





دانشگاه سوادکوه

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

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

پترولوژی و ژئوشیمی سنگهای آذرین درونی دگرگون شده کوه ارغون،

جنوب غرب ماهنشان

تحقیق و نگارش

صمد بهنام

اساتید راهنما

دکتر محسن مؤذن

دکتر محمد ابراهیمی

استاد مشاور

دکتر رباب حاجی علی اوغلی

بهمن ماه ۱۳۹۰

تقدیم بہ مولانا امام انس و جان

محمد بن احسن (عج)

تقدیم به دو خورشید آسمان زندگیم

پدر و مادر عزیزم

سپاس و درود بی پایان پروردگاری را سزااست که با قدرت بی اتهمانی خود عالم وجود را با لفظ مقدس کن پرست. سپاس بزرگوار می که انبهای عشق و معرفت بر لوح دل محاشن و حرکاتشان در سامای تلخ چرخانی شد که گذر از راه پر نشیب زندگی و سلام و درود بر فرستاکان گرامی اش، بویژه خاتم آمان و عترت پاکش خاندن حضرت صاحب الامر (عج)، باد که با چراغ هدایت، راه بشیرت را بر سوی کمال و سعادت فزودان ساختند.

اکنون که توفیق الهی و سپیدی از نور علم را بر قلب عشقناکم تلمیذ و توانستم با لطف پروردگار عظیم ایشان قدیمی در راه تحقیق و دانش اندوزی بردارم بر خود فرض می دانم که از زحمات تام استادی که حکم را به نوعی یاری کرده در عمل این بارگران بودم تقدیر و مکتور بنمایم.

تحت از استادی رابنهای بزرگوار نام جناب آقای دکتر ابراهیمی و دکتر محسن مؤذن که بنواره با صبر و سکیمایی خودشان در انجام حرچه پر بارترین پیمان نامه را بنامم بودند و در باغ بدایتان، بخواره بر رویم باز بود و شناخت سره از ناسره از نکته دانی های ایشان بسیار بهره مند شدم، قدر دانی می کنم.

از سرکار خانم دکتر باب حاجی علی اوغلی که زحمت مشاوره این پیمان نامه را پذیرفته اند و از نظرات صائب ایشان بهره مند گردیدم تقدیر و مکتور می نمایم.

از جناب آقای دکتر جواد دینویدار و دکتر مراد اوادوی که داوری این پیمان نامه را قبول و نظرات ارزشندی را ارائه نمودند نهایت قدر دانی را دارم.

از تمامی استادی محترم که در زمین شناسی علی الخصوص جناب آقای دکتر علی حاج ابوالفتح که در طول دوران تحصیل از محضر ایشان کسب علم نموده و از رابنهای های ارزنده شان بهره مند شدم و از دیر محترم گروه زمین شناسی جناب آقای دکتر حسین کوبستانی به خاطر گماهی بی درنشان علی الخصوص به عنوان نیانده تحصیلات تکمیلی جسمی مکتور می نمایم.

از ریاست محترم سابق دانشکده علوم آقای دکتر عباسی کاکلکان و پرسنل محترم دانشکده علوم بویژه مسئول محترم کتابخانه، مهندس رستمی خانم حضرتی، خانم مهدی، خانم موسوی ساکلزارم.

از دوستان عزیزم احمد صحتی، محمد اسین الماسی، محسن مهرم نژاد، مجتبی صداقتی، صداوق صفر نژاد، عداول سرخوشی و رسول اسماعیلی به خاطر برابری سسینا در عملیات سحرایی و مدار مراسل پژوهش پیمان نامه تقدیر و مکتور می نمایم.

از دوستان و مجلسی های عزیزم آقایان دولتیاری، محمد کول، مجیدی و خانما زارعی، نوروزی، اشرفی، یوسف پور، قلی نژاد و محمد خانی مکتور و قدر دانی می کنم.

