

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۹۰۷۱۷ ✓



دانشگاه تهران  
پر دیس علوم - دانشکده زمین شناسی

پایان نامه  
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
رشته پترولوژی

عنوان:  
پترولوژی توده گرانیوتوئیدی آستانه (جنوب غرب اراک) و  
مطالعه دگرگونی مجاورتی اطراف آن

نگارش: نسربن رشیدمقدم

استاد راهنما:  
دکتر داریوش اسماعیلی

اساتید مشاور:  
دکتر محمد ولی ولی زاده  
دکتر محسن مؤذن

بهمن ۸۶



۱۳۸۷ / ۱۲ / ۱۰

۹۵۷۱۷



جمهوری اسلامی ایران  
دانشگاه تهران

شماره \_\_\_\_\_  
تاریخ \_\_\_\_\_  
پوست \_\_\_\_\_

اداره کل تحصیلات تکمیلی

باسمه تعالی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب <sup>فرین حسینی</sup> متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه / رساله حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است ، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه / رساله قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است . در صورت اثبات تخلف ( در هر زمان ) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد .  
کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پردیس / دانشکده / مرکز دانشگاه تهران می باشد .

نام و نام خانوادگی دانشجو <sup>P</sup> فرین حسینی  
امضاء  
۶۱۵۸۴۰۲۷

آدرس : خیابان انقلاب اول خیابان فخر رازی - پلاک ۵ - کد پستی : ۱۳۰۴۵/۵۶۸  
فاکس : ۶۴۹۷۳۱۴

## سپاسگزاری

وظیفه خود می‌دانم که از تمامی اساتید و بزرگواری که حمایت‌های ایشان شامل حال این جانب بوده کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

یا سپاس فراوان از جناب آقای دکتر داریوش اسماعیلی استاد محترم بخش زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران که در تمامی مراحل این تحقیق راهنما و مشوق من بودند و از هر لحاظی به خصوص تأمین کل هزینه آنالیزها از محل اعتبار ویژه، یاریم نمودند.

یا تشکر و سپاس از جناب آقای دکتر محمدولی ولی‌زاده استاد محترم بخش زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران که با راهنمایی‌هایشان یاریم نمودند.

یا تشکر و سپاس از جناب آقای دکتر محسن مؤذن استاد محترم بخش زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه تبریز که از علم سرشارشان بهره‌مند شدم

از جناب آقای دکتر علی کتعیان استاد محترم بخش زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران که داوری این پایان‌نامه را به عهده داشتند سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر حسین رحیم‌پور بناب، مدیر محترم گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران به خاطر زحمتهای فراوانشان در طول تحصیل تشکر می‌کنم.

از خواهر خویم فرزانه جان و همسر محترمشان که در طول این دو سال همدم و همراهم بودند کمال تشکر را دارم.

از سرکار خانم بیات، منشی گروه بخش زمین‌شناسی کمال تشکر را دارم.

از جناب آقایان معصومی، رضازاده و قاسمی در بخش کارگاه مقطع‌گیری به خاطر کمک‌های فراوانشان سپاسگزاری می‌کنم.

از تمامی کسانی که به نحوی من را در این پایان‌نامه یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تقدیم بہ  
پدر و مادر عزیزم  
و  
ہمسر مہربانم

## چکیده:

توده نفوذی آستانه با وسعتی حدود ۳۵ کیلومتر مربع در ۴۰ کیلومتری اراک به سمت بروجرد با مختصات  $49^{\circ}17' - 49^{\circ}22'30''$  طول شرقی و  $33^{\circ}53'30'' - 33^{\circ}46'$  عرض شمالی واقع گردیده و بخشی از زون ساختاری ستندج-سیرجان را در شمال شهرستان دورود و جنوب-جنوب غرب شهرستان سازند تشکیل می‌دهد.

با توجه به مطالعات چینه‌شناسی، قدیمی‌ترین سنگها در منطقه مورد مطالعه دارای سن تریاس فوقانی-ژوراسیک می‌باشند که توسط این توده نفوذی قطع شده‌اند. بعلاوه سن ژوراسیک میانی این توده قبلاً نیز از طریق سن یابی ایزوتوپی U-Pb بر روی کانی زیرکن مورد تأیید قرار گرفته است.

