





دانشکده علوم زمین - پترولوژی

پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع:

پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی ظفرقند

(جنوب شرق اردستان)

نگارش:

محبوبه غفاری

استاد راهنما:

دکتر محمود صادقیان

استاد مشاور:

دکتر حبیب الله قاسمی

آبان ماه ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده: علوم زمین - پترولوژی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم محبوبه غفاری
تحت عنوان:
پتروگرافی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی ظفرقند
(جنوب شرق اردستان)

در تاریخ ۱۳۸۹/۸/۲۹ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد
ارزیابی و با درجه بسیار عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	استاد مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی: دکتر حبیب الله قاسمی		نام و نام خانوادگی: دکتر محمود صادقیان

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

اگر ما آموختیم که از آفتی بالاتر از فراز کوهها به پایین
بنگریم؛ اگر آموختیم که در لایه به لایه سنگها باید به
دنبال گمشده‌های گشت، شاید راه و رسم زندگی را نیز در
همان افق‌های لاجوردی آموخته باشیم.

سنگ آرایش کوهستان نیست

همچنانی که فلز زیوری نیست به اندام گلنگ.

در کف دست زمین کوه‌نمایدایی است

که رسولان همه از تابش آن خیره شدند.

پی کوه‌باشید

نقطه‌ها را به چراگاه رسالت سپرد.

سهراب سپهری

تقدیم بہ:

پدر و مادر عزیزم

کہ لطف و مہرشان ہمراہ ہمیشگی من است۔

تقدیم بہ:

خواہرم کہ بی دریغ و صمیمانہ یاریم کرد۔

و تقدیم بہ:

ہمہ کسانی کہ دوستان دارم۔

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. سپاس مخصوص اوست که آفریدگار عشق است و زیبایی.

سپاسم را تقدیم به راهنمایان راهم می‌دارم که بی دریغ و صمیمانه مرا یاری کردند. آنانی که ذکر نامشان را برای جبران محبت‌هایشان، هرچند به قدر ذره‌ای باشد، بر خود لازم می‌دانم. تشکر می‌کنم از بی‌همتا همراهانم، از پدر دلسوز و مادر عزیزم که محبت‌های بی‌دریغشان همواره پشتوانه من بوده است. کمال تشکر و قدردانی را دارم از فهیمه که سپاس من از او در این مجال نمی‌گنجد. سلامتی و کامیابیشان را از درگاه خداوند متعال خواستارم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر محمود صادقیان که در تمام مراحل، راهنما و همراه من بودند و با صبر و حوصله مرا در این راه یاری کردند، کمال تشکر و امتنان را دارم. از جناب آقای دکتر حبیب الله قاسمی که مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند، بسیار سپاسگزارم و از ایشان کمال سپاس و تشکر را دارم.

از اساتید و کارمندان محترم دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود، به‌ویژه دکتر کرمی، دکتر فردوست، مهندس میرباقری، مهندس خانعلی‌زاده و همچنین از خانم فارسی و خانم سعیدی قدردانی می‌نمایم.

از تمامی دوستان خوبم به ویژه: علیرضا غفاری، محمد مهدی غفاری، سمیرا الله‌یاری، زهرا دلاور، عبدالله شمس‌ی به خاطر کمک‌ها و محبت‌هایشان صمیمانه تشکر می‌نمایم و برای همه آنها پیروزی و موفقیت آرزومندم.

و در نهایت از تمام کسانی که به نحوی در تدوین این پایان‌نامه کمک کرده‌اند و ذکر نام همگی آنها امکان پذیر نبود متشکرم.

محبوبه غفاری

آبان ۱۳۸۹

اینجانب محبوه غفاری تأیید می‌نمایم، کلیه مطالب مندرج در این پایان‌نامه نتیجه تحقیقات خودم می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده‌ام.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد.

آبان ۱۳۸۹

چکیده

توده گرانیتوئیدی ظفرقند در شمال شرق اصفهان و جنوب شرق اردستان قرار دارد و در محدوده‌ای با وسعت ۷۰ کیلومتر مربع و با مختصات $۱۸^{\circ} ۵۲'$ تا $۲۹^{\circ} ۵۲'$ طول جغرافیایی شرقی و $۳۲^{\circ} ۵۹'$ تا $۳۳^{\circ} ۱۲'$ عرض جغرافیایی شمالی رخنمون دارد. این منطقه به زون ساختاری ارومیه-دختر تعلق دارد. این توده به شکل چند استوک و دایک رخنمون پیدا کرده است و دارای روند کلی شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد. توده مورد مطالعه، در درون سنگ‌های آذرآواری و آتشفشانی-رسوبی ائوسن جایگزین شده است.