در پیمان نیات پاسم را تقدیر می به عزیزانی که بی نشان بیچم، با عطر افشانیشان از عطر افشانی های گلمانی نیازم، نیاز من به بوسیدن دستهای سخاوتمند و مهربانیشان و دیدن دعای خیرشان، تسم، پدر و ماد، برادران و خواهر عزیزم. و همچنین از زحمات محترم در طول مکارش این پیمان نامه ساکلزارم.

صید بنام

بهمن ۱۳۹۰

نام خانوادگی دانشجو: بهنام		نام: صمد	
عنوان پایان نامه: پترولوژی و ژئوشیمی سنگهای آذرین درونی دگرگون شده کوه ارغون، جنوب غرب ماهنشان			
استاد راهنما: دکتر محمد ابراهیمی و دکتر محسن مؤذن			
استاد مشاور: دکتر رباب حاجی علی اوغلی			
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: زمین شناسی	گرایش: پترولوژی	دانشگاه: زنجان
دانشکده: علوم	فارغ التحصیل: ۹۰/۱۱	تعداد صفحات: ۱۲۷	
کلید واژه‌ها: گابرو- گابرو دیوریت، رخساره شیست سبز-آمفیبولیت، کاک آلکان، متآلومینوس، فرورانش، ماگمای حاشیه قاره‌ای، کوه ارغون			
<p>منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب ماهنشان، شمال غرب ایران ما بین طول های جغرافیایی "۱۴' ۱۹' ۴۷° و "۴۴' ۲۲' ۴۷° شرقی و عرض های جغرافیایی "۰۳' ۳۷' ۳۶° و "۵۴' ۳۷' ۳۶° شمالی واقع شده است. این منطقه در تقسیم بندی زون های ساختاری ایران جزء ایران مرکزی می باشد.</p> <p>توده نفوذی مورد مطالعه به سن ژوراسیک به داخل سنگ های پرکامبرین منطقه تزریق شده است. براساس بررسیهای پتروگرافی، ترکیب اصلی توده گابرو دگرگون شده می باشد که با سنگ های دگرگونی اسکارن، آمفیبولیت و بیوتیت-مسکویت-کلریت شیست احاطه شده است. کانیهای اصلی تشکیل دهنده گابروها پلاژیوکلاز، پیروکسن، و آمفیبول می باشد. بافت اصلی سنگ پرفیروبلاستیک بوده و بافتهای اینترگرانولار و گلومروپرفیریک در آن قابل مشاهده است. اسکارن شامل گارنت، کلسیت و کوارتز می باشد. بافت اصلی اسکارن پرفیروبلاستیک و پوئی کیلوبلاستیک می باشد. بیوتیت-مسکویت-کلریت شیست شامل کلریت، بیوتیت، مسکویت و کوارتز می باشد. برگوارگی فاصله دار از خصوصیات بارز این سنگ ها می باشد. آمفیبولیت شامل پلاژیوکلاز، هورنبلند، اپیدوت و کوارتز می باشد. بافت اصلی این سنگ پرفیروبلاستیک است.</p> <p>ترموبارومتري توده مورد مطالعه که در زیر سیستم (AKMCSH) و براساس اعضای انتهایی منیزیم دار صورت گرفت، حداکثر دمای حدود ۴۸۰ درجه سانتیگراد و فشار ۳/۵ کیلو بار بدست می دهد. با توجه به ترموبارومتري و بررسیهای پتروگرافی می توان گفت توده مورد مطالعه در حد بالای رخساره شیست سبز و قسمت پایین رخساره آمفیبولیت دگرگون شده است.</p> <p>ماگمای مولد توده گابروئی مورد مطالعه کالک آلکان بوده و توده مزبور در یک محیط قوس ماگمائی حاشیه فعال قاره ای جایگیری کرده است. از نظر شاخص آلومین در محدوده متآلومینوس واقع می شود. بررسی REE توده نفوذی مورد مطالعه آنومالی مثبت Eu را نشان می دهد که انعکاسی از تبلور کانی های هورنبلند، اسفن، کلینوپيروکسن و گارنت دارد. ضمناً غنی شدگی عناصر نادر خاکی سبک نسبت به عناصر نادر خاکی سنگین بیانگر پدیده تفریق می باشد. بررسی نمودارهای عنکبوتی، دخالت سیالات فرورانش را در تکوین ماگمای مولد سنگهای توده مورد مطالعه را نشان می دهد.</p> <p>مقایسه توده نفوذی گابروئی مورد مطالعه با توده های نفوذی شمال تخت سلیمان و گرانیته آقدره بیانگر یکی بودن سری ماگمای (کالک آلکان) و مشابه بودن الگوی نمودارهای عنکبوتی آنها می باشد.</p>			

