

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

همه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان‌نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



دانشگاه گیلان

دانشکده علوم پایه  
گروه زمین‌شناسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
در رشته زمین‌شناسی (گرایش پترولوژی)

عنوان:

پترولوژی سنگ‌های دگرگونی جنوب تویسرکان

استاد راهنما:

دکتر علی اصغر سپاهی

استاد مشاور:

دکتر اشرف ترکیان

پژوهشگر:

حسین ترک

فروردین ۱۳۹۰



دانشکده علوم پایه  
گروه زمین شناسی

جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد  
رشته زمین شناسی گرایش پترولوژی  
حسین ترک

تحت عنوان:  
پترولوژی سنگ‌های دگرگونی جنوب تویسرکان

به ارزش ۸ واحد در روز سه‌شنبه مورخ ۱۳۹۰/۰۱/۲۳ ساعت ۱۲-۱۰ در محل آمفی تئاتر ۱ و با حضور  
اعضای هیأت داوران زیر برگزار گردید و با نمره ۱۹.۴۰۰ درجه عالی ..... ارزیابی شد.

ترکیب اعضای هیأت داوران:

ردیف	سمت هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی-گروه/دانشکده/دانشگاه	محل امضاء
۱	استاد راهنما	دکتر علی اصغر سپاهی	دانشیار-گروه زمین شناسی/دانشکده علوم/دانشگاه بوعلی سینا همدان	
۲	استاد مشاور	دکتر اشرف ترکیان	استادیار-گروه زمین شناسی/دانشکده علوم/دانشگاه بوعلی سینا همدان	
۳	داور	دکتر فرهاد آلیانی	استادیار-گروه زمین شناسی/دانشکده علوم/دانشگاه بوعلی سینا همدان	
۴	داور	دکتر حسین شهبازی	استادیار-گروه زمین شناسی/دانشکده علوم/دانشگاه بوعلی سینا همدان	

تقدیم به

روان پاک بردار عزیز و بزرگوارم  
که دوران زیبای کودکی و نوجوانی‌ام را در کنار او سپری کردم و  
بهترین خاطراتم با او و تلخترین خاطره‌ام نیز رفتن او بود.

بردار عزیزم؛

چه زود ما را تنها گذاشتی چه زود خوبیهایت را از ما دریغ  
داشتی و چه غریبانه رفتی. اما چه سنگین است غم دوریت  
سنگین.

چون سنگینی عطر یاس سنگین چون آبی آسمان. باورمان نمی‌-  
شود که دیگر صدای مهربانت روحمان را نوازش نمی‌دهد دیگر  
برایمان پیغام شکوفه‌های بهاری را نمی‌آوری دیگر برایمان از  
بارش برف در بهار از غروب سوسن‌ها از رویش اردیبهشت و از  
ماتم فصل آذر نمی‌گویی.

اما باید باور کنیم که دیگر میان ما نیستی. اما یادت همیشه با  
ما خواهد بود یاد عطر لبخندهایت با ما خواهد بود.

تقدیم به

پدر و مادرم

برای مادرم که مهرش در دلم گرمی و مقدس است  
برای او که سر چشمه کنجاوی سال‌های کودکی‌ام بود  
او که با گفتن آن همه قصه‌های قدیمی لذت خیال و  
شگفتی را به من هدیه داد.

به پدرم که مهرش بنایی شد برای تلاش پر شورم در کسب  
دانش و او که سال‌های رشد مرا سرشار از حکمت کرد  
به او که به همدردی با انسان فرایم خواند  
شکوه نگرش او هنوز سراپای وجودم را فرا گرفته است.

و تقدیم به

همسر عزیزم

که سرآغاز عشقم شد و همسفر زندگیم،

و صبورانه، پیمودن راه را برایم هموار نمود.

او که یگانه فرشته پاک زندگیم است.

## تقدیر و تشکر

سپاس مخصوص خداوندی است که جهانیان سر بر آستان قدرت او دارند. او را شکر می‌گوییم که تا کنون غریق دریای بیکران لطف و عنایت او بوده‌ام و همیشه نیز چشم امیدم به درگاه عظمت اوست.