مطالعات پتروگرافی و مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد که توده گرانیتوئیدی ظفرقند دارای طیف ترکیبی گابروی الیوین‌دار، گابرو، دیوریت، کوارتز دیوریت، گرانودیوریت، گرانیت و آلکالی فلدسپار گرانیت می‌باشد. با توجه به مجموع شواهد زمین‌شناسی، توده مورد مطالعه دارای دو گروه سنگی ۱- مافیک- حدواسط (گابروی الیوین‌دار، گابرو، دیوریت و کوارتز دیوریت) و ۲- فلسیک (گرانودیوریت، گرانیت، آلکالی فلدسپار گرانیت) می‌باشد. سنگ‌های گروه مافیک- حدواسط نسبت به سنگ‌های گروه فلسیک دارای تقدم سنی هستند ولی بر اساس شواهد اختلاط ماگمایی، اختلاف سنی بین این دو گروه چندان زیاد نیست و تقریباً هم‌منشأ و هم‌زمان می‌باشند. مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهد که این سنگ‌ها عمدتاً از پلاژیوکلاز، الیوین، اوژیت، هورنبلند، بیوتیت، ارتوکلاز و کوارتز (کانی‌های اصلی) و به مقدار کم آپاتیت، مگنتیت، زیرکن و اسفن (کانی‌های فرعی) تشکیل شده‌اند. این سنگ‌ها بافت‌های گرانولار، افیتیک، میرمیکیتی، گرافیکی و پورفیروئیدی نشان می‌دهند.

روندهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی، کمیاب و نادر حاکی نمونه‌های سنگی متعلق به بخش‌های مختلف این توده حاکی از نوعی بایمودالیتی (دوگانگی ترکیبی) در آنهاست. این امر مؤید مطالعات میکروسکوپی (پتروگرافی) و مشاهدات صحرایی است. ویژگی‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که سنگ‌های سازنده این توده نفوذی کالک‌آلکالن پتاسیم متوسط تا بالا و متالومین می‌باشند. در نمودارهای ژئوشیمیایی (دیگرام‌های هارکر، عناصر سازگار- سازگار، ناسازگار- ناسازگار و سازگار- ناسازگار)، سنگ‌های مورد مطالعه روند خطی یا تقریباً خطی نشان می‌دهند که مبین تبلور تفریقی است. حضور آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک مؤید اختلاط ماگمایی صورت گرفته در طی تحول ماگمای سازنده سنگ‌های مورد مطالعه است. غنی‌شدگی نمونه‌ها از LILE و تهی‌شدگی آن‌ها از HFSE بیانگر ماگماتیسیم متالومین نوع I قوس‌های آتشفشانی (VAG) است. نمودارهای مختلف تمایز محیط زمین‌ساختی نیز حاکی از نفوذ این توده گرانیتوئیدی در یک محیط مرتبط با قوس آتشفشانی در حاشیه فعال قاره‌ای است که با توجه به پیشینه زمین‌شناسی منطقه با فرورانش لیتوسفر اقیانوسی نئوتتیس به زیر خرده قاره ایران مرکزی متناسب می‌باشد. با در نظر گرفتن ویژگی‌های ژئوشیمیایی، ماگمای سازنده این سنگ‌ها، احتمالاً از ذوب بخشی یک منشأ گارنت آمفیبولیتی در اعماق ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتری حاصل شده است.

کلمات کلیدی: گرانیتوئید، ظفرقند، اردستان.

لیست مقالات استخراج شده از این پایان نامه عبارتند از:

- ۱- پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی ظفرقند (جنوب شرق اردستان) - بیست و هفتمین گردهمائی علوم زمین و سیزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران- تهران ۱۳۸۸.
- ۲- سرگذشت تکوین توده گرانیتوئیدی ظفرقند (جنوب شرق اردستان) - چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمائی علوم زمین- ارومیه ۱۳۸۹.
- ۳- پروژنز توده گرانیتوئیدی ظفرقند- آماده چاپ در مجله پترولوژی دانشگاه اصفهان.
- ۴- پروژنز و مکانیزم جایگزینی توده گرانیتوئیدی ظفرقند- بیست و نهمین گردهمائی علوم زمین - تهران ۱۳۸۹.
- ۵- پترولوژی، ژئوشیمی و بررسی نحوه جایگیری توده گرانیتوئیدی ظفرقند- بیست و نهمین گردهمائی علوم زمین - تهران ۱۳۸۹.

فهرست مطالب

صفحه

تشکر و قدردانی.....	ه
اقرارنامه و واگذاری حقوق.....	ز
چکیده.....	ح
لیست مقالات مستخرج از پایان نامه.....	ط
فهرست مطالب.....	ی
فهرست جداول.....	س
فهرست اشکال.....	ع

فصل اول - کلیات

۱-۱- موقعیت جغرافیایی.....	۲
۲-۱- راه‌های ارتباطی.....	۲
۳-۱- آب و هوا و جغرافیای انسانی.....	۴
۴-۱- ژئومورفولوژی.....	۴
۵-۱- مطالعات پیشین در منطقه مورد مطالعه.....	۵
۶-۱- هدف کلی از مطالعه.....	۷
۷-۱- روش مطالعه.....	۷

فصل دوم- زمین‌شناسی عمومی منطقه

۱-۲- مقدمه.....	۱۱
۲-۲- واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه.....	۱۲
۱-۲-۲- آئوسن (مجموعه آتشفشانی، آتشفشانی- تخریبی و آتشفشانی- رسوبی).....	۱۴
۲-۲-۲- دایک‌های نسل اول (D ₁).....	۱۷
۳-۲-۲- واحدهای سنگی میوسن (توده‌های نفوذی مورد مطالعه).....	۱۹
۱-۳-۲-۲- گابرو.....	۲۱
۲-۳-۲-۲- گابرو دیوریت.....	۲۱
۳-۳-۲-۲- دیوریت.....	۲۲
۱-۳-۳-۲-۲- پگماتوئید دیوریت.....	۲۴
۴-۳-۲-۲- کوارتز دیوریت.....	۲۵
۵-۳-۲-۲- گرانوید دیوریت.....	۲۶
۶-۳-۲-۲- گرانیت.....	۲۸
۷-۳-۲-۲- آلکالی فلدسپار گرانیت.....	۳۰