فصل اول: کلیات زمین شناسی ایران.

۲	۱-۱- مقدمه
۴	۱-۲- واحدهای زمین ساختی ایران
۵	۱-۲-۱- کوهستان‌های زاگرس
۵	۱-۲-۲- ایران مرکزی
۷	۱-۳- انواع طبقه‌بندی‌هایی که بر روی پلیت‌های ایران صورت گرفته
۸	۱-۴- دگرگونی سنگهای بازیک (متابازیت‌ها)
۹	۱-۵- دو مثال از متابازیت‌های مطالعه شده
۹	۱-۵-۱- متابازیت‌های پالئوزوئیک زیرین جنوب چاه پلنگ
۱۰	۱-۵-۲- متابازیت‌های منطقه کمال آباد واقع در غرب نائین

فصل دوم: زمین شناسی منطقه تکاب

۱۱	۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۱۳	۲-۲- راههای ارتباطی منطقه مورد مطالعه
۱۴	۲-۳- ساختار زمین شناسی منطقه
۱۷	۲-۴- روش مطالعه

۱۷	۲-۴-۱- مطالعات دفتری
۱۷	۲-۴-۲- مطالعات صحرایی و برداشت نمونه‌ها
۱۸	۲-۴-۳- بررسی مقاطع
۱۸	۲-۵- مروری بر مطالعات گذشته
۲۰	۲-۶- نواحی چهارگانه تکاب از نظر زمین شناسی ساختمانی
۲۳	۲-۷- دگرگونی در منطقه مورد مطالعه تکاب
۲۴	۲-۸- توده‌های نفوذی موجود در منطقه تکاب
۲۵	۲-۸-۱- گرانودیوریت قره‌ناز
۲۵	۲-۸-۲- گرانودیوریت الم کندی
۲۶	۲-۸-۳- توده‌های نفوذی مربوط به مزوزوئیک
۲۷	۲-۸-۳-۱- توده‌های نفوذی دیوریت - گابرو
۲۷	۲-۸-۳-۲- توده‌های نفوذی گرانودیوریتی
۲۷	۲-۸-۳-۳- توده گرانیتی آقدره
۲۸	۲-۸-۴- توده نفوذهای پلیوسن
۲۸	۲-۹- زمین شناسی عمومی منطقه تکاب
۳۰	۲-۱۰- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۳۰	۱-۱۰-۲- پرکامبرین در منطقه
۳۱	۲-۱۰-۲- پالئوزوئیک در منطقه
۳۲	۳-۱۰-۲- مزوزوئیک در منطقه
۳۳	۴-۱۰-۲- ترشیاری در منطقه
۳۳	۱۱-۲- زمین شناسی نکتونیک منطقه تکاب
۳۶	۱۲-۲- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ارغون
فصل سوم: پتروگرافی	
۳۹	۱-۳- مقدمه
۳۹	۲-۳- پتروگرافی سنگ‌های آذرین
۳۹	۱-۲-۳- توده نفوذی گرانیت
۴۰	۲-۲-۳- توده نفوذی گابرو
۵۴	۳-۳- اسکارن
۵۵	۱-۳-۳- انواع اسکارن
۵۸	۴-۳- پتروگرافی سنگهای دگرگونی
۵۹	۱-۴-۳- پتروگرافی کلریت بیوتیت مسکویت شیست
۶۴	۲-۴-۳- پتروگرافی آمفیبولیت ها