هیچ راهی آغاز نخواهد شد مگر با امید به همدلی همراهان، طی نخواهد شد جز با هم‌پایان خستگی‌ناپذیر و به پایان نخواهد رسید مگر به یاری دستان یاریگر. در آغاز و انجام این پایان‌نامه هم‌پایان خستگی‌ناپذیر و دستان یاریگر مهربانانی همراهم بودند که بی‌وجود آنان طی این راه هرگز میسر نمی‌شد. چند سطر کوتاه فرصتی است برای قدردانی از این سروران گرامی؛ از استاد ارجمند جانب آقای **دکتر علی اصغر سپاهی**، که با قبول راهنمایی این پایان‌نامه، در تمامی مراحل مشوق و راهنمای من بوده‌اند و همواره از راهنمایی‌های ارزنده ایشان برخوردار بوده‌ام و لحظه‌ای از مساعدت‌های علمی و عملی خود دریغ ننموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی خود را ابراز می‌دارم.

از خانم **دکتر اشرف ترکیان**، به عنوان استاد مشاور، که در طی به ثمر رسیدن این پایان‌نامه، همواره با راهنمایی‌ها و ارشادات ارزنده خود در تعبیر و تفسیرها و حل مشکلات، کمک‌های شایانی به اینجانب ارائه نمودند کمال تشکر و سپاسگزاری خود را ابراز می‌دارم.

از جاب آقای **دکتر فرهاد آلیانی** و آقای **دکتر حسین شهبازی** که داوری این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند و از نظرات مفید این عزیزان بهره‌مند گشتم، سپاسگزارم.

از آقایان دکتر محسن مؤذن از دانشگاه تبریز و دکتر علی اکبر بهاری‌فر از دانشگاه پیام نور ابهر به خاطر ارایه نظرات ارزشمندشان کمال تشکر را دارم.

از آقای دکتر بهروز رفیعی که با صرف وقت گرانبهایشان در انجام و تفسیر آنالیزهای XRD به اینجانب کمک کردند، سپاسگزاری می‌کنم.

از مدیر گروه محترم زمین‌شناسی جناب آقای دکتر حسن محسنی به خاطر همکاری صمیمانه‌شان و دیگر اساتید گروه زمین‌شناسی، تشکر می‌کنم.

از اساتید دوران کارشناسی‌ام به ویژه آقایان؛ دکتر مهدی حسینی، دکتر عباس آسیابانها، دکتر پرویز غضنفری، دکتر محسن الیاسی، مهندس علیرضا طالب بیدختی و خانم دکتر زینب داوودی، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

از خانم طهرانی و آقایان صمدی، اکبری، رسولی، جمعه و زارع به خاطر همکاری‌شان با اینجانب، سپاسگزاری می‌کنم. از پدر و مادر عزیزم که در طول مدت تحصیل با صبر و بردباری پشتیبان و مشوق من بودند و دعاهای خیر آن‌ها بدرقه راهم بوده و هست و همچنین از **خواهران و برادران ارجمندم**، بسیار متشکر و سپاسگزارم و آرزوی سلامتی آن‌ها را از خداوند متعال خواهانم.

از **خانواده محترم همسرم**، که مرا مورد لطف و محبت خود قرار دادند و از هیچ کمکی در حق این حقیر دریغ نورزیدند، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم و آرزوی سلامتی برای این عزیزان را از خداوند متعال خواستارم.

از دوستان خوبم، آقایان؛ بهادر بشیری، بهرام سرشاری، کاظم برزویی، سید روح‌الله حسینی، حسین سلگی، جواد نصرت آبادی، صادق صانعی، علیرضا علیجانی، مهدی عبدلی، علی مؤمنی، مهدی ترابی کاوه، رضا قادری، مسعود شرفی، سامان کارگریان، رضا بابازاده، از همکلاسی‌هایم خانم‌ها؛ فاطمه حاجیان، سکینه علیزاده، زینب دارایی‌زاده، طاهره شعبانی و آقای محمد میری که یادشان همیشه در خاطر من باقی خواهد ماند و تمامی دوستانی که ذکر نام ایشان در این مجال نمی‌گنجد تشکر و قدردانی می‌کنم.

و از **همسرم**؛

که وجود پرمهرش، زیباترین دلیل زنده بودن و بهترین بهانه تلاش‌هایم بود که بدون حمایت‌ها و تشویق‌های او، تدوین این پایان‌نامه امکان پذیر نبود، بی‌نهایت سپاسگزارم.