- ۳۲..... دایک‌های نسل دوم (دایک‌های سین‌پلوتونیک آندزیتی) (D₂).....
- ۳۳..... آپلیت‌ها.....
- ۳۴..... آنکلاوهای میکروگرانولارمافیک.....
- ۳۷..... ارتباط بین سنگ‌های مافیک - حدواسط، فلسیک و سنگ‌های میزبان.....
- ۴۰..... پیامدهای جایگزینی توده نفوذی ظفرقند.....
- ۴۰..... الف- تشکیل گارنت در درز و شکاف‌های سنگ‌های آندزیتی.....
- ۴۱..... ب- دویتریفیکاسیون.....
- ۴۱..... ج- اپیدوت‌زایی.....
- ۴۲..... ۶-۲-۲- کوآترنری (آبرفت و مخروط افکنه).....
- ۴۲..... ۳-۲- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه.....
- ۴۳..... ۱-۳-۲- گسل قم- زفره.....
- ۴۳..... ۲-۳-۲- گسل ماربین- رنگان.....
- ۴۴..... ۳-۳-۲- گسل کچومثقال- گنجان.....
- ۴۴..... ۴-۳-۲- گسل برگهر.....
- ۴۷..... ۴-۲- زمین‌شناسی اقتصادی منطقه.....
- ۴۸..... ۵-۲- نتیجه‌گیری.....

فصل سوم - پتروگرافی

- ۵۰..... ۱-۳- مقدمه.....
- ۵۱..... ۲-۳- گابرو و گابرویدیوریت.....
- ۵۱..... الف- کانی‌های اصلی.....
- ۵۶..... ب- کانی‌های فرعی.....
- ۵۷..... پ- کانی‌های ثانویه.....
- ۵۹..... ۳-۳- دیوریت‌ها و کوآرتزیدیوریت‌ها.....
- ۶۰..... الف- کانی‌های اصلی.....
- ۶۳..... ب- کانی‌های فرعی.....
- ۶۴..... پ- کانی‌های ثانویه.....
- ۶۵..... ۴-۳- آنکلاوهای میکروگرانولار.....
- ۶۷..... ۵-۳- گرانودیوریت‌ها.....
- ۶۸..... الف: کانی‌های اصلی.....
- ۷۴..... ب- کانی‌های فرعی.....
- ۷۴..... پ- کانی‌های ثانویه.....
- ۷۶..... ۶-۳- گرانیت‌ها و آلكالی‌فلدسپار گرانیت‌ها.....

۷۶	الف- کانی های اصلی
۷۹	ب- کانی های فرعی
۸۰	پ- کانی های ثانویه
۸۲	۷-۳- آپلیت‌ها
۸۳	۸-۳- دایک‌های آندزیتی - داسیتی
۸۴	۹-۳- ترتیب تبلور سنگ‌های نفوذی منطقه ظفرقند
۸۶	۱۰-۳- نتیجه‌گیری

فصل چهارم - ژئوشیمی

۸۹	۱-۴- مقدمه
۹۵	۲-۴- آماده سازی نمونه‌ها، برای تجزیه شیمیایی
۹۵	۳-۴- تصحیح نتایج آنالیز شیمیایی
۹۵	۱-۳-۴- تصحیح مربوط به حذف مواد فرار (L.O.I.)
۹۶	۲-۳-۴- تصحیح نسبت Fe_2O_3/FeO
۹۷	۴-۴- کاربرد داده‌های تجزیه شیمیایی
۹۷	۵-۴- طبقه‌بندی و نامگذاری سنگ‌های آذرین بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی
۹۷	۱-۵-۴- طبقه‌بندی نورماتیو
۹۹	نمودار طبقه بندی اکانر (۱۹۶۵)
۹۹	۲-۵-۴- طبقه‌بندی شیمیایی
۱۰۰	الف- نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹)
۱۰۰	ب- نمودار R1-R2 دولاروش و همکاران (۱۹۸۰)
۱۰۱	ج- نمودار دبون و لوفور (P-Q) (۱۹۸۳)
۱۰۲	د- نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 ، میدلموست (۱۹۸۵)
۱۰۲	ه- نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 ، میدلموست (۱۹۹۴)
۱۰۳	۶-۴- بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی به کمک نمودارهای تغییرات
۱۰۳	۱-۶-۴- نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی نسبت به سیلیس (هارکر، ۱۹۰۹)
۱۱۰	۲-۶-۴- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب نسبت به SiO_2 (نمودار هارکر)
۱۱۱	الف- نمودار تغییرات عناصر ناسازگار در مقابل سیلیس
۱۱۳	ب- نمودار تغییرات عناصر سازگار در مقابل سیلیس
۱۱۶	۳-۶-۴- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب
۱۱۷	۱-۳-۶-۴- نمودار تغییرات عناصر ناسازگار در برابر عناصر سازگار و ناسازگار
۱۱۹	۲-۳-۶-۴- نمودار تغییرات نسبت - نسبت
۱۲۰	الف- نمودار تغییرات Th/Sm در مقابل Th/Yb