توده نفوذی آستانه از سه واحد گرانیت، گرانودیوریت و کوارتز مونوزودیوریت تشکیل شده است که حجم غالب با گرانودیوریت است. بعلاوه در قسمت شرقی توده در غرب روستای سرسختی گرانیت تورمالین دار بطور پراکنده رخنمون دارد. توده گرانیتوئیدی بافت دانه متوسط داشته و دارای کانیهای پلاژیوکلاز، کوارتز، آلکالی‌فلدسپار، بیوتیت و آمفیبول می‌باشند. بافت غالب در اغلب نمونه‌ها به جزء در واحد گرانودیوریت پورفیری، بافت گرانولار است. این توده حاوی انکلاوهای میکروگرانولار مافیک است که در رده‌بندی جزء کوارتزیدیوریت و کوارتز مونوزودیوریت محسوب می‌شود.

در اطراف توده نفوذی، دگرگونی مجاورتی مشخصی بصورت هورنفلس به خصوص در غرب و جنوب غرب توده دیده می‌شود. پس از دگرگونی مجاورتی، دگرگونی ناحیه‌ای بصورت اسلیت و فیلیت و شیستهای لکه‌دار دیده می‌شود. این لکه‌ها اغلب از تجمع و تراکم کلریت، مسکوویت و بیوتیت تشکیل شده‌اند.

ترکیب شیمیایی توده گرانیتوئیدی آستانه نشان می‌دهد که ماگمای سازنده این توده کالک‌آلکان با پتاسیم متوسط تا بالا بوده و از روند تحولی این ماگماها پیروی می‌نماید. طبیعت متاآلومین و روند خطی تغییرات  $\text{CaO-SiO}_2$  همچنین حضور انکلاوهای میکروگرانولارمافیک و حضور کانیهای تیتانیت و هورنبلند با ویژگیهای گرانیت‌های نوع I انطباق دارد. از طرفی دیگر برخی از مشخصات کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی این توده مانند روند منفی تغییرات Th در مقابل  $\text{SiO}_2$  و روند مثبت تغییرات  $\text{P}_2\text{O}_5$  در مقابل  $\text{SiO}_2$  با ویژگیهای گرانیت‌های نوع S انطباق دارند. این شواهد نشان می‌دهند که ماگمای اصلی توده نفوذی آستانه ویژگیهای گرانیت‌های نوع I را داشته است که احتمالاً در هنگام جایگیری متحمل آلودگی و هضم مواد پوسته‌ای شده است. توده نفوذی آستانه از نظر جایگاه تکتونیکی ویژگیهای گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی (VAG) را نشان می‌دهد و احتمالاً در اثر فرورانش ورقه اقیانوسی نئوتتیس به زیر ورقه قاره‌ای پلاتفرم ایران مرکزی و به سبب کوهزایی سیمزین میانی در طی ژوراسیک حاصل شده است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول: کلیات</b>
۲	۱-۱ موقعیت جغرافیایی
۲	۲-۱ راههای ارتباطی
۴	۳-۱ آب و هوا
۴	۴-۱ رودخانه‌ها
۵	۵-۱ کارهای انجام شده قبلی
۶	۶-۱ هدف و روش مطالعه
	<b>فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی</b>
۹	۱-۲ زون سنندج-سیرجان
۱۵	۲-۲ ژئوکرونولوژی
۱۶	۳-۲ زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه
۱۶	۱-۳-۲ چینه‌شناسی
۱۸	۲-۳-۲ زمین‌شناسی ساختاری و تکتونیک