فصل چهارم: ترموبارومتري

- ۷۰ ۴-۱ - ترموبارومتري
- ۷۰ ۴-۲ - تعادل در سنگ‌های دگرگوني
- ۷۰ ۴-۲-۱ - ملاک‌های تعادل شيميايي براساس ايزديار (۱۳۸۷):
- ۷۰ ۴-۲-۲ - ملاک‌های تعادل بافتي براساس (Carswell ۱۹۹۰):
- ۷۱ ۴-۳ - ملاک انتخاب نمونه‌ها برای محاسبات P-T
- ۷۱ ۴-۴ - دما - فشارسنجي
- ۷۲ ۴-۴-۱ - دما - فشارسنجي با استفاده از نرم‌افزارهای کامپيوتري
- ۷۲ ۴-۴-۲ - دما - فشارسنجي رخساره شيست سبز متابازيت‌ها با استفاده از نرم‌افزار ترموکالک
- ۷۳ ۴-۴-۲-۱ - زیرسيستم منيزيم:
- ۷۵ ۴-۵ - نتیجه گيري

فصل پنجم: ژئوشيمي

- ۷۹ ۵-۱ - مطالعات ژئوشيميايي توده نفوذی کوه ارغون
- ۸۰ ۵-۲ - طبقه بندي براساس نورم
- ۸۲ ۵-۳ - طبقه بندي سنگ‌های کوه ارغون به روش ژئوشيميايي
- ۸۲ ۵-۳-۱ - نمودار $K_2O + Na_2O$ در مقابل SiO_2 توسط Cox و همکاران (۱۹۷۹).

- ۸۳ ۲-۳-۵- نمودار Q در مقابل P توسط (Le Fort و Debon (۱۹۸۳))
- ۸۴ ۳-۳-۵- رده بندی سنگ-ها براساس درجه اشباع از آلومینا
- ۸۶ ۴-۳-۵- نمودارهای تعیین سری ماگمایی
- ۸۶ ۱-۴-۳-۵- نمودار تعیین سری ماگمایی توسط Baragar و Irvine (۱۹۷۱)
- ۸۷ ۲-۴-۳-۵- نمودار تعیین سری ماگمایی توسط Miyashiro (۱۹۷۴)
- ۸۸ ۵-۳-۵- نمودار تغییرات مثلثی
- ۸۹ ۶-۳-۵- نمودارهای هارکر
- ۹۱ ۱-۶-۳-۵- تشخیص فرآیندهای ژئوشیمیایی بر روی نمودار هارکر
- ۹۶ ۷-۳-۵- بررسی روند تفریق بلوری در سنگهای منطقه توسط (Treuil & Joron, ۱۹۷۵)
- فصل ششم: پتروژنز و جایگاه تکتونیکی توده نفوذی کوه ارغون
- ۹۸ ۱-۶- مقدمه
- ۹۸ ۲-۶- تعیین محیط تکتونیکی منطقه مورد مطالعه
- ۹۸ ۱-۲-۶- نمودار Zr-Y توسط Muller و Groves (۱۹۹۷)
- ۹۹ ۲-۲-۶- نمودار تعیین محیط ژئودینامیکی توسط Verma و همکاران (۲۰۰۶)
- ۱۰۰ ۳-۲-۶- نمودار V در مقابل Ti توسط Shervais (۱۹۸۲)
- ۱۰۱ ۴-۲-۶- نمودار Ti/Y در مقابل Zr/Y توسط Pearce و Gale (۱۹۷۷)