- ب- نمودار تغییرات Rb/Th در مقابل Rb ۱۲۰
- ج- نمودار تغییرات K_2O/Na_2O در مقابل Rb/Zr و نمودار تغییرات Th/Yb در مقابل SiO_2 ۱۲۰
- د- نمودار تغییرات Zr/Sm در مقابل SiO_2 ۱۲۰
- ه- نمودار تغییرات Nb/Y در مقابل Rb/Y ۱۲۰
- ی- نمودار تغییرات REE در مقابل P_2O_5 ۱۲۲
- ۴-۷- تعیین سری ماگمایی ۱۲۳
- ۴-۸- نمودارهای عنکبوتی ۱۲۷
- ۴-۸-۱- نمودارهای عنکبوتی نرمالایز شده نسبت به گوشته اولیه ۱۲۹
- ۴-۸-۲- نمودار عنکبوتی نرمالایز شده نسبت به کندریت ۱۳۲
- ۴-۸-۴- نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب خاکی (REE) ۱۳۳
- ۴-۹- نتیجه گیری ۱۳۵

فصل پنجم - پتروژنز

- ۵-۱- مقدمه ۱۳۸
- ۵-۲- انواع تقسیم بندی گرانیتوئیدها ۱۳۸
- ۵-۲-۱- ویژگی های توده های گرانیتوئیدی ظفرقند ۱۴۲
- ۵-۲-۱-۱- ویژگی های صحرایی ۱۴۲
- ۵-۲-۱-۲- ویژگی های کانی شناسی ۱۴۳
- ۵-۲-۱-۳- ویژگی های ژئوشیمیایی ۱۴۳
- ۵-۲-۲- نمودارهای ژئوشیمیایی تفکیک کننده گرانیتوئیدهای نوع A از گرانیتوئیدهای S و I ۱۴۴
- ۵-۲-۳- نمودار Zr در مقابل SiO_2 و نمودار مثلثی ACF ۱۴۵
- ۵-۲-۴- نمودار P_2O_5 در مقابل SiO_2 و Pb در برابر SiO_2 ۱۴۶
- ۵-۲-۵- نمودار Na_2O در مقابل K_2O ۱۴۶
- ۵-۲-۶- ویژگی های انواع گرانیتوئیدهای نوع I ۱۴۸
- ۵-۳- تعیین محیط تکتونیکی ۱۵۵
- ۵-۳-۱- طبقه بندی محیط های تکتونیکی گرانیتوئیدها با استفاده از عناصر اصلی ۱۵۶
- ۵-۳-۱-۱- نمودار کاتیونی R_2 و R_1 ۱۵۶
- ۵-۳-۲- تعیین محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها با استفاده از عناصر کمیاب ۱۵۷
- ۵-۳-۲-۱- نمودارهای تمایزی (Rb-(Y+Nb), Nb-Y, Rb-(Ta+Yb), Ta-Yb) ۱۵۸
- ۵-۳-۲-۲- نمودار Al_2O_3 در مقابل TiO_2 و نمودار Zr/Nb در مقابل Nb/Th ۱۵۸
- ۵-۳-۲-۳- نمودار سه تایی Hf, Rb/30, Ta*3 ۱۵۸
- ۵-۴- تخمین شرایط تقریبی دما و فشار در تشکیل توده گرانیتوئیدی ظفرقند ۱۶۰
- ۵-۵- فرآیندهای مؤثر در تحول ماگمای گرانیتوئیدی ظفرقند ۱۶۲

- ۵-۶- الگوی تکتونوماگمایی تشکیل توده گرانیتوئیدی ظفرقند..... ۱۶۴
- ۵-۷- نتیجه گیری..... ۱۷۰

فصل ششم - نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۶-۱- نتیجه گیری..... ۱۷۳
- ۶-۲- پیشنهادات..... ۱۷۴
- منابع..... ۱۷۵

فهرست جداول

- جدول ۳-۱- علائم اختصاری به کار برده شده در تصاویر میکروسکوپی..... ۵۳
- جدول ۴-۱- موقعیت جغرافیایی و مشخصات نمونه‌های سنگی انتخاب شده جهت آنالیز شیمیایی..... ۹۳
- جدول ۴-۲- نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی نمونه‌های منطقه مورد مطالعه، پس از حذف مواد فرار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO ۹۴
- جدول ۴-۳- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر کمیاب نمونه‌های منطقه مورد مطالعه، پس از حذف مواد فرار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO ۹۵
- جدول ۴-۴- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر کمیاب خاکی نمونه‌های منطقه مورد مطالعه، پس از حذف مواد فرار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO ۹۶
- جدول ۴-۵- نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی و مجموع آن‌ها در نمونه‌های منطقه مورد مطالعه، پس از حذف مواد فرار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO (لطیفی، ۱۳۷۹)..... ۹۷
- جدول ۴-۶- درصد کانیهای محاسبه شده از طریق نورم خشک (CIPW)، برای نمونه‌های مورد مطالعه..... ۱۰۱
- جدول ۵-۱- درصد کانی‌های اصلی در گرانیت‌های دمای بالا و دمای پایین و مقایسه آن با سنگ‌های توده گرانیتوئیدی ظفرقند..... ۱۵۶
- جدول ۵-۲- مشخصات پتروگرافی گرانیت‌های دمای بالا و دمای پایین و مقایسه آن با سنگ‌های توده گرانیتوئیدی ظفرقند (چپل و وایت، ۲۰۰۴)..... ۱۵۶
- جدول ۵-۳- معیارهای صحرائی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی گرانیتوئیدهای نوع S و I و مقایسه آن‌ها با ویژگی‌های توده گرانیتوئیدی ظفرقند واقع در منطقه جنوب شرق اردستان..... ۱۵۸
- جدول ۵-۴- مقایسه گرانیت‌های نوع I کردیلرایی و کالدونیایی بر اساس تقسیم‌بندی پیچر (۱۹۸۲)..... ۱۵۹
- جدول ۵-۵- رابطه بین انواع گرانیتوئیدها با محیط تکتونیکی و منشأ احتمالی آن‌ها (باربارن، ۱۹۹۰)..... ۱۶۰