**حسین ترک**

بهار ۱۳۹۰





دانشگاه بوعلی سینا  
مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

پترولوژی سنگ‌های دگرگونی جنوب توپسرکان

نام نویسنده: حسین ترک

نام استاد راهنما: دکتر علی اصغر سپاهی

نام استاد مشاور: دکتر اشرف ترکیان

دانشکده: علوم پایه

گروه آموزشی: زمین‌شناسی

رشته تحصیلی: زمین‌شناسی

گرایش تحصیلی: پترولوژی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد

تاریخ تصویب: ۱۳۸۸/۰۲/۱۹

تاریخ دفاع: ۱۳۹۰/۰۱/۲۳

تعداد صفحات: ۱۳۸

چکیده:

منطقه جنوب توپسرکان در غرب ایران و بخشی از نوار دگرگونی سنندج- سیرجان است و متشکل از سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای و مجاورتی است که با توده‌های نفوذی فلسیک، حدواسط و مافیک قطع شده‌اند. حداقل یک دگرگونی ناحیه‌ای و یک دگرگونی مجاورتی در منطقه حادث شده است. ابتدا دگرگونی ناحیه‌ای، اسلیت‌ها، فیلیت‌ها، کلریتوئید شایسته‌ها، مرم‌ها، متاولکانیک‌ها، ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده و گارنت شایسته‌ها را در حد رخساره شایسته سبز ایجاد کرده است. متعاقب دگرگونی ناحیه‌ای، این منطقه تحت تأثیر توده‌های نفوذی جنوب توپسرکان و غرب سامن (جنوب غرب ملایر) قرار گرفته و دگرگونی مجاورتی به وقوع پیوسته است. در این دگرگونی، انواع هورنفلس‌ها در رخساره آلبیت- اپیدوت هورنفلس و هورنبلند هورنفلس ایجاد شده است. زون‌های دگرگونی ناحیه‌ای شامل زون‌های کلریت، کلریتوئید ± کلریت، بیوتیت و گارنت و زون‌های دگرگونی مجاورتی شامل کردیریت، کردیریت ± آندالوزیت و کردیریت ± پتاسیم فلدسپار می‌باشد. زون‌های دگرگونی در منطقه افزایش درجه دگرگونی به سمت توده‌های نفوذی را نشان می‌دهند. با استفاده از واکنش‌های دگرگونی دما و فشار در طی دگرگونی ناحیه‌ای به ترتیب ۴۸۰-۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و ۳-۱/۵ کیلوبار و در طی دگرگونی مجاورتی ۶۰۰-۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و ۵/۲-۱ کیلوبار می‌باشد. شواهد صحرایی، میکروسکوپی و ژئوشیمیایی نشان دهنده این مطلب است که پروتولیت سنگ‌های دگرگونی منطقه مورد مطالعه شامل شیل‌ها و سیلتستون‌ها با میان‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ‌ها، سنگ‌های ولکانیکی بازیک- حدواسط و سنگ‌های آهکی می‌باشند. پروتولیت سنگ‌های دگرگونی، بیشتر از نوع پلیتی و به مقدار کمتر، ماسه‌سنگی می‌باشند. مسیر P-T-t این منطقه، در روی نمودار P-T، در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بوده و با تزریق توده‌های نفوذی، دما افزایش یافته است. بعد از این مرحله، دگرگونی پسروده رخ داده و دما کاهش یافته، اما فشار ایزوباریک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دگرگونی مجاورتی، دگرگونی ناحیه‌ای، زون‌های دگرگونی، مسیر P-T-t، جنوب توپسرکان.

صفحه

عنوان

## فصل اول: کلیات

۲	۱-۱- مقدمه.....
۳	۲-۱- اهداف مطالعه.....
۳	۳-۱- روش کار.....
۴	۴-۱- موقعیت جغرافیایی.....
۶	۵-۱- راه‌های ارتباطی.....
۸	۶-۱- تاریخچه مطالعات زمین‌شناسی منطقه.....
۸	۱-۶-۱- مطالعات زمین‌ساختاری و تکتونیکی.....
۱۰	۲-۶-۱- مطالعات چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی.....
۱۰	۳-۶-۱- مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی.....
۱۱	۴-۶-۱- مطالعات ماگماتیسم و سنگ‌های آذرین.....
۱۲	۵-۶-۱- مطالعات دگرگونی و سنگ‌های دگرگونی.....

## فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی منطقه همدان

۱۶	۱-۲- مقدمه.....
۱۶	۲-۲- تاریخچه و ویژگی‌های زون سنندج- سیرجان.....
۲۲	۳-۲- چینه‌شناسی.....
۲۳	۴-۲- سنگ‌های آذرین.....
۲۴	۱-۴-۲- سنگ‌های آذرین بازیک و حدواسط.....
۲۵	۲-۴-۲- سنگ‌های گرانیتوئیدی.....
۲۷	۵-۲- رگه‌های نفوذی.....
۲۷	۶-۲- سنگ‌های دگرگونی.....

