

۱۱۴۱۰۷



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه ی دکتری رشته ی زمین شناسی گرایش پترولوژی

پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی آستانه (پهنه ی سنندج - سیرجان)

استاد راهنما:

دکتر محمود خلیلی

پژوهشگر:

زهرا طهماسبی

اطلاعات درون جلد
تیمبر درک

۱۳۸۸ / ۴ / ۶

اردیبهشت ماه ۱۳۸۸

۱۱۴۸۰۷

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه ی دکتری رشته ی زمین شناسی گرایش پترولوژی زهرا طهماسبی تحت عنوان

پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی آستانه (پهنه ی سندرچ - سیرجان)

در تاریخ ۸۸/۱/۲۶ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

امضا

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر محمود خلیلی با مرتبه ی علمی دانشیار

امضا

۲- استاد مشاور پایان نامه با مرتبه ی علمی

امضا

۳- استاد داور داخل گروه دکتر موسی نقره ثیان با مرتبه ی علمی دانشیار

امضا

۴- استاد داور داخل گروه دکتر مرتضی شریفی با مرتبه ی علمی استادیار

امضا

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر علی اصغر سپاهی گرو با مرتبه ی علمی دانشیار

امضا

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر فریبرز مسعودی با مرتبه ی علمی استادیار

امضای مدیر گروه

سپاسگزاری

پروردگارا تو را سپاس می گویم که به من توفیق گام نهادن در عرصه علم و دانش را ارزانی داشتی و در این راه به من صبر عطا فرمودی.

اکنون که به اینجا رسیده ام بر خود واجب می دانم از کلیه اساتید بزرگواری که توفیق شاگردی در محضرشان را داشته ام تشکر و قدردانی کنم.

از استاد ارجمند و فرزانه جناب آقای دکتر محمود خلیلی که همواره از نظرات و راهنمایی هایشان بهره مند شده ام، تشکر و قدردانی می نمایم و از درگاه ایزد یکتا تندرستی ایشان را مسئلت دارم.

از استاد گرامی آقای دکتر محمد علی مکی زاده که گام به گام در تمامی مراحل صحرایی همراه من بودند صمیمانه و خالصانه سپاسگزاری می نمایم.

از تلاشهای صبورانه آقای دکتر احمد احمدی خلجی که در تمامی مراحل نگارش پایان نامه و نوشتن مقاله از مشاورت هایشان بهره مند شده ام قدردانی می نمایم.

زحمات بی شائبه اساتید پترولوژی گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان آقایان: دکتر ایرج نور بهشت، دکتر موسی نقره ثیان، دکتر قدرت ترابی، دکتر شریفی، دکتر طباطبایی، دکتر جبّاری را ارج می نهم.

از جناب آقای دکتر سپاهی و سرکار خانم دکتر ترکیان که الفبای سنگ شناسی را دانشگاه بوعلی سینا به من آموختند کمال تشکر را دارم.

از مدیران فعلی و سابق گروه زمین شناسی آقایان دکتر صفایی و دکتر وزیری قدردانی می کنم.

تلاشهای کارکنان این گروه آقای آروین، خانم ساکتی، خانم شاه پیری، خانم ابن نصیر، خانم سبک خیز و آقای صبوری را خالصانه ارج می نهم.

از دوستان عزیزم که از هیچ تلاشی برای به ثمر رسیدن این پایان نامه دریغ نکردند خانم ها میرحسینی، حسین خانی، زارعی فر، ستوده، آیتی، شبانین، خدای، شرافت، بهفروزی تشکر می نمایم.

در نهایت دعای خیر خانواده خود را که همواره مشوق و دلگرمی برایم بود را ارج می نهم. برگ برگ این تلاش ناچیز را به این عزیزان تقدیم می کنم باشد که قطره ای از دریای بیکران لطف و محبتشان را پاسخ گفته باشم.

خدایا چنان کن سرانجام کار

توخوشنود باشی و ما رستگار

تقدیم به:

همه عزیزانی که چون شمع سوختند تا ساخته شوم

از خود گذشتند تا باشم

و از درگاه احدیت خواستند تا رستگار شوم

چکیده

توده گرانیتوئیدی آستانه که بخشی از توده‌های نفوذی پهنه ی سنندج- سیرجان را تشکیل می دهد به طور عمده ای از کوارتز دیوریت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت و توده آپوفیز مانند ریوداسیتی تشکیل شده است.

مشاهدات صحرایی که مطالعات کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی را به‌مراه داشته نشان می‌دهد که ماگمای سازنده این توده از نوع I، کالک‌آلکان و غنی از پتاسیم (پتاسیک) بوده و از نظر درجه اشباع از آلومینیم (ASI^1) متآلومین تا کمی پرآلومین می‌باشد.

