبلند که دوسری رخ در آن مشخص می‌باشد.. ۵۶
- شکل ۳-۳۲- تصویر میکروسکپی ردیف‌شدگی بلورهای اکسی‌هورنبلند که منظره جریانی به سنگ داده است..... ۵۶
- شکل ۳-۳۳- تصویر میکروسکپی مقطع عرضی هورنبلند با حاشیه سوخته که کلریت حاصل از دگرسانی در
امتداد رخ‌های لوزی شکل آن وجود دارند..... ۵۶
- شکل ۳-۳۴- تصویر میکروسکپی هورنبلند دگرسان شده به کلسیت، کلریت و اپیدوت. به خوردگی در حاشیه بلور
نیز توجه شود..... ۵۶
- شکل ۳-۳۵- تصویر میکروسکپی بیوتیت دارای ادخال مگنتیت..... ۵۶
- شکل ۳-۳۶- تصویری میکروسکپی بیوتیت دارای ادخال مگنتیت که تا حدودی به کلریت دگرسان شده است..... ۵۶
- شکل ۳-۳۷- تصویر میکروسکپی معرف کلریتی‌شدن در آندزیت- تراکی‌اندزیت‌های هورنبلنددار..... ۵۷
- شکل ۳-۳۸- تصویر میکروسکپی معرف دگرسانی پلاژیوکلاز به سریسیت، کائولینیت و کلسیت و دگرسانی بیوتیت
به کلریت..... ۵۷
- شکل ۳-۳۹- تصویری از دگرسانی اکسی‌هورنبلند به کلریت، اپیدوت، کلسیت و اکسیدهای آهن..... ۵۷
- شکل ۳-۴۰- تصویر میکروسکپی دگرسانی پلاژیوکلاز به کلسیت..... ۵۷
- شکل ۳-۴۱- تصویری از پلاژیوکلاز دارای ماکل پلی‌سنتتیک که به سریسیت دگرسان شده است..... ۵۸
- شکل ۳-۴۲- تصویری از تجمع موضعی پلاژیوکلازها که سبب ایجاد بافت گلوپورفیری در سنگ شده است..... ۵۸
- شکل ۳-۴۳- تصویری از پلاژیوکلاز دارای ادخال آپاتیت..... ۵۹
- شکل ۳-۴۴- تصویری از پلاژیوکلازی که به سریسیت، کائولینیت و کلسیت دگرسان شده است..... ۵۹
- شکل ۳-۴۵- تصویر میکروسکپی فنوکریست‌های پیروکسن (اوژیت) که دارای ادخال مگنتیت هستند و دچار
خوردگی شده‌اند..... ۵۹
- شکل ۳-۴۶- تصاویر میکروسکپی مقاطع طولی و عرضی پیروکسن (اوژیت) در حال دگرسان شدن به کلسیت..... ۵۹
- شکل ۳-۴۷- تصویری از تجمع موضعی پیروکسن‌ها..... ۵۹
- شکل ۳-۴۸- تصویری از پیروکسن (اوژیت) دگرسان شده به کلسیت..... ۵۹
- شکل ۳-۴۹- تصویر میکروسکپی از بلور خودشکل بیوتیت دارای ادخال مگنتیت..... ۶۰
- شکل ۳-۵۰- تصویری از بیوتیت در حال تبدیل به اکسید آهن..... ۶۰

- شکل ۳-۵۱- تصویری از حضور آپاتیت به صورت ادخال در پلاژیوکلاز..... ۶۱
- شکل ۳-۵۲- تصویری از پیروکسن دگرسان شده به اپیدوت و کلسیت ۶۱
- شکل ۳-۵۳- تصویری از تراکی آندزیت پیروکسن داری که پلاژیوکلازهای آن به سرپسیت، کائولینیت و کلسیت دگرسان شده است..... ۶۲
- شکل ۳-۵۴- تصویری از تراکی داسیت های دارای پلاژیوکلازهایی با منطقه بندی ترکیبی و ماکل پلی سینتتیک هستند..... ۶۳
- شکل ۳-۵۵- تصویری از پلاژیوکلاز دگرسان شده به سرپسیت، کائولینیت ۶۳
- شکل ۳-۵۶- تصاویری از بلورهای هورنبلند سبز دگرسان شده به کلسیت، کلریت و اپیدوت..... ۶۳
- شکل ۳-۵۷- تصویری از هورنبلند سبز دارای ادخال هایی از آپاتیت ۶۳
- شکل ۳-۵۸- تصویری از هورنبلند سبز دارای ادخال هایی از مگنتیت ۶۴
- شکل ۳-۵۹- تصویری از فنوکریست سانیدین دگرسان شده به کانی رسی ۶۴
- شکل ۳-۶۰- تصویری از بیوتیت دارای حاشیه سوخته و خورده شده دارای ادخال مگنتیت ۶۵
- شکل ۳-۶۱- تصویری از مگنتیت که در حاشیه خود به هماتیت تبدیل شده است..... ۶۵
- شکل ۳-۶۲- تصویری میکروسکپی از کوارتزهای پر کننده حفره ۶۵