- ۱۰۲ ۳-۶- پتروژنز و منشأ سنگهای منطقه مورد مطالعه
- ۱۰۲ ۱-۳-۶- الگوهای عناصر خاکی نادر (REE)
- ۱۰۵ ۲-۳-۶- نمودارهای عنکبوتی یا چند عنصری بهنجار شده
- ۱۰۶ ۱-۲-۳-۶- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه توسط (Wood et al, ۱۹۷۹)
- ۱۰۷ ۲-۲-۳-۶- نمودار عنکبوتی بهنجار شده به کندریت توسط (Thompson ۱۹۸۲)
- ۱۰۹ ۳-۲-۳-۶- نمودار عنکبوتی بهنجار شده به بازالت پشته میان اقیانوسی توسط (Pearce ۱۹۸۳)

فصل هفتم: بررسی جایگاه تکتونیکی توده‌های نفوذی موجود در منطقه مورد مطالعه

- ۱۱۴ ۱-۷- مقدمه
- ۱۱۴ ۲-۷- توده‌های نفوذی ماهنشان - تخت سلیمان
- ۱۱۴ ۱-۲-۷- گرانیت آقدره
- ۱۱۵ ۲-۲-۷- توده نفوذی شمال تخت سلیمان
- ۱۱۵ ۳-۲-۷- توده گابرویی ارغون
- ۱۱۷ ۳-۷- بررسی سری ماگمای این توده‌ها
- ۱۱۸ ۴-۷- تعیین شاخص اشباع از آلومینیم (ASI)
- ۱۱۹ ۵-۷- تعیین موقعیت تکتونیکی توده‌های نفوذی ماهنشان - تخت سلیمان.

۱۲۱ ۷-۶- بررسی نمودارهای عنکبوتی توده‌های نفوذی موجود در منطقه

۱۲۶ نتیجه گیری

فهرست جداول

۴۶ جدول (۱-۳) پاراژنز کانیایی مربوط به متاگابروها

۵۷ جدول (۲-۳) پاراژنز کانیایی اسکارنها

۶۴ جدول (۳-۳) پاراژنز کانی های سنگ مسکویت بیوتیت کلریت شیست

۶۶ جدول (۴-۳) پاراژنز کانیایی آمفیبولیت‌ها

۷۷ جدول (۵-۱) نتایج تجزیه شیمیایی ۱۲ نمونه از سنگ‌های مورد مطالعه به روش ICP-MS , ICP-ES

۸۱ جدول (۵-۲): نتایج محاسبه نرم CIPW

فهرست اشکال

۱۳ شکل (۲-۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بر روی عکس ماهواره‌ای

۱۴ شکل (۲-۲): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نقشه راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه

۱۶ شکل (۲-۳): موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه زمین شناسی ایران

۱۸ شکل (۲-۴): a - نمونه ماکروسکوپی از توده نفوذی گابروی دگرگون شده
b - توده نفوذی متاگابروئی کوه ارغون

۲۲ شکل (۲-۵): - نواحی چهارگانه منطقه تکاب (قربانی، ۱۳۸۱) و موقعیت منطقه مورد مطالعه

- ۲۳ شکل (۲-۶): نواحی چهارگانه منطقه تکاب (Alavi, ۲۰۰۲) و موقعیت منطقه مورد مطالعه
- ۳۰ شکل (۲-۷): نمایی از برونزد سنگها در منطقه مورد مطالعه
- ۳۵ شکل (۲-۸): نقشه ساختمانی و تکتونیکی منطقه مورد مطالعه
- ۳۷ شکل (۲-۹): نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.
- ۴۱ شکل (۳-۱): نمونه ماکروسکوپی از توده نفوذی گابروئی دگرگون شده
- ۴۱ شکل (۳-۲): توده نفوذی گابروئی
- ۵۰ شکل (۳-۳): تصاویر مربوط به متاگابرو
 (a) بافت گلوامروپرفیریک (تجمعی از بلورهای آمفیبول)
 (b) بافت گرانوبلاستیک (بلورهای پلاژیوکلاز) و سرسیستی شدن پلاژیوکلازها
 (c) ماکل در پلاژیوکلازها
 (d) بافت اینتراگرانولار.
- ۵۱ شکل (۳-۴): تصاویر مربوط به متاگابرو
 (a) بافت گرانوبلاستیک و کلریت
 (b) تجزیه پلاژیوکلازها
 (c) پلاژیوکلازهای درشت دانه و دارای زونینگ در زمینه دانه ریز
 (d) بافت دانه ای پلاژیوکلاز، پیروکسن و آمفیبول در ارتباط با هم
 (e) کوارتز همراه با آمفیبول
 (f) بیوتیت همراه با پلاژیوکلاز
- ۵۲ شکل (۳-۵): تصاویر مربوط به متاگابرو
 (a) تیتانیت در داخل آمفیبول
 (b) کوارتز رگه ای با خاموشی موجی
 (c) کلسیت حاصل از دگرسانی آمفیبولها
 (d) زونیسیت حاصل از دگرسانی پلاژیوکلازها