شواهد ژئوشیمی ایزوتوپی ($^{87}Sr/^{86}Sr$)_(i) = ۰/۷۰۸۴ - ۰/۷۰۷۸ و $\epsilon Nd_t = -۶/۱۳$ تا $-۵/۳۹$ و عناصر نادر خاکی و کمیاب (به عنوان مثال غنی‌شدگی عناصر LILE در مقایسه با HFSE ها) بیانگر آنست که ماگمای اولیه از پوسته زیرین و احتمالاً بر اثر ذوب بخشی پروتولیت‌های مختلف بوجود آمده است و ماگماهای بازالتی حاصل از گوشته محتمل‌ترین منشأ گرمایی برای ذوب بخشی بوده‌اند. متعاقب آن تبلور تفریقی مذاب‌ها در سطوح بالاتر پوسته، تشکیل واحدهای مختلف سنگ‌شناسی را سبب گردیده است.

معیارهای محاسباتی برای تمایز گرانیتوئیدهای کوهزایی از غیر کوهزایی که بر روی پارامترهای معرفی شده انجام گرفته است، نشان می‌دهد که این توده با داشتن $R > 0$ مشخصه گرانیتوئیدهای کوهزایی را دارا می‌باشد.

مدلی که می‌تواند برای منشا سنگ‌های آستانه پیشنهاد شود ذوب پروتولیت پوسته با ترکیب آمفیبولیت و رسوبات است. انکلاوهای دیوریتی واقع در گرانودیوریت آستانه ممکن است به عنوان بخش‌هایی از یک منبع دیوریتی یا کومولا باشد که از یک ماگمای دیوریتی نشأت گرفته اند.

روابط صحرایی واحد‌های این توده و نیز ویژگی‌های ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی نشان می‌دهند که این توده از نوع گرانیت‌های قوس آتشفشانی (VAG) مرتبط با حاشیه فعال قاره‌ای است و گمان می‌رود که در پیوند با پدیده فرورانش ورقه اقیانوسی نئوتتیس به زیر ورقه قاره‌ای پلاتفرم ایران در طی زمان ژوراسیک میانی حاصل شده است. این نتایج با ایده رایج مبنی بر وجود قوس ماگمایی کالک‌آلکان سنندج- سیرجان در حاشیه فعال ایران مرکزی در زمان مزوزوئیک سازگار می‌باشد.

کلید واژه‌ها: سنندج - سیرجان، گرانودیوریت، کالک‌آلکان، متآلومین، تبلور تفریقی، نئوتتیس

¹ Aluminium saturation index

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات و زمین‌شناسی عمومی

۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی	۱
۳-۱	آب و هوا	۲
۴-۱	زمین ریخت‌شناسی	۳
۵-۱	تاریخچه مطالعات پیشین	۴
۶-۱	اهداف مطالعه	۶
۷-۱	روش‌های مطالعه	۶
۸-۱	زمین‌شناسی عمومی	۷
۱-۸-۱	زمین‌شناسی پهنه سنندج-سیرجان	۷
۲-۸-۱	چینه‌شناسی زون سنندج-سیرجان	۱۲
۳-۸-۱	چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه	۱۳
۴-۸-۱	زمین‌شناسی ساختاری و تکتونیک	۱۶
۹-۱	گسل‌ها	۱۷
۱۰-۱	ماگماتیزم	۱۷
۱۱-۱	سنگ‌های دگرگونی	۱۸
۱۲-۱	نتیجه‌گیری	۱۹

فصل دوم: ویژگی‌های صحرایی و پتروگرافی سنگ‌های آذرین و دگرگونی

۱-۲	مقدمه	۲۰
۱-۲	پتروگرافی و توصیف صحرایی سنگ‌های آذرین	۲۰
۱-۱-۲	واحد گرانودیوریت	۲۰
۲-۱-۲	واحد کوارتزیدیوریت	۲۳
۳-۱-۲	واحد مونزوگرانیت	۲۶
۴-۱-۲	ساب ولکانیک‌ها	۲۸
۵-۱-۲	انکلاوها	۳۰