جدول ۵-۶- مقایسه ویژگی‌های زمین‌ساختی محیط‌های ریفتی و محیط‌های فرورانش ۱۶۹

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه مورد مطالعه در اطلس راه‌های ایران (منطقه مورد نظر در کادر نشان داده شده است)..... ۳
- شکل ۱-۲- تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه برگرفته از نرم‌افزار Google Earths..... ۴
- شکل ۱-۳- دورنمای کلی منطقه مورد مطالعه بسمت جنوب غرب. در این تصویر، روستای ماربین در بین درختان دیده می‌شود..... ۵
- شکل ۱-۴- دورنمای کلی منطقه در دره بیدشک و حالت کوهستانی منطقه..... ۵
- شکل ۱-۵- نقشه سه‌بعدی منطقه مورد مطالعه با استفاده از انطباق نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه بر روی نقشه توپوگرافی توسط نرم‌افزار Global Mapper..... ۸
- شکل ۱-۶- نقشه اصلاح شده توده گرانیتوئیدی ظفرقند و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری..... ۹
- شکل ۱-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه تقسیم‌بندی ساختاری ایران (نبوی، ۱۳۵۵) با □ مشخص شده است..... ۱۱
- شکل ۲-۲- تصویری از رسوبات مربوط به زمان مزوزوئیک و محل تقریبی عبور گسل قم- زفره. دید به سمت جنوب غرب..... ۱۲
- شکل ۲-۳- نقشه زمین‌شناسی اصلاح شده با توجه به لیتولوژی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه (گوانجی، ۱۳۸۹)..... ۱۳
- شکل ۲-۴- واحدهای سنگی موجود در منطقه با توجه به نقشه زمین‌شناسی اصلاح شده منطقه مورد مطالعه..... ۱۳
- شکل ۲-۵- تصویری از دورنمای سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی و دایک‌های نسل اول موجود در آن‌ها در غرب روستای همت‌آباد..... ۱۵
- شکل ۲-۶- تصویری از دورنمای سنگ‌های آتشفشانی- توفی غرب روستای همت‌آباد..... ۱۵
- شکل ۲-۷- تصویری از سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی که در یک محیط قاره‌ای کم عمق نهشته شده‌اند..... ۱۵
- شکل ۲-۸- تصویری از سنگ‌های میزبان آندزیتی پورفیری..... ۱۵
- شکل ۲-۹- تصویری از ایگنمبریت‌های رخنمون یافته در شرق تقی‌آباد. به اندازه و زاویه‌دار بودن قطعات توجه فرمایید..... ۱۵
- شکل ۲-۱۰- تصویری از آنکلاو توفی سیلتستونی موجود در سنگ‌های آندزیتی میزبان..... ۱۵
- شکل ۲-۱۱- تصویری از گنبد داسیتی موجود در آندزیت‌های میزبان، در شمال غرب اونج..... ۱۶

- شکل ۲-۱۲- تصویری از دگرگونی مجاورتی (کنتاکت متامورفیسم) در اثر تزریق توده‌های نفوذی در آندزیت‌های میزبان که به صورت دویتریفیکاسیون و اپیدوت‌زایی گسترده تجلی پیدا کرده است و در حد رخساره آلبیت- اپیدوت هورنفلس می‌باشد..... ۱۶
- شکل ۲-۱۳- تصویری از اسفرولیتی شدن سنگ‌های میزبان، که حاصل پدیده دویتریفیکاسیون می‌باشد..... ۱۷
- شکل ۲-۱۴- تصویری از ساخت بادامکی در سنگ‌های میزبان..... ۱۷
- شکل ۲-۱۵- تصویری از سنگ‌های آندزیتی میزبان که توسط دایک نسل اول قطع گردیده‌اند و در نهایت توده نفوذی گرانیتی باعث قطع مجموعه سنگ‌های آتشفشانی و دایک شده است..... ۱۷
- شکل ۲-۱۶- مرز شارپ بین سنگ میزبان و توده گرانیتی..... ۱۷
- شکل ۲-۱۷- تصاویری از زبانه‌های گرانیتی در سنگ‌های آندزیتی میزبان..... ۱۷
- شکل ۲-۱۸- تصاویری از آندزیت‌های شناور در توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه در اندازه‌های بزرگ و کوچک..... ۱۷
- شکل ۲-۱۹- تصویری از دایک‌های آندزیتی در سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی میزبان در غرب روستای همت‌آباد..... ۱۹
- شکل ۲-۲۰- تصویری از دایک نسل اول در سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی میزبان، که توسط گسل‌های متعدد دچار جابجایی و تغییر مسیر شده است..... ۱۹
- شکل ۲-۲۱- تصویری از تغییر ضخامت در دایک‌های نسل اول در سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی میزبان..... ۱۹
- شکل ۲-۲۲- تصویری از جابه‌جایی یک لایه توف سیلتستونی در امتداد دایک نسل اول که معرف تزریق دایک در امتداد یک محیط گسلی می‌باشد..... ۱۹
- شکل ۲-۲۳- تصویری از یک دایک آندزیتی که به علت قرارگیری در یک زون گسلی به شدت خرد شده است..... ۱۹
- شکل ۲-۲۴- تصویری از یک دایک که تحت تأثیر سیالات گرمابی اپیدوتی شده است..... ۱۹
- شکل ۲-۲۵- تصویر ماهواره‌ای دایک‌های نسل اول با امتداد شمال غرب - جنوب شرق در سنگ‌های میزبان (برگرفته از Google earth)..... ۲۰
- شکل ۲-۲۶- رزدیگرام دایک‌های آندزیتی نسل اول قطع کننده سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی میزبان توده گرانیتوئیدی ظفرقند..... ۲۰
- شکل ۲-۲۷- طرح نمادین توده گرانیتوئیدی ظفرقند با توجه به لیتولوژی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه..... ۲۱
- شکل ۲-۲۸- نمای کلی سنگ‌های گابرویی..... ۲۲
- شکل ۲-۲۹- تصویری از رگه‌های گرانیتی که سنگ‌های گابرویی را قطع کرده‌اند و معرف جوان‌تر بودن آن‌ها می‌باشد..... ۲۲
- شکل ۲-۳۰- قطع شدن گابروها توسط سنگ‌های گرانیتی- گرانودیوریتی..... ۲۲