- ۲۸..... ۱-۶-۲- سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای.....
- ۲۹..... ۲-۶-۲- سنگ‌های دگرگونی مجاورتی.....
- ۳۰..... ۱-۲-۶-۲- سنگ‌های متاسوماتیک (واحد اسکارن).....
- ۳۱..... ۷-۲- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک.....

### فصل سوم: پتروگرافی و کانی‌شناسی سنگ‌های دگرگونی منطقه

- ۳۳..... ۱-۳- مقدمه.....
- ۳۳..... ۲-۳- سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای.....
- ۳۳..... ۱-۲-۳- اسلیت‌ها.....
- ۳۴..... ۲-۲-۳- فیلیت‌ها.....
- ۳۵..... ۳-۲-۳- کلریت - کلریتوئید شیست‌ها.....
- ۳۶..... ۴-۲-۳- شیست سبز (اپیدوت - کلریت شیست).....
- ۳۷..... ۵-۲-۳- سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده.....
- ۳۸..... ۶-۲-۳- ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده (متاسامیت‌ها).....
- ۳۹..... ۷-۲-۳- مرمر.....
- ۴۱..... ۸-۲-۳- گارنت شیست.....
- ۴۲..... ۳-۳- سنگ‌های دگرگونی مجاورتی.....
- ۴۲..... ۱-۳-۳- شیست‌های لکه‌ای.....
- ۴۴..... ۲-۳-۳- کردیریت هورنفلس‌های آندالوزیت‌دار (آندالوزیت کردیریت هورنفلس).....
- ۴۵..... ۳-۳-۳- کردیریت هورنفلس‌ها.....
- ۴۶..... ۴-۳-۳- کردیریت هورنفلس‌های ارتوکلازدار.....
- ۴۸..... ۴-۳- سنگ‌های دگرگونی دینامیکی.....
- ۴۸..... ۱-۴-۳- گرانیت میلونیت انجیره.....

۴۹	۵-۳- پگماتیت‌ها و رگه‌های تأخیری.....
۵۰	۶-۳- کانی‌شناسی و پیدایش کانی‌های شاخص سنگ‌های دگرگونی منطقه.....
۵۰	۱-۶-۳- تبلور و تحول کلریت.....
۵۱	۲-۶-۳- تبلور و تحول بیوتیت.....
۵۱	۳-۶-۳- تبلور و تحول مسکوویت.....
۵۲	۴-۶-۳- تبلور و تحول کلریتوئید.....
۵۲	۵-۳-۴- تبلور و تحول گارنت.....
۵۳	۶-۶-۳- تبلور و تحول آندالوزیت.....
۵۵	۷-۶-۳- تبلور و تحول فیبرولیت (سیلیمانیت رشته‌ای).....
۵۷	۸-۶-۳- تبلور و تحول کردیریت.....
۵۸	۹-۶-۳- تبلور و تحول فلدسپارها.....
۵۹	۱۰-۶-۳- کلسیت.....
۵۹	۱۱-۶-۳- تبلور و تحول کانی‌های دیگر.....

#### فصل چهارم: ساختارهای زمین‌شناسی و میکروتکتونیک

۶۲	۱-۴- مقدمه.....
۶۲	۲-۴- ساختارهای بزرگ مقیاس.....
۶۳	۳-۴- ساختارهای کوچک مقیاس.....
۶۳	۱-۳-۴- چین‌ها.....
۶۵	۲-۳-۴- ساختارهای شکنا- نیمه‌شکنا.....
۶۸	۴-۴- دگرشکلی و ارتباط آن با تبلور دگرگونی.....
۶۹	۱-۴-۴- کلریت.....
۷۰	۲-۴-۴- بیوتیت و مسکوویت.....