فصل سوم: شیمی کانی ها

۳۶	۱-۳ مقدمه
۳۷	۲-۳ آمفیبول
۳۸	۱-۲-۳ رده بندی آمفیبول
۴۲	۲-۲-۳ ژئوترموبارومتری آمفیبول
۴۴	۳-۲-۳ دماسنجی پلازیوکلاز هورنبلند
۴۵	۴-۲-۳ فوگاسیته اکسیژن
۴۶	۳-۳ بیوتیت
۴۷	۱-۳-۳ رده بندی بیوتیت ها
۴۷	۱-۱-۳-۳ ترکیب بیوتیت های مورد مطالعه بر اساس اسپیر
۴۸	۲-۱-۳-۳ رده بندی ریدر و همکاران
۴۹	۳-۱-۳-۳ رده بندی فوستر
۵۰	۴-۱-۳-۳ رده بندی نوکولدز
۵۰	۲-۳-۳ پتروژنز گرانیته ها بر اساس ترکیب بیوتیت
۵۱	۱-۲-۳-۳ پرآلومینه بیوتیت و سنگ مادر
۵۲	۳-۳-۳ تعیین سری ماگمایی توده آستانه با استفاده از ترکیب بیوتیت
۵۲	۱-۳-۳-۳ رده بندی ناشیت
۵۳	۲-۳-۳-۳ رده بندی عبدالرحمن
۵۵	۴-۳ اورتوپیروکسن
۵۶	۵-۳ شیمی فلدسپارها
۵۷	۶-۳ تعیین فوگاسیته اکسیژن در واحد کوارتز دیوریت
۵۸	۷-۳ نتیجه گیری

فصل چهارم: روش کار، ژئوکرونولوژی و ژئوشیمی ایزوتوپی

۵۹	۱-۴ مقدمه
۵۹	۲-۴ روش های آماده سازی نمونه برای آنالیز XRF
۶۰	۳-۴ روش های آماده سازی نمونه برای آنالیز ICP-MS

- ۴-۴ سن توده ی آستانه و کمپلکس بروجرد ۶۱
- ۴-۵ داده‌های ایزوتوپی Rb-Sr و Sm-Nd ۶۴
- ۴-۶ ایزوتوپ‌های رادیوژنیک در پتروژنز ۶۵
- ۴-۷ نتیجه‌گیری ۶۹

فصل پنجم: پترولوژی و ژئوشیمی عناصر اصلی و کمیاب

- ۵-۱ مقدمه ۷۰
- ۵-۲ طبقه بندی سنگ های مورد مطالعه ۷۰
- ۵-۲-۱ رده بندی شیمیایی میدلموست (۱۹۸۵) ۷۱
- ۵-۲-۲ رده بندی شیمیایی دولاروش (۱۹۸۰) ۷۱
- ۵-۲-۳ رده بندی شیمیایی کاکس و همکاران (۱۹۷۹) و ویلسون (۱۹۸۹) ۷۲
- ۵-۲-۴ رده بندی شیمیایی دوبون و لوفور (۱۹۸۳) ۷۳
- ۵-۲-۵ رده بندی چند کاتیونی A-B دوبون و لوفور ۷۴
- ۵-۳ نمودارهای تغییر ترکیب ۷۶
- ۵-۴ تعیین سری ماگمایی ۸۲
- ۵-۴-۱ نمودار مجموع آلکالن - سیلیس ۸۲
- ۵-۴-۲ نمودار K_2O در مقابل SiO_2 ۸۲
- ۵-۴-۳ شاخص اشباع از آلومینیم (ASI) ۸۳
- ۵-۵ ژئوشیمی عناصر نادر خاکی (REEs) و کمیاب ۸۴
- ۵-۶ نتیجه گیری ۹۲

فصل ششم: خاستگاه و ویژگی های تکتونیکی

- ۶-۱ مقدمه ۹۳
- ۶-۲ تعیین نوع گرانیت‌ها ۹۳
- ۶-۳ جایگاه تکتونوماگمایی ۹۶
- ۶-۳-۱ عناصر اصلی ۹۶
- ۶-۳-۲ عناصر کمیاب ۱۰۳
- ۶-۴ تقسیم بندی پیچر و باربارین ۱۰۸
- ۶-۵ پتروژنز و منشأ ماگمایی ۱۱۰