۱۸	۱-۲-۳-۲ فازهای کوهزایی
۱۹	۲-۲-۳-۲ گسلها

## فصل سوم: رده‌بندی و پتروگرافی سنگهای آذرین

### مقدمه

۲۴	۱-۳ رده‌بندی سنگها
۲۴	۱-۱-۳ رده‌بندی مدال اشتريک‌ايزن
۲۵	۲-۱-۳ رده‌بندی‌های شیمیایی
۲۷	۱-۲-۱-۳ رده‌بندی شیمیایی میدلموست
۲۷	۲-۲-۱-۳ طبقه‌بندی گرانیتها با استفاده از نمودار Ab-An-Or اکانر
۲۹	۳-۱-۲-۳ رده‌بندی کاکس و همکاران
۳۰	۲-۳ پتروگرافی
۳۲	۱-۲-۳ گرانودیوریت
۳۵	۲-۲-۳ گرانودیوریت پرفیری
۳۷	۳-۲-۳ کوارتز مونوزودیوریت
۳۸	۴-۲-۳ گرانیت تورمالین‌دار
۴۱	۳-۳ پتروگرافی انکلاوها
۴۶	۱-۳-۳ انکلاوهای کوارتز مونوزودیوریت
۴۸	۲-۳-۳ انکلاوهای کوارتز دیوریت

۴۹	۴-۳ رگه‌های کوارتز-تورمالین
۵۰	۵-۳ دایکهای آپلیتی تورمالین‌دار
۵۱	۶-۳ دایکهای آندزیتی
۵۲	۷-۳ بررسی دگرسانی در نمونه‌های مورد مطالعه
۵۶	۸-۳ نتیجه‌گیری

## فصل چهارم: پتروگرافی سنگهای دگرگونی

### مقدمه

۶۰	۱-۴ دگرگونی ناحیه‌ای
۶۲	۱-۱-۴ اسلیت
۶۲	۲-۱-۴ فیلیت
۶۳	۳-۱-۴ شیست
۶۵	۲-۴ دگرگونی مجاورتی
۶۶	۱-۲-۴ هورنفلس
۷۳	۳-۴ نتیجه‌گیری

## فصل پنجم: ژئوشیمی، منشأ و محیط تکتونیکی

- ۷۵ ۱-۵ ژئوشیمی
- ۷۶ ۱-۱-۵ ژئوشیمی عناصر اصلی
- ۷۶ ۱-۱-۱-۵ نمودارهای تغییرات عناصر اصلی در برابر سیلیس
- ۸۰ ۲-۱-۱-۵ تعیین سری ماگمایی
- ۸۲ ۳-۱-۱-۵ درجه اشباع شدگی از آلومینیم
- ۸۲ ۲-۱-۵ ژئوشیمی عناصر کمیاب
- ۸۲ ۱-۲-۱-۵ نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در برابر سیلیس
- ۸۷ ۳-۱-۵ دیاگرامهای عنکبوتی (دیاگرامهای چند عنصری)
- ۹۲ ۲-۵ منشأ و محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها
- ۹۲ ۱-۲-۵ تقسیم بندی ژنتیکی توده گرانیتوئیدی آستانه
- ۹۶ ۲-۲-۵ بررسی جایگاه تکتونیکی گرانیتها
- ۹۶ ۱-۲-۲-۵ رده بندی پیرس و همکاران
- ۱۰۰ ۲-۲-۲-۵ رده بندی باچلور و بودن
- ۱۰۲ ۳-۲-۲-۵ رده بندی مانیار و پیکولی
- ۱۰۵ ۳-۲-۵ پتروژنز توده گرانیتوئیدی آستانه
- ۱۰۷ ۴-۵ نتیجه گیری

## فصل ششم: خلاصه و نتیجه گیری

- ۱۱۱ ۱-۶ پتروگرافی سنگهای آذرین
- ۱۱۲ ۲-۶ پتروگرافی سنگهای دگرگونی
- ۱۱۳ ۳-۶ ژئوشیمی و پترولوژی
- ۱۱۴ ۴-۶ پتروژنز

منابع

# فصل اول

کلیات

## کلیات

### (۱-۱) موقعیت جغرافیایی

توده نفوذی آستانه در ۴۰ کیلومتری اراک به سمت بروجرد با مختصات  $49^{\circ}17' - 49^{\circ}22'30''$  طول شرقی و  $33^{\circ}53'30'' - 33^{\circ}46'$  عرض شمالی قرار دارد. این توده در ۳ کیلومتری شهرستان آستانه واقع است به همین دلیل نام آستانه برای معرفی آن انتخاب شده است. مناطق مسکونی این محدوده روستاهای قلعه آقاحمید، سرسختی، پاکل، ظهیرآباد و ده داوود می‌باشند.