۷۱	..... گارنت. ۳-۴-۴
۷۱	..... کلریتوئید. ۴-۴-۴
۷۲	..... آندالوزیت. ۵-۴-۴
۷۳	..... کردیریت. ۶-۴-۴
۷۴	..... فیبرولیت. ۷-۴-۴
۷۵	..... کوارتز. ۸-۴-۴
۷۵	..... گرانیت میلونیت انجیره و اشکال ساختاری آن. ۵-۴

### فصل پنجم: پتروژنز سنگ‌های دگرگونی منطقه

۷۹	..... مقدمه. ۱-۵
۷۹	..... ایزوگرادها و زون‌های دگرگونی، مجموعه‌های کانی‌شناسی و واکنش‌های دگرگونی. ۲-۵
۸۲	..... ۱-۲-۵ زون‌های دگرگونی ناحیه‌ای. ۱-۲-۵
۸۲	..... ۱-۱-۲-۵ زون کلریت. ۱-۱-۲-۵
۸۴	..... ۲-۱-۲-۵ زون کلریتوئید $\pm$ کلریت. ۲-۱-۲-۵
۸۶	..... ۳-۱-۲-۵ زون بیوتیت. ۳-۱-۲-۵
۸۷	..... ۴-۱-۲-۵ زون گارنت. ۴-۱-۲-۵
۸۹	..... ۲-۲-۵ زون‌های دگرگونی مجاورتی. ۲-۲-۵
۸۹	..... ۱-۲-۲-۵ زون کردیریت $\pm$ آندالوزیت. ۱-۲-۲-۵
۹۲	..... ۲-۲-۲-۵ زون کردیریت. ۲-۲-۲-۵
۹۴	..... ۳-۲-۲-۵ زون کردیریت $\pm$ پتاسیم فلدسپار. ۳-۲-۲-۵
۹۷	..... ۳-۵ پروتولیت سنگ‌های دگرگونی منطقه. ۳-۵
۹۷	..... ۱-۳-۵ شواهد صحرایی. ۱-۳-۵
۹۹	..... ۲-۳-۵ شواهد میکروسکوپی. ۲-۳-۵

۹۹.....	۳-۳-۵- شواهد ژئوشیمیایی.....
۱۰۰.....	۱-۳-۳-۵- استفاده از نمودارهای مثلثی ACF-A'FK (وینکلر، ۱۹۷۶).....
۱۰۲.....	۲-۳-۳-۵- استفاده مستقیم از نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی در نمودار دولاروش (۱۹۶۶).....
۱۰۳.....	۳-۳-۳-۵- استفاده از نمودار گارلس و مکنزی (۱۹۷۲).....
۱۰۴.....	۴-۳-۳-۵- استفاده از نمودار AFM.....
۱۰۵.....	۵-۳-۳-۵- استفاده از نسبت مولکولی $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$ .....
۱۰۵.....	۶-۳-۳-۵- استفاده از کوارتز نورماتیو.....
۱۰۵.....	۷-۳-۳-۵- $K_2O > Na_2O$ همراه با $MgO > CaO$ .....
۱۰۶.....	۴-۵- مسیر تحولات سنگ‌های دگرگونی منطقه.....
۱۰۸.....	۵-۵- دگرگونی منطقه از لحاظ دما و فشار.....
۱۰۹.....	۶-۵- جایگاه تکتونیکی دگرگونی منطقه مورد مطالعه.....
۱۰۹.....	۱-۶-۵- مروری کلی بر نظریه‌های موجود.....
۱۱۰.....	۲-۶-۵- قوس‌های ماگمایی در مناطق فرورانش.....

### فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۱۵.....	۱-۶- نتیجه‌گیری.....
۱۱۸.....	۲-۶- پیشنهادات.....
۱۱۹.....	منابع.....
۱۳۴.....	پیوست‌ها.....

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- محدوده مورد مطالعه همراه با راه‌های دسترسی به منطقه از طریق همدان، ملایر، نهاوند و تویسرکان (اقتباس از نقشه راه‌های استان همدان، گیتاشناسی، شماره ۱۶۳).....	۷
شکل ۲-۱- تصویری از توپوگرافی شمال منطقه مورد مطالعه (دید به سمت شمال).....	۷
شکل ۱-۲- موقعیت زون سنندج-سیرجان و منطقه مورد مطالعه که مابین کمپلکس گرانیتوئیدی الوند و سامن قرار گرفته است (برگرفته از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ملایر، نهاوند، تویسرکان و همدان با تغییرات).....	۱۶
شکل ۲-۲- موقعیت زون سنندج-سیرجان و تفکیک آن به دو بخش شمال و جنوبی (قاسمی و تالبوت، ۲۰۰۶).....	۱۷
شکل ۳-۲- مراحل تکوین زون سنندج-سیرجان (محجل و همکاران، ۲۰۰۳).....	۲۱
شکل ۴-۲- بخش‌های سیلیسی و کانی‌سازی شده واحد اسکارن. کانی‌سازی مس شامل ملاکیت، آزوریت و کالکوپیریت در این واحد دیده می‌شود (اسکارن انجیره).....	۳۱
شکل ۱-۳- تصویر میکروسکوپی از اسلیت‌های شمال غرب روستای پیرغیب (نور XPL).....	۳۴
شکل ۲-۳- تصویر میکروسکوپی از فیلیت‌های جنوب غرب روستای سید شهاب که در آن وجود لامیناسیون‌های تیره و روشن مشخص می‌باشد (نور XPL).....	۳۵
شکل ۳-۳- الگوی پراش XRD در یک نمونه از کلریت- کلریتوئید شیست‌های شمال غرب روستای باباکمال.....	۳۶
شکل ۴-۳- تصاویر میکروسکوپی از کلریت- کلریتوئید شیست‌های شمال روستای باباکمال، الف) ماکل پلی‌سینتتیک در بلورهای کلریتوئید (نور XPL)، ب) بلورهای کلریتوئید غنی از ادخال (نور PPL).....	۳۶