۱۱۴.....	۶-۶ تشکیل گرانودیوریت ها و مونزوگرانیت ها بوسیله ذوب بخشی
۱۲۲.....	۵-۶ الگوی تکتونوماگمایی جایگیری.....
۱۲۵.....	۶-۶ نتیجه گیری.....
فصل هفتم: خلاصه و نتیجه گیری	
۱۲۶.....	۱-۷ زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.....
۱۲۶.....	۲-۷ مطالعات پتروگرافی و مشاهدات صحرایی.....
۱۲۸.....	۳-۷ شیمی کانی ها.....
۱۲۹.....	۴-۷ ژئوکرونولوژی و ژئوشیمی ایزوتوپی.....
۱۲۹.....	۵-۷ پتروژنز.....
۱۲۸.....	پیوست ها.....
۱۴۶.....	منابع و مأخذ.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های دسترسی به آن.....	۳
شکل ۲-۱ دور نمایی کلی از ارتفاعات گرانیتوئیدی در منطقه مورد مطالعه.....	۴
شکل ۳-۱ موقعیت منطقه آستانه در نقشه زمین شناسی ایران.....	۸
شکل ۴-۱ موقعیت تکتونیکی پهنه های تکتونوماگمایی غرب ایران (محجل وهمکاران، ۲۰۰۳).....	۱۰
شکل ۵-۱ نقشه ساده شده‌ای از زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.....	۱۴
شکل ۶-۱ جدید ترین تصویر ماهواره ای از منطقه مورد مطالعه.....	۱۵
شکل ۱-۲ تصاویر صحرایی و میکروسکپی از واحد گرانودیوریت.....	۲۳
شکل ۲-۲ تصاویر صحرایی و میکروسکپی از واحد کوارتزیدیوریت.....	۲۵
شکل ۳-۲ تصاویر صحرایی و میکروسکپی از واحد مونزوگرانیت.....	۲۷
شکل ۴-۲ تصاویر صحرایی و میکروسکپی از ساب ولکانیک های منطقه.....	۲۹
شکل ۵-۲ نمایی از انکلاوها در توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه.....	۳۱
شکل ۶-۲ تصاویر میکروسکپی از انکلاوهای منطقه مورد مطالعه.....	۳۳
شکل ۷-۲ تصاویر میکروسکپی از بافت های انکلاوها که نشانگر اختلاط ماگمایی اند.....	۳۵
شکل ۱-۳ تصاویر آنالیز مایکروپروب از آمفیبول در سنگ های آستانه.....	۴۰
شکل ۲-۳ تقسیم بندی انواع آمفیبول آستانه بر اساس لیک، ۱۹۹۷.....	۴۱
شکل ۳-۳ محاسبه تقریبی دما و فشار در سنگ های آستانه.....	۴۳
شکل ۴-۳ نمودار Al^{IV} در برابر $Fe/(Fe+Mg)$ از اشمیت (۱۹۹۲).....	۴۶
شکل ۵-۳ طبقه‌بندی شیمیایی میکاهای توده مورد مطالعه (اسپیر، ۱۹۸۴).....	۴۸
شکل ۶-۳ طبقه‌بندی شیمیایی میکاهای توده مورد مطالعه (ریدر و همکاران، ۱۹۹۸).....	۴۸
شکل ۷-۳ طبقه‌بندی شیمیایی میکاهای توده مورد مطالعه (فوستر، ۱۹۶۰).....	۴۹
شکل ۸-۳ طبقه‌بندی شیمیایی میکاهای توده مورد مطالعه (نوگولدز، ۱۹۴۷).....	۵۰
شکل ۹-۳ درجه اشباع از آلومینیم بیوتیت های مورد مطالعه در مقابل سنگ میزبان.....	۵۲
شکل ۱۰-۳ تعیین سری ماگمایی گرانیتوئیدهای مورد مطالعه (ناشیت، ۱۹۸۶).....	۵۳
شکل ۱۱-۳ تعیین سری ماگمایی گرانیتوئیدهای مورد مطالعه (عبدالرحمن، ۱۹۹۴).....	۵۴
شکل ۱۲-۳ تعیین سری ماگمایی گرانیتوئیدهای مورد مطالعه بر اساس شیمی اورتوپیروکسن.....	۵۶
شکل ۱-۴ نمودار همبستگی ایزوتوپی $\epsilon Nd(t)$ در مقابل $(^{87}Sr/^{86}Sr)_t$	۶۸