- شکل ۳-۶۳- تصویر میکروسکپی از بلور بی شکل بیوتیت دارای ادخال آپاتیت ۶۵
- شکل ۳-۶۴- تصویر میکروسکپی معرف حضور آپاتیت در زمینه سنگ و به صورت ادخال در هورنبلند ۶۵
- شکل ۳-۶۵- تصویری از دگرسانی هورنبلند سبز به اپیدوت، کلریت و کلسیت ۶۶
- شکل ۳-۶۶- تصویری از دگرسانی پلاژیوکلاز به سرپسیت و کائولینیت ۶۶
- شکل ۳-۶۷- تصویری از سینیت در نمونه دستی ۶۷
- شکل ۳-۶۸- تصویر میکروسکپی معرف بافت گرانولار در سنگ های سینیتی ۶۷
- شکل ۳-۶۹- بافت پورفیروئیدی در سنگ های سینیتی که با حضور پورفیرهای پلاژیوکلاز در یک زمینه دانه- ریزتر مشخص می شود..... ۶۷
- شکل ۳-۷۰- تصویر میکروسکپی بلورهای ارتوز دارای حالت غبارآلود..... ۶۹
- شکل ۳-۷۱- در بر گرفته شدن یک بلور پلاژیوکلاز دارای حاشیه های تحلیل رفته توسط یک بلور درشت ارتوز..... ۶۹
- شکل ۳-۷۲- تصویر میکروسکپی ارتوکلاز درشت پرتیتی ۷۰
- شکل ۳-۷۳- تصویر میکروسکپی تشکیل بافت گرافیکی ۷۰
- شکل ۳-۷۴- تصویر میکروسکپی نشان دهنده بلور شکل دار پلاژیوکلاز دارای ماکل پلی سینتتیک و دارای دو مرحله رشد..... ۷۰
- شکل ۳-۷۷- تصویری از پلاژیوکلازهایی که رشد دو مرحله ای نشان می دهد..... ۷۰

- شکل ۳-۷۵- تصویری از سرسیتی و کائولینیتی شدن پلاژیوکلازها و ارتوکلازها..... ۷۰
- شکل ۳-۷۸- تصویر میکروسکپی سنگ سینیتی. به حضور کوارتز های بین دانه‌ای در آن توجه شود..... ۷۱
- شکل ۳-۷۹- تصویر میکروسکپی بافت ساب‌ماگمایی ناشی از شکسته شدن ارتوکلاز و راه یابی باقیمانده مذاب غنی از سیلیس و تبلور کوارتز..... ۷۱
- شکل ۳-۸۰- تصویر میکروسکپی معرف حضور هورنبلند سبز در سینیت‌ها ۷۱
- شکل ۳-۸۱- تصویری از بلورهای هورنبلند سبز که بافت غربالی نشان می‌دهد..... ۷۱
- شکل ۳-۸۲- تصویری از تبدیل شدن هورنبلند به کلریت و اکتینولیت..... ۷۱
- شکل ۳-۸۳- تصویری از تجمع موضعی کانی‌های مافیک شامل بیوتیت و هورنبلند در درون ارتوکلاز..... ۷۱
- شکل ۳-۸۴- تصاویری از میکروآنکلاوهای هورنفلسی غنی از بیوتیت..... ۷۲
- شکل ۳-۸۵- تصویر میکروسکپی حضور آپاتیت در بیوتیت به صورت ادخال..... ۷۳
- شکل ۳-۸۶- تصویری از حضور اسفن ریز دانه به صورت ادخال در پیروکسن..... ۷۳
- شکل ۳-۸۷- تصویر میکروسکپی حضور اسفن در داخل پلاژیوکلاز..... ۷۳
- شکل ۳-۸۸- تصویری از حضور زیرکن در داخل پلاژیوکلاز..... ۷۳
- شکل ۳-۸۹- تصویری از پلاژیوکلازهای دگرسان شده به سرسیت، کلسیت و اپیدوت..... ۷۴
- شکل ۳-۹۰- تصویر میکروسکپی معرف کلریتیزاسیون در سنگ..... ۷۴
- شکل ۳-۹۱- تصویر میکروسکپی مبتن دگرسانی هورنبلند به اپیدوت و اکتینولیت..... ۷۴
- شکل ۳-۹۲- تصویر میکروسکپی معرف دگرسانی پلاژیوکلاز به اپیدوت..... ۷۴
- شکل ۳-۹۳- تصویر میکروسکپی معرف بافت گرانولار و گرافیکی در رگه آپلیتی..... ۷۵
- شکل ۳-۹۴- تصویر میکروسکپی معرف بافت گرافیکی ناشی از هم‌رشدی ارتوز و کوارتز..... ۷۵
- شکل ۳-۹۵- تصویری از تجمع موضعی بلورهای کوارتز..... ۷۵
- شکل ۳-۹۶- بلورهای اپیدوت با آگرگات شعاعی و تجمع موضعی در رگه‌های آپلیتی..... ۷۵
- شکل ۳-۹۷- تصویر میکروسکپی مبتن حضور پیروکسن نوع دیوپسید در سنگ..... ۷۶
- شکل ۳-۹۸- تجمع بلورهای دیوپسید که توسط کلسیت در بر گرفته شده‌اند..... ۷۶