- شکل ۳-۵- تصاویر میکروسکوپی از الف) شیست‌های سبز در جنوب غرب روستای سید شهاب (نور XPL)، ب) سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده و وجود زونینگ در پلاژیوکلاز در جنوب روستای پیرغیب (نور XPL)..... ۳۸
- شکل ۳-۶- تصویری میکروسکوپی از ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده در غرب روستای بلرتو (نور XPL)..... ۳۹
- شکل ۳-۷- الگوی پراش XRD در یک نمونه از مرم‌های کوه سیاه‌دره..... ۴۰
- شکل ۳-۸- تصویر میکروسکوپی از مرم‌های کوه سیاه‌دره با دانه‌های درشت کلسیت که مرز سه‌گانه آن‌ها زاویه ۱۲۰ درجه را نشان می‌دهد (نور XPL)..... ۴۰
- شکل ۳-۹- تصویر میکروسکوپی از گارنت شیست‌های گردنه خیرآباد و وجود گارنت‌های خودشکل (نور XPL)..... ۴۱
- شکل ۳-۱۰- تصاویر میکروسکوپی از شیست‌های لکه‌ای، الف) در جنوب توپسرکان که حاوی لکه‌های مدور تا بیضوی شکل است (نور XPL)، ب) در غرب توده نفوذی سامن (نور XPL)..... ۴۳
- شکل ۳-۱۱- رخنمون نمونه آندالوزیت- کردیریت هورنفلس در صحرا در منطقه جنوب توپسرکان (شرق دارانی علیا)..... ۴۵
- شکل ۳-۱۲- الف) تصویر میکروسکوپی از آندالوزیت- کردیریت هورنفلس و هاله‌ی اطراف آندالوزیت در شمال شرق روستای دارانی علیا (نور XPL)، ب) تشکیل آندالوزیت کیاستولیتی در هورنفلس‌های شمال غرب روستای دولایی (نور XPL)..... ۴۶
- شکل ۳-۱۳- تصاویر میکروسکوپی از، الف) کردیریت هورنفلس‌های شمال روستای دولایی (نور XPL)، ب) کردیریت با ماکل سه‌قلویی ویژه در کردیریت هورنفلس‌های شمال روستای دولایی (نور XPL)..... ۴۷
- شکل ۳-۱۴- تصویر میکروسکوپی از کردیریت هورنفلس‌های ارتوکلازدار منطقه جنوب توپسرکان که دارای فیبرولیت می‌باشند (نور XPL)..... ۴۸