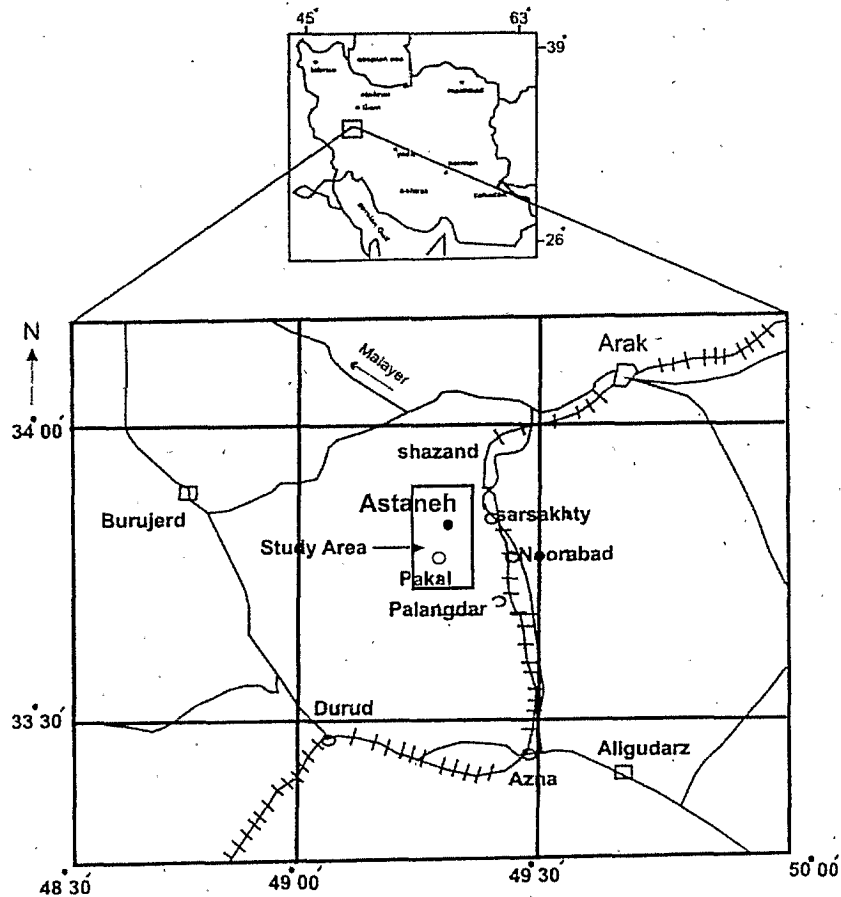
### (۲-۱) راههای ارتباطی

راه آستانه از ۲۰ کیلومتری جاده اراک-ملایر به سمت جنوب منشعب می‌گردد. از محل انشعاب دو جاده آسفالت به طول ۱۴ کیلومتر تا شازند کشیده شده است و از شازند تا آستانه جاده آسفالت‌های به طول شش کیلومتر وجود دارد که این راه بهترین راه دسترسی به منطقه است.

از راههای دیگر می‌توان به راه آسفالته‌ای که در جنوب و جنوب‌شرق شازند وجود دارد و شازند را به ازنا مرتبط می‌کند اشاره کرد. راههای ارتباطی دیگری نیز وجود دارد که اکثراً خاکی و متروکه هستند و مناسب نمی‌باشند.

خط آهن تهران-خرمشهر از شرق منطقه گذشته و ایستگاه شازند در شش کیلومتری شمال آستانه و ایستگاه نورآباد که بلندترین ایستگاه در طول راه آهن جنوب می‌باشد و ارتفاعی برابر با ۲۱۷۶ متر نسبت به سطح دریا دارد، پس از آن واقع است.

شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- راههای دسترسی به منطقه

### (۳-۱) آب و هوا

شازند سردترین شهرستان استان مرکزی است که بعلمت وجود کوهستانهای مرتفع و ارتفاع زیاد در تابستان نسبتاً ملایم و خنک و در زمستان سرد است. با توجه به آمار و اطلاعات بدست آمده از ایستگاه هواشناسی اراک و براساس تقسیمات اقلیمی و بیوکلماتیک ایران بر طبق روش گوسن (ثابتی، ۱۳۴۸) قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه در اقلیم استپی سرد و قسمتی نیز در اقلیم مدیترانه‌ای گرم قرار می‌گیرد در حالیکه براساس نقشه بیوکلماتیک ایران قسمت اعظم منطقه در اقلیم نیم‌خشک سرد و قسمتی هم در اقلیم خشک سرد قرار می‌گیرد (رادفر، ۱۳۶۶).

آستانه و مناطق اطراف آن که قسمتی از شازند می‌باشند، جزو نواحی مرتفع و کوهستانی محسوب می‌شوند. بلندترین نقطه، قله کوه قرق در به ارتفاع ۲۹۵۰ متر و پست‌ترین نقطه شهرستان آستانه به ارتفاع ۲۰۰۰ متر نسبت به سطح دریا است. ارتفاع زیاد در آب و هوا مؤثر بوده و باعث گردیده تا آستانه آب و هوای سرد کوهستانی داشته باشد. بنابراین ریزش جوی در فصول سرد اکثراً از نوع برف است و اغلب کوههای منطقه تا اواسط بهار و حتی گاهی تا اوایل تابستان پوشیده از برف می‌باشند.

بر اساس اطلاعات بدست آمده از ایستگاه هواشناسی شازند گرمترین ماهها نیمه دوم خرداد تا حداکثر نیمه اول شهریور است و حداکثر دما برای این ماهها بین حدود ۳۲ تا ۳۶ درجه سانتیگراد متغیر است. دوره یخبندان نیز می‌تواند از نیمه دوم مهر تا نیمه اول فروردین باشد. دمای هوا در زمستان در آستانه بطور متوسط ۵- درجه سانتیگراد است و شبها تا حداقل ۲۰- درجه هم ممکن است برسد. ارتفاعات شازند از جمله پربراران ترین مناطق استان مرکزی هستند و از ذوب برفهای ارتفاعات آبهای روان و چشمه‌ها جاری می‌شوند.

### (۴-۱) رودخانه‌ها

از رودخانه‌های مهم منطقه می‌توان رودخانه‌های حاج‌علی‌اکبری و پرمه را نام برد. رودخانه حاج‌علی‌اکبری (شازند)، رودخانه‌ای دائمی و مسیر جریان آن از جنوب به شمال است. این



رودخانه در دو کیلومتری شمال شرق آستانه به رودخانه پرمه که رودخانه‌ای موقتی و منشعب از غرب-جنوب غرب است متصل می‌شود و رودخانه ازنا را تشکیل می‌دهند. رودخانه ازنا دارای بستر نسبتاً پهن بوده و اکثراً آبرفتهای آن از ماسه‌های گرانیتی می‌باشد. این رودخانه از نزدیک آستانه تا شازند بموازات راه آهن امتداد داشته و از غرب شازند می‌گذرد و به سمت شمال ادامه می‌یابد. منبع آب این دو رودخانه ندرتاً از ذوب برفهای واقع بر ارتفاعات گرانیتی تأمین می‌گردد. از رودخانه‌های مهم دیگر می‌توان رودخانه یزدجرد و تیره را نام برد که از روستای سروک- گوشه-دواریان-زاغه و ملحم در عبور می‌کنند.

حوضه آبرگیری این منطقه بعلت ارتفاع زیاد آن مستقل می‌باشد. در قسمت جنوب غربی و غرب بوسیله ارتفاعات تنوده آذرین، در قسمت شمال غربی و جنوب شرقی بوسیله تشکیلات دگرگونی و در قسمت شمال و شمال شرقی بوسیله یک سری تشکیلات آهکی مسندود و محدود می‌شود.