- شکل ۵-۱ نمودار مجموع آلكالن - سيليس (ميدلموست، ۱۹۸۵) ۷۱
- شکل ۵-۲ نمودار R_1 و R_2 دولاروش (۱۹۸۰) ۷۲
- شکل ۵-۳ نمودار SiO_2 در مقابل مجموع آلكالی (كاس و همكاران، ۱۹۷۹؛ ويلسون، ۱۹۸۹) ۷۳
- شکل ۵-۴ رده‌بندی دوبون و لوفور (۱۹۸۳) ۷۴
- شکل ۵-۵ رده بندی چند کاتیونی دیون و لوفور ۷۵
- شکل ۵-۶ موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار تغییرات عناصر اصلی در مقابل SiO_2 ۷۷
- شکل ۵-۷ موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار تغییرات عناصر کمیاب در مقابل SiO_2 ۷۸
- شکل ۵-۸ الف: نمودار تغییرات Sr در مقابل CaO. ب Rb در مقابل K_2O ۷۹
- شکل ۵-۹ نمودار لگاریتمی عناصر سازگار در مقابل عناصر ناسازگار برای نمونه‌های مورد مطالعه ۸۰
- شکل ۵-۱۰ الف: نمودار Zr/Nb در مقابل SiO_2 ب: La/Th در مقابل TiO_2 و ج: Mg# در مقابل Ni ۸۱
- شکل ۵-۱۱ الف: نمودار Rb در مقابل TiO_2 ب: Ba/Rb در مقابل Sr/Rb (اتامندی و همکاران ۱۹۹۸) ۸۲
- شکل ۵-۱۲ الف: نمودار تفکیک آلكالی - ساب آلكالی و ب: نمودار K_2O در مقابل SiO_2 ۸۳
- شکل ۵-۱۳ نمودار A/NK در مقابل A/CNK ۸۴
- شکل ۵-۱۴ الگوهای REEs عادی شده به کندریت (ناکامورا، ۱۹۷۴) ۸۸
- شکل ۵-۱۵ نمودار عنکبوتی فراوانی عناصر کمیاب عادی شده به کندریت (تامپسون، ۱۹۸۲) ۸۹
- شکل ۵-۱۶ نمودار عنکبوتی فراوانی عناصر کمیاب عادی شده به کندریت در محیط‌های مختلف ۹۱
- شکل ۶-۱ نمودار P_2O_5 در مقابل SiO_2 ۹۵
- شکل ۶-۲ روند تغییرات Th در مقابل SiO_2 ۹۵
- شکل ۶-۳ نمودار Na_2O در مقابل K_2O ۹۵
- شکل ۶-۴ تمایز انواع گرانیوئیدهای کوهزایی و غیرکوهزایی بر اساس پارامترهای چند کاتیونی R_1 و R_2 ۹۹
- شکل ۶-۵ نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی گرانیوئیدها (سahین و همکاران، ۲۰۰۴) ۱۰۰
- شکل ۶-۶ نمودار SiO_2 در مقابل ضریب آگپائیتیک (لیگویز و بلک، ۱۹۸۷) ۱۰۰
- شکل ۶-۷ نمودار $FeO/(FeO+MgO)$ در مقابل SiO_2 (فراست و همکاران، ۲۰۰۱) ۱۰۱
- شکل ۶-۸ نمودار $FeO/(FeO+MgO)$ در مقابل SiO_2 بر اساس گرانیت‌های کردیلرن ۱۰۲
- شکل ۶-۹ نمودار $FeO/(FeO+MgO)$ در مقابل SiO_2 بر اساس گرانیت‌های کالدونین ۱۰۳
- شکل ۶-۱۰ نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی گرانیوئیدها (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴) ۱۰۴
- شکل ۶-۱۱ نمودار La/Yb در مقابل Th/Yb (کوندی، ۱۹۸۹) ۱۰۵
- شکل ۶-۱۲ نمودار نسبت لگاریتمی Th/Yb بر روی نسبت لگاریتمی Ta/Y (شاندل و گورتن، ۲۰۰۲) ۱۰۶

عنوان

صفحه

- شکل ۶-۱۳ نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها (سahین و همکاران ، ۲۰۰۴) ۱۰۶
- شکل ۶-۱۴ جایگیری نمونه های مورد مطالعه در نمودار Str/Y در برابر y (درومونت و دفانت ۱۹۹۰) ۱۰۷
- شکل ۶-۱۵ دیاگرام $(Nb/Zr)N$ در مقابل Zr ماگمایی قرار می گیرند (تیللمونت و تیگی ۱۹۹۴) ۱۰۸
- شکل ۶-۱۶ ویژگی گرانیت آستانه بر اساس رژیم تکتونیکی پیچر ۱۹۹۳، ۱۹۸۳ و باربارین ۱۹۹۰ ۱۰۸
- شکل ۶-۱۷ نمودار قرار گیری نمونه های آستانه در نمودارهای ذوب بخشی ۱۱۲
- شکل ۶-۱۸ نمودار Al_2O_3 در مقابل SiO_2 ۱۱۴
- شکل ۶-۱۹ نمودار P-T ذوب بخشی دیوریت آستانه بر اساس برنامه الگوریتمی ۱۲۱
- شکل ۶-۲۰ الگوی تکتونیکی تشکیل گرانیت های آستانه در یک محیط مرتبط با قوس قاره ای ۱۲۱

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱ زمین‌ساخت زون سنندج- سیرجان	۱۱
جدول ۴-۱۱ داده‌های ایزوتوپی Rb-Sr از توده گرانیتوئیدی آستانه و بروجرد	۶۳
جدول ۴-۲ نتایج تعیین سن U-Pb زیرکن نمونه‌های توده‌های نفوذی آستانه و بروجرد	۶۴
جدول ۴-۳ داده‌های ایزوتوپی Sm-Nd و Rb-Sr از توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه	۶۶
جدول ۴-۴ مشخصات ایزوتوپی منابع پوسته‌ای و گوشته‌ای	۶۸
جدول ۶-۱ ضرایب و اعداد ثابت جهت تفکیک گرانیت‌های کوهزایی از غیرکوهزایی	۹۸
جدول ۶-۲ نتایج محاسبات انجام شده Di و R برای سنگ‌های مورد مطالعه	۹۸
جدول ۶-۳ نتایج ۳۰/۲۱ درصد مذاب در حرارت ۸۷۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۸ کیلوپار	۱۱۵
جدول ۶-۴ نتایج بدست آمده باقیمانده رستیتی همراه با نتایج بدست آمده در جدول ۶-۳	۱۱۶
جدول ۶-۵ متوسط مقادیر رستیت بر اساس نمونه بدون آب	۱۱۷
جدول ۶-۶ داده‌های بازسازی شده بر اساس ترکیب بدون آب در شرایط دما و فشار متفاوت	۱۱۷