- شکل ۳-۱۵- تصویر میکروسکوپی از گرانیتهای میلونیت‌های انجیره و دگرسانی در پلاژیوکلاز (نور XPL).....۴۹
- شکل ۳-۱۶- مقایسه ترکیب شیمیایی کردیریت بین اسپینل‌ها و کردیریت دور اسپینل‌ها (بدرزاده، ۱۳۸۱).....۵۷
- شکل ۴-۱- الف) چین خوردن فولیاسیون و رگه‌های کوارتز در فیلیت‌های جنوب غرب روستای بوستاندره، ب) ریزچین‌های موجود در هورنفلس‌های شمال غرب روستای اشترمل که همزمان نیز رگه کوارتز چین خورده است، ج) وجود مرمهرهای نازک‌لایه در اطراف کوه سیاه‌دره که مقداری چین-خوردگی نیز نشان می‌دهند.....۶۴
- شکل ۴-۲- الف) وجود درزه کشتی در آندالوزیت کردیریت هورنفلس‌های جنوب شرق توپسرکان که توسط رگه‌ی سیلیسی پر شده است. این رگه، ساخت لایه‌بندی اولیه را قطع و سپس چین خورده و سطح محوری چین‌ها موازی لایه‌بندی اولیه است. علاوه بر این رگه‌ها نیز بودین شده می‌باشند. ب) درزه‌های موجود در هورنفلس‌های شمال شرق روستای دولایی (دید به سمت غرب).....۶۶
- شکل ۴-۳- الف) وجود شیستوزیته در شیست‌های لکه‌دار شمال شرق روستای بوستاندره (دید به سمت شمال غرب)، ب) وجود لایه‌بندی ترکیبی در هورنفلس‌های شمال روستای دولایی.....۶۷
- شکل ۴-۴- الف) رگه‌های کوارتز در گارنت شیست‌های گردنه‌ی خیرآباد در مسیر جاده توپسرکان. دید به سمت جنوب غرب، ب) رگه نردبانی با حرکت راست‌بر در هورنفلس‌های منطقه جنوب توپسرکان.....۶۸
- شکل ۴-۵) روابط تبلور کانی‌ها با توسعه فولیاسیون‌ها؛  $(M_1)$  دگرگونی ناحیه‌ای،  $(M_2)$  دگرگونی مجاورتی،  $(M_3)$  دگرگونی قهقرایی یا برگشتی.....۶۸
- شکل ۴-۶- الف) همزمانی کلریت و سرسیت در تشکیل فولیاسیون  $S_1$  و موازی بودن  $S_0$  و  $S_1$  در فیلیت‌های جنوب روستای بوستاندره، ب) پزودومورفیسم کلریت به جای گارنت در اثر واکنش‌های

- برگشتی در طی دگرگونی قهقرایی یا برگشتی ( $M_3$ ) شاهدهی بر تبلور بعد از تکتونیک کلریت در شیست‌های لکه‌ای مربوط به هاله دگرگونی غرب سامن.....۶۹
- شکل ۴-۷- الف) فولیاسیون غالب منطقه ( $S_2$ ) در اثر جهت‌گیری بیوتیت و مسکویت در شیست‌های منطقه (XPL)، ب) چین‌خوردگی فولیاسیون  $S_1$  و تشکیل فولیاسیون غالب منطقه ( $S_2$ ) در اثر جهت-گیری بیوتیت و مسکویت (XPL)، ج) پنینتی شدن کردیریت از اطراف، د) پزدومورفیسیم مسکویت به جای آندالوزیت، شاهدهی بر تبلور بعد از تکتونیک که در اثر واکنش‌های برگشتی در طی دگرگونی قهقرایی یا برگشتی ( $M_3$ ) به وجود آمده‌اند.....۷۰
- شکل ۴-۸- تبلور همزمان تا پس از تکتونیک گارنت در گارنت شیست‌های شمال روستای خیرآباد (XPL).....۷۲
- شکل ۴-۹- تبلور کلریتوئید در کلریت کلریتوئید شیست‌های شمال روستای باباکمال، الف) قبل از تکتونیک، ب) همزمان تا بعد از تکتونیک (XPL).....۷۲
- شکل ۴-۱۰- الف) هم امتداد بودن ادخال‌های به دام افتاده در کردیریت با زمینه، نشان‌دهنده رشد سریع و بعد از تکتونیک این پورفیروبلاست (XPL)، ب) کینک‌شدگی بیوتیت (XPL) و ج) رشد کردیریت همزمان با دگرشکلی دوم و چرخش فابریک داخلی آن (XPL)، در هورنفلس‌های جنوب تويسرکان.....۷۴
- شکل ۴-۱۱- هسته‌بندی فیبرولیت، الف) بر روی بیوتیت و ب) بر روی کردیریت، نور (XPL)، در کردیریت هورنفلس‌های ارتوکلازدار جنوب تويسرکان.....۷۵
- شکل ۴-۱۲- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی از گرانتیت میلونیت‌های انجیره، الف) تصویر صحرایی از فولیاسیون موجود، ب) گسل‌خوردگی رگه کوارتز با حرکت راستگرد، ج) ماکل‌های تکراری تاب‌دار پلاژیوکلاز در اثر تنش حاصل از فعالیت‌های دینامیکی (نور XPL)، د) دگرسانی سرسیتی پلاژیوکلاز در جهت ماکل آن و تاب‌دار بودن بیوتیت (نور XPL)، ه) شکستگی موجود در ارتوکلاز که با مستطیل