- ۵۳ شکل (۳-۶): تصاویر مربوط به متاگابرو
- (a) میکروکلین
 - (b) بیوتیت ثانویه همراه با پلاژیوکلاز
 - (c) اپیدوت حاصل از تجزیه پلاژیوکلاز
 - (d) هورنبلند با ماکل ساده و در حال تجزیه
 - (e) کلینوپیروکسن.
- ۵۸ شکل (۳-۷): تصاویر مربوط به اسکارن
- (a) گارنت درشت در حال تبدیل به کلسیت با بیوتیت ثانوی و رگه‌ای شکل
 - (b) گارنت، آپاتیت، کلسیت و کوارتز،
 - (c) گارنت، کلسیت پرشده در داخل شکستگی‌ها، کوارتز
 - (d) گارنت، اپیدوت حاصل از آن و کلسیت
- ۶۳ شکل (۳-۸): تصاویر مربوط به کاریت بیوتیت مسکویت شیست
- (a) بلور فنوکریست اپیدوت در داخل لایه دگرشکل شده مسکویت (پورفیروبلاست بعد از تکتونیک)،
 - (b) کلریت رگه ای
 - (c) مسکویت دارای فولیاسیون همراه با اپیدوت و کوارتز
 - (d) برگوارگی فاصله‌دار (میکرولیتون‌ها) دارای پهنه کوارتز و میکا
- ۶۷ شکل (۳-۹): تصاویر مربوط به آمفیبولیت‌ها
- (a) آمفیبول با حاشیه واکنشی
 - (b) اپیدوت حاصل از تجزیه آمفیبول
 - (c) آمفیبول در حال تجزیه به کلسیت
 - (d) اپیدوت حاصل از تجزیه پلاژیوکلاز
- ۶۸ شکل (۳-۱۰): تصاویر مربوط به آمفیبولیت‌ها
- (a) درشت بلور آمفیبول به طول ۵ میلیمتر
 - (b) آمفیبول در کنار اپیدوت‌های حاصل از پلاژیوکلاز
 - (c) تجزیه آمفیبول به کلسیت و اپیدوت
 - (d) زوئیزیت حاصل از تجزیه پلاژیوکلاز
- ۷۴ شکل (۴-۱): نمودار دما - فشار واکنش‌های دگرگونی رخساره شیست سبز