- شکل ۲- ۳۱- تصویر از گابرو دیوریت در توده نفوذی مورد مطالعه..... ۲۳
- شکل ۲- ۳۲- تصویری از نمای کلی دیوریت..... ۲۴
- شکل ۲- ۳۳- تصویری از رگه گرانیتهی در دیوریتها..... ۲۴
- شکل ۲- ۳۴- تصاویری از کنتاکت دیوریت با گرانودیوریت..... ۲۴
- شکل ۲- ۳۵- تصاویری از قطعشدگی دیوریتها توسط گرانیتهها و پلاژیوگرانیتهها، در شمال غرب روستای برگهر..... ۲۴
- شکل ۲- ۳۶- تصویری از قطعشدگی یک آنکلاو میکروگرانولار مافیک و سنگهای گرانودیوریتی حاوی آنکلاوهای متعدد توسط یک رگه یا دایک گرانیتهی..... ۲۴
- شکل ۲- ۳۷- تصویری از اپیدوتی شدن دیوریتها در امتداد درزهها و شکافها..... ۲۴
- شکل ۲- ۳۸- تصویری از آنکلاو گابرویی در حال کلریتی و اپیدوتی شدن که در دیوریتها یافت می شود..... ۲۵
- شکل ۲- ۳۹- الف- آنکلاو میکروگرانولار مافیک دیوریتی و کوارتز دیوریتی در گرانودیوریتها که مبین اختلاط ماگمایی در این سنگها می باشد..... ۲۵
- شکل ۲- ۳۹- ب- تصویری از گسیختگی آنکلاو میکروگرانولار مافیک دیوریتی توسط ماگمای سازنده سنگهای گرانودیوریتی. این پدیده یکی از شواهد بارز اختلاط ماگمایی می باشد..... ۲۵
- شکل ۲- ۴۰- تصویری از تشکیل پگماتوئیدی شدن موضعی در سنگهای دیوریتی..... ۲۶
- شکل ۲- ۴۱- تفریق یافتگی موضعی در دیوریتها و تشکیل پگماتوئید دیوریت..... ۲۶
- شکل ۲- ۴۲- تصویری از بلورهای درشت هورنبلند در پگماتوئید دیوریتها، که اندازه آنها گاهی به ۱۰ سانتی متر نیز می رسد..... ۲۶
- شکل ۲- ۴۳- تصویری از کانهزایی کالکوپیریت به همراه اپیدوتزایی در پگماتوئید دیوریتها..... ۲۶
- شکل ۲- ۴۴- تصویری از حضور آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک در کوارتز دیوریتها..... ۲۷
- شکل ۲- ۴۵- ساخت گرانولار در گرانودیوریتها..... ۲۸
- شکل ۲- ۴۶- تصویری از گرانودیوریت دارای ساخت گرانولار و کانیهای هورنبلند و پلاژیوکلاز در نمونه دستی..... ۲۸
- شکل ۲- ۴۷- تصویری از اختلاط ماگمایی پیشرفته در گرانودیوریت که با حاشیه خمیده و کنگره دار آنکلاو مشخص می شود..... ۲۸
- شکل ۲- ۴۸- تصویری از آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک که معرف اختلاط ماگمایی در گرانودیوریت می باشد..... ۲۸
- شکل ۲- ۴۹- تصویر دایک گرانودیوریتی افقی در سنگهای گرانیتهی..... ۲۹
- شکل ۲- ۵۰- دایکهای شناور دیوریتی در سنگهای گرانودیوریتی، به شیب کم دایکها توجه فرمایید..... ۲۹
- شکل ۲- ۵۱- تصویری از دایک افقی مافیک و شناور در سنگهای گرانودیوریتی..... ۲۹