- نشان داده شده است، این شکستگی با بلورهای کوارتز پر شده است (نور XPL)، و تصویر میکروسکوپی از ساختار S-C در بلور زیگموئیدال پلاژیوکلاز (نور XPL)..... ۷۷
- شکل ۵-۱- نقشه زون بندی دگرگونی منطقه جنوب تويسرکان..... ۸۱
- شکل ۵-۲- نمودار AFM برای زون کلریتوئید- کلریت..... ۸۵
- شکل ۵-۳- الف: نمودار AFM برای زون بیوتیت، ب: نمودار AFK برای زون بیوتیت..... ۸۷
- شکل ۵-۴- مجموعه پاراژنزی زون گارنت در منطقه جنوب تويسرکان..... ۸۸
- شکل ۵-۵- مجموعه پاراژنزی زون کردیریت  $\pm$  آندالوزیت در منطقه جنوب تويسرکان (بلات و تریسی ۱۹۹۶)..... ۹۰
- شکل ۵-۶- مجموعه پاراژنزی زون کردیریت در منطقه جنوب تويسرکان..... ۹۳
- شکل ۵-۷- مجموعه پاراژنزی زون کردیریت - پتاسیم فلدسپار در منطقه جنوب تويسرکان..... ۹۵
- شکل ۵-۸- در یک سیستم KFASH واکنش های فشار پایین - دمای بالا و رابطه فازی متاپلیت ها در سیستم (اشباع از کوارتز و  $H_2O$ ) را نشان می دهد. نقطه چین محدوده پایداری و ظهور کردیریت و قسمت هاشورزده میدان پایداری کردیریت - پتاسیم فلدسپار می باشد (بوخر و فری، ۱۹۹۴ و اسپیر و چنی، ۱۹۸۹)..... ۹۶
- شکل ۵-۹- توپوگرافی خشن واحد سنگ آهک دگرگون شده و مرمری شده کوه سیاه دره در شمال غرب باباکمال - جنوب تويسرکان (دید به سمت شمال غرب)..... ۹۸
- شکل ۵-۱۰- موقعیت سنگ های منطقه در نمودار ACF-AFK وینکلر (۱۹۷۶) برای تعیین پروتولیت آن ها (داده ها از جدول ۵-۱).....
- (پلیتی: P، گرانیتوئید: G، گریواک: GW، آرکوز: A، بازالت و آندزیت: B و سنگ آهک: C)..... ۱۰۲
- شکل ۵-۱۱- موقعیت سنگ های منطقه در نمودار دولاروش (۱۹۶۶) برای تعیین پروتولیت آن ها (داده ها از جدول ۵-۱)..... ۱۰۳

- شکل ۵-۱۲- موقعیت سنگ‌های منطقه در نمودار گارلس و مکنزی (۱۹۷۲) برای تعیین پروتولیت آن‌ها (داده‌ها از جدول ۵-۱).....۱۰۴
- شکل ۵-۱۳- موقعیت سنگ‌های منطقه در نمودار AFM برای تعیین پروتولیت آن‌ها (داده‌ها از جدول ۵-۱).....۱۰۴
- شکل ۵-۱۴- مسیر تحولات P-T-t در مراحل دگرگونی (دگرگونی ناحیه‌ای و مجاورتی) منطقه جنوب تويسرکان.....۱۰۸
- شکل ۵-۱۵- انواع دگرگونی فشاری از تامپسون و انگلند (۱۹۸۴). LP: دگرگونی فشار پایین، MP: دگرگونی فشار متوسط و HP: دگرگونی فشار بالا.....۱۰۹
- شکل ۵-۱۶- خطوط دما در طی نفوذ یکنواخت ماگما به اعماق ۱۰ کیلومتری. در این نمودار گرادیان زمین‌گرمایی اولیه ۲۴ درجه بر کیلومتر فرض شده و اعداد کنار منحنی‌ها، فاصله زمانی به میلیون سال پس از تزریق توده‌ها هستند. قسمت سایه زده شده، محدوده دگرگونی فشار پایین است (دیرئو و همکاران، ۱۹۹۱).....۱۱۳
- شکل ۵-۱۷- میانگین و مینیمم (m) منحنی تغییرات دما در طی تزریق توده‌های نفوذی به حالت زودگذر و ضربانی. اعداد، درصد فراوانی توده‌ها را نشان می‌دهند (دیرئو و همکاران، ۱۹۹۱).....۱۱۳