فصل اول

کلیات و زمین‌شناسی عمومی

۱-۱: مقدمه

در این فصل دو بخش مورد مطالعه قرار می‌گیرد: بخش نخست به معرفی اجمالی منطقه که در برگیرنده موقعیت جغرافیایی، شرایط اقلیمی و پوشش گیاهی، زمین ریخت‌شناسی منطقه، تاریخچه مطالعات پیشین، اهداف و روش‌های مطالعه است، می‌پردازد و در بخش دوم زمین‌شناسی عمومی شامل زمین‌شناسی و چینه‌شناسی زون سنندج- سیرجان و نیز زمین‌شناسی ساختاری و تکتونیک شامل فازهای کوهزایی و گسل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و در انتها ماگماتیسم و دگرگونی این منطقه به بحث گذاشته خواهد شد.

۲-۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی

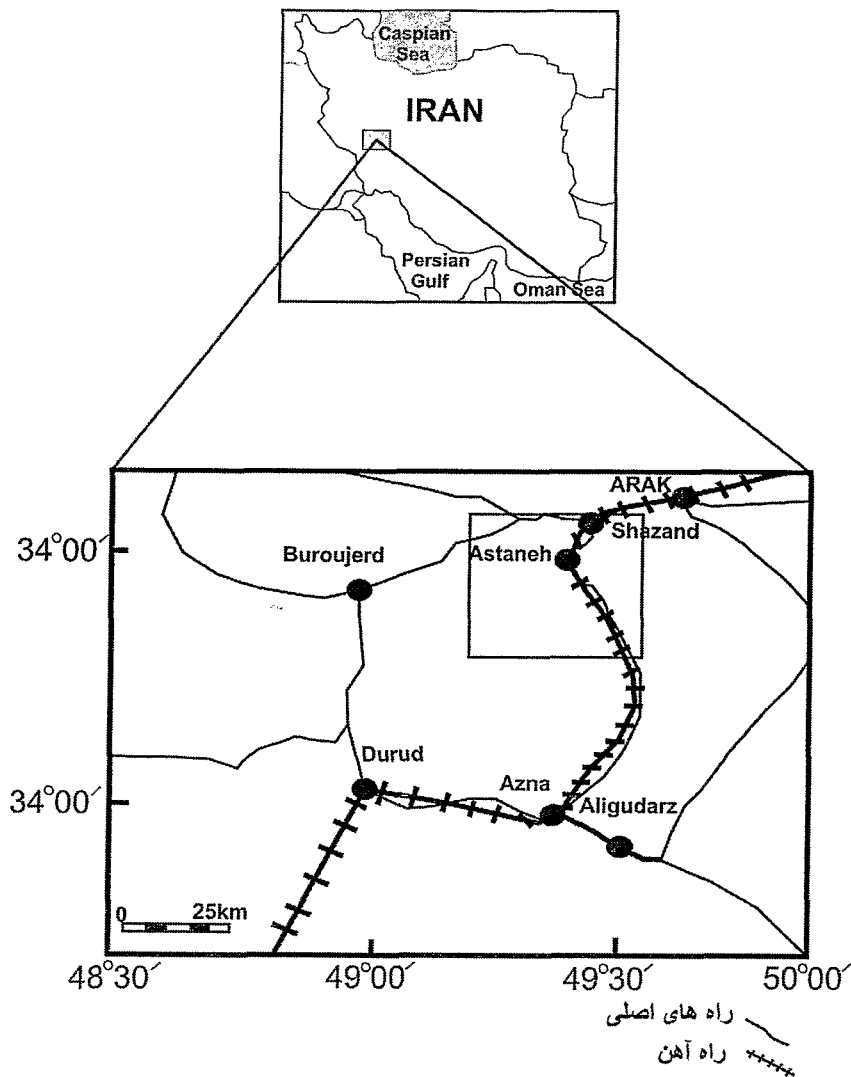
منطقه مورد مطالعه در استان مرکزی، در فاصله ۴۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان اراک و ۶ کیلومتری جنوب شازند بین طول‌های جغرافیایی ۱۷' ۴۹° تا ۲۲' ۴۹° شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۴۶' ۳۳° تا ۵۴' ۳۳° شمالی با وسعت تقریبی ۳۰ کیلومتر مربع واقع گردیده است.