- شکل ۲-۵۲- تصویری از دایک افقی مافیک شناور و حاشیه‌های در حال گسیختگی این دایک، در سنگ‌های گرانودیوریتی..... ۲۹
- شکل ۲-۵۳- تصویری از سنگ‌های پلاژیوگرانودیوریتی که دایک‌های نسل اول و آندزیت‌های میزبان را قطع کرده‌اند..... ۲۹
- شکل ۲-۵۴- تصویری از کنتاکت سنگ‌های گرانودیوریتی با پلاژیوگرانیت‌ها، در جنوب چاه- شیرین..... ۲۹
- شکل ۲-۵۵- تفریق یافتگی از گرانودیوریت به آلکالی فلدسپار گرانیت..... ۳۰
- شکل ۲-۵۶- کنتاکت بین سنگ‌های گرانیتی با سنگ‌های میزبان آندزیتی در غرب روستای برگهر..... ۳۱
- شکل ۲-۵۷- پگماتیستی شدن همراه با تفریق یافتگی از گرانودیوریت به گرانیت..... ۳۱
- شکل ۲-۵۸- کنتاکت بین گرانیت و سنگ مافیک، به نحوه نفوذ خمیر دندان مانند ماگمای مافیک به درون گرانیت توجه فرمایید..... ۳۱
- شکل ۲-۵۹- تصویری از آنکلاو میکروگرانولار مافیک در سنگ‌های گرانیتی که در آن کلریتی شدن و فلدسپاتی شدن صورت گرفته است..... ۳۱
- شکل ۲-۶۰- تصویری از آنکلاو آندزیتی در حال هضم‌شدگی در سنگ‌های گرانیتی مورد مطالعه..... ۳۱
- شکل ۲-۶۱- تصویری از دایک‌های نسل دوم (D_2) که سنگ‌های گرانیتی را قطع کرده‌اند..... ۳۱
- شکل ۲-۶۲- تصویری از قطع‌شدگی دایک آندزیتی نسل اول و آندزیت میزبان آن، توسط گرانیت. به سنگ میزبان شناور در گرانیت توجه فرمایید..... ۳۲
- شکل ۲-۶۳- تصویری از کنتاکت گرانیت و آندزیت میزبان. به توده‌های نسبتاً بزرگ شناور شده در گرانیت توجه فرمایید..... ۳۲
- شکل ۲-۶۴- نمای کلی پلاژیوگرانیت‌ها در الف- جنوب چاه شیرین و ب- شمال غرب ماربین..... ۳۲
- شکل ۲-۶۵- تصویری از گسل خوردگی و میلونیتی شدن در حاشیه توده پلاژیوگرانیتی..... ۳۳
- شکل ۲-۶۶- تصویری از تفریق یافتگی گرانودیوریت و تحول آن به آلکالی فلدسپار گرانیت..... ۳۳
- شکل ۲-۶۷- تصویری از قطع‌شدگی گرانودیوریت‌ها توسط دایک آلکالی فلدسپار گرانیتی..... ۳۳
- شکل ۲-۶۸- تصویری از دایک نسل دوم که گرانودیوریت‌ها را قطع کرده است..... ۳۴
- شکل ۲-۶۹- تصویری از دایک نسل دوم که در بخش انتهایی خود نیزه‌ای شکل دیده می‌شوند و معرف بخش انتهایی دایک می‌باشد که ماگما به درون آن تزریق شده است..... ۳۴
- شکل ۲-۷۰- تصویری از دایک‌های سین پلوتونیک با حاشیه سینوسی شکل در توده نفوذی مورد مطالعه..... ۳۴
- شکل ۲-۷۱- تصویری از تغییر ضخامت دایک نسل دوم در سنگ گرانیتی..... ۳۵
- شکل ۲-۷۲- تصویری از اپیدوت‌زایی در یک دایک سین پلوتونیک در توده نفوذی مورد مطالعه..... ۳۵
- شکل ۲-۷۳- تصویری از رگه‌های آپلیتی گرانیتی که سنگ‌های گرانیتوئیدی را قطع می‌کنند..... ۳۵