- شکل ۳-۹۹- تشکیل بلورهای ریز پیروکسن در شکستگی‌های موجود در سنگ..... ۷۶
- شکل ۳-۱۰۰- تصویری از بلورهای دیوپسید که توسط وزوویانیت تشکیل شده در مرحله بعد در بر گرفته شده‌اند.. ۷۶
- شکل ۳-۱۰۱- تصویر میکروسکپی بلورهای وزوویانیت در اسکارن‌های شمال گنبد رمی..... ۷۷
- شکل ۳-۱۰۲- تصویری از حضور بلورهای ریز گارنت در اسکارن‌های شمال گنبد رمی..... ۷۸
- شکل ۳-۱۰۳- تصویری از کلسیت موجود در اسکارن‌های شمال گنبد رمی..... ۷۸
- شکل ۳-۱۰۴- تصویر میکروسکپی کوارتز تشکیل شده در مراحل پایانی تشکیل اسکارن..... ۷۸

- شکل ۳-۱۰۶- تصویری از ایدنگزیتی شدن بلورهای الیومین..... ۸۰
- شکل ۳-۱۰۷- تصویری از فنوکریست الیومین که تا حدودی به کانی‌های ثانویه از جمله کلریت و اکسیدهای آهن
دگرسان شده‌اند..... ۸۰
- شکل ۳-۱۰۸- بلور پیروکسن که در هسته بافت غربالی نشان می‌دهد و در حاشیه دارای منطقه‌بندی است..... ۸۱
- شکل ۳-۱۰۹- هم‌رشدی فنوکریست‌های تیتان‌اوژیت و الیومین..... ۸۱
- شکل ۳-۱۱۰- بافت گلوپوروفیری حاصل تجمع بلورهای تیتان‌اوژیت..... ۸۱
- شکل ۳-۱۱۱- بلور تیتان‌اوژیت با هسته سرشار از ادخال‌های پلاژیوکلاز و شیشه..... ۸۱
- شکل ۴-۱- تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه..... ۹۱
- شکل ۴-۲- نمودار میدلموست (۱۹۸۹)- جهت تعیین ضریب نسبت Fe_2O_3/FeO برای نمونه‌های سنگی مورد
مطالعه..... ۹۳
- شکل ۴-۳- نمودار Na_2O+K_2O در برابر SiO_2 (میدلموست، ۱۹۹۴)..... ۹۵
- شکل ۴-۴- نمودار TAS جهت طبقه‌بندی سنگ‌های آتشفشانی (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹)..... ۹۶
- شکل ۴-۵- نمودار Na_2O+K_2O در برابر SiO_2 (میدلموست، ۱۹۹۴)..... ۹۶
- شکل ۴-۶- نمودار Na_2O+K_2O در برابر SiO_2 (میدلموست، ۱۹۹۴)..... ۹۷
- شکل ۴-۷- نمودار رده‌بندی سنگ‌های آذرین بر حسب مقادیر کاتیونی (دولاروش و همکاران ۱۹۸۰) و موقعیت
نمونه‌های مورد مطالعه بر روی آن..... ۹۷
- شکل ۴-۸- نمودار تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در برابر SiO_2 (هارکر ۱۹۰۹)..... ۱۰۲
- شکل ۴-۹- نمودار تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در برابر SiO_2 (هارکر ۱۹۰۹)..... ۱۰۳
- شکل ۴-۱۰- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در مقابل SiO_2 (هارکر ۱۹۰۹)..... ۱۰۴
- شکل ۴-۱۱- نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در برابر ضریب تفریق (D.I) (تورنتن و تاتل، ۱۹۶۰)..... ۱۰۶
- شکل ۴-۱۲- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در برابر ضریب تفریق (D.I) (تورنتون و تاتل، ۱۹۶۰)..... ۱۰۶
- شکل ۴-۱۳- نمودار تغییرات عناصر ناسازگار- ناسازگار..... ۱۰۶
- شکل ۴-۱۳- نمودار تغییرات عناصر سازگار- ناسازگار..... ۱۰۷
- شکل ۴-۱۴- نمودار نسبت- نسبت عناصر ناسازگار..... ۱۰۷
- شکل ۴-۱۵- نمودار عنکبوتی چند عنصری هنجار شده نسبت به گوشته اولیه (سان و مکدونوف، ۱۹۸۹) برای
نمونه‌های مورد مطالعه..... ۱۰۹
- شکل ۴-۱۶- نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب خاکی (REE) هنجار شده به مقادیر کندریتی (ناکامورا، ۱۹۷۴)..... ۱۱۰