#### ۵-۱) کارهای انجام شده قبلی

- پایان نامه کارشناسی ارشد جعفر آقایی لنگرانی در دانشگاه تهران در سال ۱۳۵۱ تحت عنوان مطالعه کانیهای سنگین ناحیه آستانه اراک بوده است.
- گزارش مشاهدات زمین شناسی ناحیه بروجرد-شازند-ازنا تهیه شده در سال ۱۳۵۲ (بزبان انگلیسی) توسط تیله و سیدامامی بصورت گزارش داخلی سازمان زمین شناسی کشور (گزارش شماره ۲۷) وجود دارد طبق این گزارش سن قدیمیترین سنگهای منطقه شازند تریاس فوقانی-ژوراسیک است.
- چهار دانشجوی فرانسوی (P.Maurizot, B.Halbornn, J.Billiault, F.Berthier) رساله دکتری خود را در سال ۱۳۵۳ تحت عنوان چینه شناسی، سنگ شناسی و تکتونیک منطقه خرم‌آباد (بزبان فرانسه) نوشته‌اند که در آن درباره توده گرانیتی آستانه در محل سرسختی (جنوب آستانه) مطالعاتی انجام داده‌اند.

- گزارش مقدماتی زمین‌شناسی ورقه ۱:۵۰۰۰۰ شازند توسط محمدرضا سهندی، سیدجعفر حسینی دوست. جواد رادفر، محمد محجل در مهر ۱۳۶۳ بصورت گزارش داخلی گروه چینه‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور منتشر شده است.
- گزارش پایان مأموریت برداشت‌های زمین‌شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ شازند توسط محمدرضا سهندی، سیدجعفر حسینی دوست، جواد رادفر در آذر ۱۳۶۴ بصورت گزارش داخلی گروه چینه‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور منتشر شده است.
- پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد جواد رادفر در دانشگاه تهران در سال ۱۳۶۶ تحت عنوان بررسی‌های زمین‌شناسی و پترولوژی سنگهای گرانیتوئیدی ناحیه آستانه-گوشه بوده است که شامل نقشه ۱:۵۰۰۰۰ شازند است.
- سلیمان کوثری و محمدجواد شمسا در سال ۱۳۷۳ گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای ورق ۱:۱۰۰۰۰۰ شازند (به زبان انگلیسی) را به صورت گزارش داخلی سازمان زمین‌شناسی کشور منتشر کرده‌اند.
- رساله دکترای فریبرز مسعودی در دانشگاه لیدز انگلستان در سال ۱۳۷۶ با عنوان رخداد دگرگونی مجاورتی و پگماتیت در جنوب غرب اراک بوده است که در آن به توده نفوذی آستانه نیز اشاره شده است.
- پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهدی هاشمی در دانشگاه تربیت معلم در سال ۱۳۸۰ تحت عنوان نحوه کانی‌سازی احتمالی طلا در توده آذرین آستانه اراک بوده است.

#### ۱-۶) هدف و روش مطالعه

هدف اصلی این پایان‌نامه بررسی پترولوژی و ژئوشیمی توده آستانه با تکیه بر تجزیه‌های شیمیایی عناصر اصلی و کمیاب به منظور تعیین نوع گرانیت (انواع I, S) و مواد منشأ آن، تعیین محیط تکتونیکی و تحول و تکامل ماگمای سازنده این توده نفوذی می‌باشد. همچنین تهیه نقشه

زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۰۰,۰۰۰ با استفاده از عکسهای هوایی و داده‌های ماهواره‌ای و مطالعه  
هاله دگرگونی اطراف این توده از دیگر اهداف این پایان‌نامه می‌باشد.

برای رسیدن به اهداف ذکر شده، ابتدا مطالعات صحرایی در طی ۱۵ روز صورت گرفت سپس  
جهت بررسی توده نفوذی آستانه از مجموع ۱۵۰ نمونه سنگی تعداد ۱۰۰ مقطع نازک تهیه و به  
کمک میکروسکوپ پلاریزان مطالعه شد. به منظور مطالعات پترولوژی و ژئوشیمی تعداد ۱۵ نمونه  
در آزمایشگاه Activation Laboratories (Act Lab) کشور کانادا برای تشخیص و تعیین  
کمی عناصر اصلی و کمیاب به روش XRF و (ICP-MS) مورد تجزیه قرار گرفت. پس از اتمام  
مطالعات صحرایی، جهت تلفیق اطلاعات و از نرم افزارهای مختلفی استفاده شده است.

# فصل دوم

زمین شناسی عمومی