با وجود جاده ها و راه‌های شنی دسترسی به منطقه به سهولت انجام می‌گیرد. جاده آسفالت‌ه‌ ازنا- شازند و راه آهن تهران- جنوب در قسمت شرقی و جنوب شرقی، همچنین جاده آسفالت‌ه اراک به بروجرد و خرم آباد از طرف شمال غرب و جاده آسفالت‌ه درود- خرم آباد از گوشه جنوب غربی آستانه می‌گذرد. از این جاده‌ها، راه‌های فرعی زیادی به سوی منطقه مورد نظر منشعب می‌شود که اکثراً خاکی و شن‌ریزی شده و از نوع راه‌های شوسه‌ای درجه یک هستند. این راه‌ها ارتباط روستاهای منطقه را با یکدیگر و با شهرها امکان‌پذیر می‌سازند. یکی از این جاده‌های فرعی از آبادی‌های سرسختی - پاکل - چال هما، که توده نفوذی آستانه را در مسیر خود دارند، می‌گذرد. این راه‌ها دسترسی به منطقه مورد مطالعه را امکان‌پذیر می‌سازند (شکل ۱-۱).

۱-۳: آب و هوا

منطقه مورد مطالعه از پرباران‌ترین نواحی استان مرکزی است. آب و هوای سرد کوهستانی از ویژگی‌های طبیعی مناطق آستانه و شازند است و شازند (سربند) سردترین شهرستان استان مرکزی است. اختلاف گرمای هوا در فصول گرم و سرد 56° درجه سانتی‌گراد است به طوری که حداقل حرارت 18° درجه سانتی‌گراد زیر صفر در اواخر دی ماه و حداکثر 37° الی 38° درجه سانتی‌گراد بالای صفر در مرداد ماه می‌باشد. تنوع آب و هوایی مناطق مذکور از گرم و مرطوب حاره‌ای تا سرد و کوهستانی تغییر می‌کند و نزولات جوی غالباً به صورت باران‌های شدید در فصل بهار و به صورت برف در فصول پاییز و زمستان می‌باشد. میزان بارندگی سالانه در این مناطق بین ۴۰۰-۸۰۰ میلیمتر متغیر است.

به علت میزان بالای بارندگی سالیانه پوشش گیاهی در دو منطقه شازند و آستانه مطلوب می‌باشد که به صورت بوته، درختچه و درخت نمایان است. این پوشش گیاهی نقش مهمی در جلوگیری از فرسایش خاک دارد اما در پاره‌ای موارد به دلیل چرای بی‌رویه دامها، فراوانی گیاهی کمتر قابل رویت است. در این منطقه فعالیت کشاورزی که بخش عمده نیاز مواد غذایی روستائیان را تامین می‌کند، رونق بسزایی دارد.



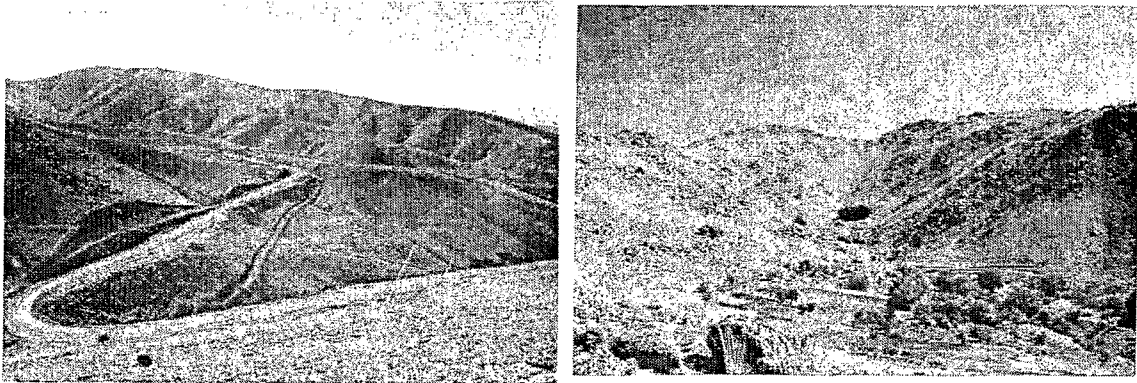
شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن.

محصولات کشاورزی این منطقه بیشتر گندم، جو، چغندر قند و سویا می باشد و باغ‌های انگور و گلابی نیز بطور پراکنده دیده می‌شود. آب مورد نیاز زمین‌های زراعی بطور عمده از چشمه‌ها، آبراهه‌ها و رودخانه‌های کوچک تأمین می‌شود.