- شکل (۴-۲) نمودار میدان پایداری رخساره‌های دگرگونی و ترسیم نقطه دما و فشار بدست آمده
 ۷۵
- شکل (۵-۱): نمودار مجموع آلکالن در مقابل سیلیس توسط Cox و همکاران (۱۹۷۹)
 ۸۱
- شکل (۵-۲): رده بندی شیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه (Midlemost (۱۹۸۵)
 ۸۲
- شکل (۵-۳): نمودار Q در مقابل P, Debon و Le Fort (۱۹۸۳)
 ۸۴
- شکل (۵-۴): نمودار تغییرات A/CNK در مقابل A/NK, Maniar و Picooli (۱۹۸۹)
 ۸۵
- شکل (۵-۵): نمودار تغییرات SiO_2 در مقابل $Na_2O + K_2O$ (Irvine and Baragar, ۱۹۷۱)
 ۸۷
- شکل (۵-۶): نمودار تفکیک محدوده‌های کالک آلکالن و تولئیتی، Miyashiro (۱۹۷۴)
 ۸۸
- شکل (۵-۷): نمودار AFM توسط Baragar و Irvine (۱۹۷۱)
 ۸۹
- شکل (۵-۸): نمودارهای تغییرات هارکر برای اکسیدهای اصلی
 ۹۴
- شکل (۵-۹): نمودارهای تغییرات هارکر برای عناصر کمیاب
 ۹۵
- شکل (۵-۱۰): نمودار (Treuil & Joron, ۱۹۷۵)
 ۹۶
- شکل (۶-۱): نمودار تعیین محیط تکتونیکی (Groves و Muller (۱۹۹۷))
 ۹۹
- شکل (۶-۲): نمودار تعیین محیط تکتونیکی (Verma و همکاران (۲۰۰۶))
 ۱۰۰
- شکل (۶-۳): نمودار تعیین محیط تکتونیکی (Shervais, (۱۹۸۲))
 ۱۰۱
- شکل (۶-۴): نمودار تعیین محیط تکتونیکی (Gale و Pearce (۱۹۷۷))
 ۱۰۲
- شکل (۶-۵): الگوی عناصر خاکی نادر عادی شده به کندریت توسط Nakamura, (۱۹۸۴)
 ۱۰۳

- شکل (۶-۶): نمودارهای عنکبوتی نرمالیزه نسبت به گوشته اولیه (Wood et al, ۱۹۷۹) ۱۰۶
- شکل (۶-۷): نمودار عنکبوتی سنگ‌های آذرین درونی منطقه مورد مطالعه (Thompson (۱۹۸۲)) ۱۰۷
- شکل (۶-۸): نمودار عنکبوتی بهنجار شده به بازالت پشته میان اقیانوسی (Pearce (۱۹۸۳)) ۱۰۹
- شکل (۷-۱): موقعیت توده‌های نفوذی مورد مقایسه بر روی نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ تخت سلیمان ۱۱۶
- شکل (۷-۲): نمودار (Middlemost (۱۹۹۴)) و داده‌های توده‌های نفوذی منطقه ماهنشان ۱۱۶
- شکل (۷-۳): تعیین سری ماگمایی با استفاده از نمودار (Irvine and Baragar, ۱۹۷۱). a, گرانیات آقدره. b, توده نفوذی شمال تخت سلیمان (رضایی، ۱۳۹۰). c, توده نفوذی مورد مطالعه کوه ارغون ۱۱۷
- شکل (۷-۴): نمودار مثلثی Irvine و Baragar (۱۹۷۱) و داده‌های توده‌های نفوذی منطقه ۱۱۸
- شکل (۷-۵): نمودار Maniar و Piccoli (۱۹۸۹) و داده‌های توده‌های نفوذی منطقه ماهنشان ۱۱۹
- شکل (۷-۶): نمودارهای تعیین محدوده تکتونیکی توده‌های نفوذی منطقه ماهنشان - تخت سلیمان ۱۲۲
- شکل (۷-۷): نمودارهای عنکبوتی توده‌های نفوذی منطقه ماهنشان (تامپسون، ۱۹۸۲) ۱۲۴
- شکل (۷-۸): نمودارهای عنکبوتی توده‌های نفوذی منطقه ماهنشان - تخت سلیمان (وود، ۱۹۷۹). ۱۲۵

فصل اول

کلیات زمین‌شناسی ایران

۱-۱- مقدمه

فلات پهناور ایران، سرزمینی کوهستانی و بلند است که در جنوب باختری قاره آسیا قرار دارد. این سرزمین فلات ارمنستان و آسیای صغیر را در شمال باختری به فلات‌های پامیر و تبت در خاور مرتبط می‌سازد. از نظر موقعیت طبیعی یکی از ویژگی‌های اساسی فلات ایران تعلق آن به سیستم بزرگ کوه‌های چین خورده آلپ - هیمالیا می‌باشد. دیواره عظیم البرز در شمال و رشته کوه زاگرس در باختر و جنوب باختری مؤید این امر می‌باشد.