- شکل ۲-۷۴- تصویر ماهواره‌ای نشان‌دهنده رگه‌های آپلیتی قطع کننده توده گرانیتوئیدی ظفرقند، برگرفته از Google earth..... ۳۶
- شکل ۲-۷۵- رزدیاگرام آپلیت‌های قطع کننده سنگ‌های توده نفوذی مورد مطالعه ۳۶
- شکل ۲-۷۶- تصویری از آنکلاوهای فلسیک در توده نفوذی مورد مطالعه..... ۳۷
- شکل ۲-۷۷- تصویری از آنکلاوهای مافیک در توده نفوذی مورد مطالعه..... ۳۷
- شکل ۲-۷۸- تصویری از فراوانی آنکلاوهای میکروگرانولارمافیک در توده گرانیتوئیدی ظفرقند..... ۳۷
- شکل ۲-۷۹- تصاویری از آنکلاوهای در حال کلریتی شدن و فلدسپات‌زایی در حاشیه آنکلاو میکروگرانولارمافیک..... ۳۸
- شکل ۲-۸۰- تصاویری از آنکلاوهای افقی در توده گرانیتوئیدی ظفرقند در نزدیک روستای برگهر..... ۳۸
- شکل ۲-۸۱- تصویری از حاشیه سینوسی معرف اختلاط ماگمایی، در سنگ‌های توده گرانیتوئیدی ظفرقند..... ۳۸
- شکل ۲-۸۲- تصویری از آنکلاوهای میکروگرانولارمافیک با حاشیه سینوسی و در حال گسیخته شدن در سنگ‌های فلسیک توده مورد مطالعه که اختلاط ماگمایی را در توده مورد مطالعه نشان می‌دهد..... ۳۸
- شکل ۲-۸۳- تصاویری از گسیختگی توده‌های مافیک- حدواسط و تشکیل آنکلاوهای میکروگرانولارمافیک..... ۳۹
- شکل ۲-۸۴- تصویری از فراوانی آنکلاوهای موجود در سنگ‌های فلسیک توده نفوذی مورد مطالعه که آشفتگی و اختلاط ماگمایی را در سنگ‌های منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد..... ۳۹
- شکل ۲-۸۵- تصویری از نفوذ سنگ‌های پلاژیوگرانیته به درون سنگ میزبان آندزیتی ۴۰
- شکل ۲-۸۶- تصویری از زبانه گرانیته که به داخل سنگ‌های میزبان آندزیتی نفوذ کرده است. به قطع شدگی دایک نسل اول (D_1) توسط توده گرانیته توجه فرمایید..... ۴۰
- شکل ۲-۸۷- زمان تقریبی تشکیل توده گرانیتوئیدی ظفرقند..... ۴۱
- شکل ۲-۸۸- تصویر ماکروسکوپی مبین دگرگونی مجاورتی و تشکیل گارنت در سنگ‌های میزبان آندزیتی ۴۳
- شکل ۲-۸۹- تصاویر میکروسکوپی از حاشیه دوباره تبلور یافته اطراف بلورهای دارای خلیج- خوردگی کوارتز یا دویتریفیکاسیون در سنگ‌های میزبان ریوداسیتی (XPL, PPL)..... ۴۳
- شکل ۲-۹۰- تصاویری از اپیدوت‌زایی در انواع سنگ‌های میزبان..... ۴۴
- شکل ۲-۹۱- رزدیاگرام شکستگی‌های توده گرانیتوئیدی ظفرقند..... ۴۸
- شکل ۲-۹۲- تصویری نمادین از حوضه ساختاری- کششی منطقه ظفرقند در زمان ائوسن، در حاشیه فعال قاره‌ای..... ۴۸

- شکل ۲-۹۳- نقشه پراکندگی گسل‌های اصلی ایران (آقنابتی، ۱۳۸۳) و شکستگی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، بر اساس خطواره‌های قابل تعقیب بر روی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان و ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشان. ۴۹.....
- شکل ۲-۹۴- الف- تصویری از کانه‌سازی مس در منطقه مورد مطالعه. ۵۰.....
- شکل ۲-۹۴- ب- تصویر ماکروسکوپی از کانه‌سازی مالاکیت، آزوریت، پیریت و کالکوپیریت در منطقه مورد مطالعه. ۵۰.....
- شکل ۲-۹۵- تصاویری از معادن‌های متروکه گرانیته در شمال و غرب ماربین. ۵۰.....
- شکل ۳-۱- الف- تصویر میکروسکوپی نشان‌دهنده بلورهای پلاژیوکلاز، اوژیت، هورنبلند، الیوین و کانی اوپک در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۷.....
- شکل ۳-۱- ب- تصویر میکروسکوپی نشان‌دهنده بافت گرانولار و بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل-دار در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۷.....
- شکل ۳-۲- پلاژیوکلازهای دو نسلی در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۷.....
- شکل ۳-۳- منطقه‌بندی ترکیبی در پلاژیوکلاز با هسته کلسیک در حال دگرسانی به اپیدوت و کلسیت در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۷.....
- شکل ۳-۴- هم‌رشدی الیوین با کانی اوپک (مگنتیت) در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (PPL). ۵۷.....
- شکل ۳-۵- تبدیل الیوین به پیروکسن و هورنبلند در حاشیه پلاژیوکلاز در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۷.....
- شکل ۳-۶- پراکندگی کانی اوژیت در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (PPL). ۵۸.....
- شکل ۳-۷- اورالیتی شدن پیروکسن در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۸.....
- شکل ۳-۸- الف- بافت پوئی‌کلیتی در پیروکسن با حضور کوارتز در آن که نشان از اختلاط ماگمایی در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی دارد (XPL). ۵۸.....
- شکل ۳-۸- ب- ادخال‌های پلاژیوکلاز در درون بلورهای پیروکسن در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۸.....
- شکل ۳-۹- تبدیل پیروکسن به هورنبلند، اپیدوت و کلریت در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۸.....
- شکل ۳-۱۰- بافت اکسلوشن یا جدایش اوژیت (بلورهای نوار مانند) و ارتوپيروکسن در فاز جامد در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۸.....
- شکل ۳-۱۱- هم‌رشدی هورنبلند سبز با کانی‌های اوپک و بافت پوئی‌کلیتی در هورنبلند در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۹.....
- شکل ۳-۱۲- دگرسانی هورنبلند سبز به کلریت و اپیدوت در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (XPL). ۵۹.....
- شکل ۳-۱۳- متاسوماتیسم پتاسیک در هورنبلند و تبدیل آن به بیوتیت در سنگ‌های گابرو/ گابرودیوریتی (PPL). ۵۹.....