۱-۴: زمین ریخت‌شناسی منطقه

عوامل مختلفی در ساختار ریخت‌شناسی هر ناحیه تاثیر گذار می باشد که مهمترین آن‌ها لیتولوژی آن ناحیه، زمین ساخت منطقه و نیز آب و هوا می باشد. منطقه مورد مطالعه را ارتفاعات بلند تا دشت‌های مسطح می پوشاند (شکل ۱-۲). بلند ترین نقطه در نقشه توپوگرافی شازند کوه قرق با ارتفاع ۲۹۵۰ متر و کم ارتفاع ترین نقطه آن

شهرستان آستانه با ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریاست. هورنفلس ها که در حاشیه توده واقع شده اند پایدارترین مناطق و گرانیتوئید ها به صورت تپه ماهوری مشاهده می گردند و توسط نهشته های عهد حاضر پوشانده شده است.



شکل ۱-۲: دور نمایی کلی از ارتفاعات گرانیتوئیدی در منطقه مورد مطالعه (دید به سمت شرق).

۱-۵: تاریخچه مطالعات پیشین

توده گرانیتوئیدی آستانه در پهنه سندج-سیرجان قرار دارد و بنابراین مطالعاتی که بر روی این زون صورت گرفته، غالباً به نحوی با این توده گرانیتوئیدی در ارتباط است. در زیر به بررسی ها و مطالعاتی که تا کنون در منطقه مورد مطالعه و حوالی آن انجام گرفته اشاره کوتاهی می شود:

- آقای لنگرانی (۱۳۵۱) پایان نامه کارشناسی ارشد خود را با عنوان مطالعه کانی های سنگین ناحیه آستانه اراک در دانشگاه تهران ارائه نموده و مقاله ای از نامبرده و ایران پناه در نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران در اسفند ماه ۱۳۵۱ به چاپ رسیده است.
- تیله و سیدامامی^۱ (۱۹۶۸) مشاهدات زمین شناسی خود را در ناحیه بروجرد-شازند به صورت مقاله ای ارائه نمودند که به صورت گزارش داخلی در سازمان زمین شناسی موجود است.

¹ Thiele and Seyed-Emami

- اولین مطالعات سیستماتیک و کامل در سال ۱۹۷۴ توسط برتیه و همکاران^۱ در قالب رساله دکتری تحت عنوان چینه‌شناسی، پترولوژی و تکتونیک چهار گوش خرم‌آباد انجام گرفته‌است که در آن درباره توده گرانیتی آستانه در محل سرسختی (جنوب آستانه) نیز مطالعاتی صورت گرفته است.
- رادفر (۱۳۶۶) پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود را با عنوان بررسی‌های زمین‌شناسی و پترولوژی سنگ‌های گرانیتوئیدی ناحیه آستانه- گوشه ارائه داده و نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ از قسمت جنوب شرق منطقه تهیه نموده‌است. ایشان سن گرانیت‌های آستانه را ۷۰ تا ۷۵ میلیون سال (کرتاسه فوقانی) و آنها را ادامه گسترش گرانیت‌های همدان به سمت جنوب و همسن آنها می‌داند و از نظر خصوصیات ژئوشیمیایی توده آستانه را مطالعه نموده است.
- فرهادیان (۱۳۷۰) ژئوشیمی و کانی‌شناسی کانسار تنگستن نظام‌آباد واقع در ۴۶ کیلومتری آستانه را مورد بررسی قرار داده و نقشه ۱:۵۰۰۰ این منطقه را تهیه نموده‌است.
- ولی‌زاده (۱۳۷۱) (در کتاب پترولوژی تجربی و تکتونیک کلی) طی مقاله‌ای تحت عنوان گرانیتوئیدها و مسئله تحول پوسته‌ای در غرب ایران تعدادی از توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی را از جنبه‌های مختلف مورد بحث و بررسی قرار داده‌است که توده گرانیتوئیدی آستانه یکی از آنها می‌باشد.
- محجل^۲ (۱۹۹۷) رساله دکتری خود را در مورد تحولات ساختاری و تکتونیک پهنه دورود-ازنا ارائه نموده‌است.
- مسعودی^۳ (۱۹۹۷) در رساله دکتری خود مسئله دگرگونی مجاورتی و ایجاد پگماتیت‌های موجود در منطقه را مورد بررسی قرار داده‌است.
- عزیزپور مغوان (۱۳۷۸) پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود را با عنوان ژئوشیمی، کانی‌شناسی و ژنز اثرهای معدنی تنگستن اسکارنی بامسر و رگه‌ای روش و مقایسه آنها با کانسار تنگستن نظام‌آباد (شازند اراک) ارائه نموده‌است.
- سهندی و همکاران نقشه زمین‌شناسی برگه: ۱:۱۰۰۰۰۰۰ شازند را در سال ۱۳۸۵ تهیه نموده‌اند.
- رشید مقدم (۱۳۸۶) پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود را با عنوان پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتی آستانه (جنوب غرب اراک) و دگرگونی مجاورتی آن را مورد مطالعه قرار داده است.

¹ Berthier et al

² Mohajjel

³ Masoudi