پیکره ناهمواری‌های ایران به دلیل عملکرد نیروهای درونی زمین (نیروهای تکتونیکی) در اواخر دوران سوم زمین شناسی به صورت فعلی در آمده‌اند و در طول زمان کواترنری، عوامل فرسایش چهره کنونی ناهمواری‌ها را تکامل بخشیده‌اند.

ناهمواری‌های ایران با در نظر گرفتن موقعیت طبیعی، نوع توپوگرافی و جهت برجستگی‌ها و زمان پیدایش آنها به واحدهای اصلی زیر تقسیم شده‌اند، که مرزهای طبیعی و محلی مانند مخلوط گسله‌های اصلی، فرورفتگی‌ها و رودخانه‌ها، زیر واحدهای جداگانه‌ای را برای هر یک از واحدهای نامبرده در ذیل ترسیم می‌نمایند. (لازم به ذکر است که این تقسیم بندی براساس ویژگی‌های جغرافیای است).

۱- کوه‌های شمالی ۲- کوه‌های باختری و جنوبی ۳- کوه‌های خاوری ۴- کوه‌های مرکزی.

۱- کوه‌های شمال ایران: کوه‌های شمال ایران بخشی از کمربند چین خورده حوزه آلپ - هیمالیا می‌باشد، که از کوه‌های آرارات در مرز ترکیه شروع شده و با امتداد باختری - خاوری به طول تقریبی ۱۸۰۰ کیلومتر تا کوه‌های هندوکش در افغانستان کشیده شده‌است.

این نوار عظیم کوهستانی در کشور در بر گیرنده کوه‌های آذربایجان، کردستان شمالی، طالش، رشته کوه البرز و خراسان شمالی می‌باشد.

۲- کوههای باختری و جنوبی ایران: این واحد بزرگ کوهستانی بخش عمده ای از جبهه جنوبی فلات ایران را در بر می‌گیرد که از کوههای کردستان جنوبی در مرز ایران و عراق شروع شده و تا مرز ایران و پاکستان در جنوب خاوری امتداد دارند. بلندیه‌های این واحد از شمال خاوری به برخی از چاله های داخلی و از سوی باختر و جنوب بر جلگه‌ای کم ارتفاع عراق، خلیج فارس و دریای عمان مشرف هستند. با در نظر گرفتن چگونگی چین خوردگی و عوامل تغییر شکل ناهمواریها، واحد مذکور به دو بخش جداگانه زاگرس و مکران تقسیم می‌شود.

۳- کوههای خاوری: کوههای خاوری ایران دربرگیرنده مجموعه کوههای خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان است، که توسط گسله های بزرگ از شمال و باختر به ترتیب از کوههای شمال خاوری و کوههای مرکزی جدا شده‌اند. کوههای خواف - آهنگران، کوههای فردوس - سیمرغ و کوههای گناباد - بیرجند در شمال این واحد جای گرفته‌اند و توسط گسل بزرگ درونه از واحد شمال خاوری جدا می‌شوند. و از سوی باختر توسط گسل نایبند و دشت لوت از کوههای مرکزی جدا می‌گردند. کوههای سیستان از سوی باختر به بیابان لوت و از سوی خاور به دشت سیستان مشرف هستند. از بلندترین کوههای آن پلنگ کوه می‌باشد. مرتفع ترین قله این واحد، کوه تفتان با ارتفاع ۴۰۴۲ متر است. همزمان با تشکیل دیگر کوههای آتشفشانی ایران در اوایل کواترنری، خروج گدازه‌ها، توده‌های بزرگی را بین خاش و میرجاوه پدید آورده است.

۴- کوههای مرکزی ایران: در مثلث داخلی فلات ایران کوههای مرکزی گاه به صورت رشته کوه و گاه به صورت منفرد پراکنده شده‌اند.