

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
السلامة



تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی (گرایش ژئوشیمی)

عنوان:

ژئوشیمی سنگ‌های حدواسط - فلسیک در محدوده  
کوله‌سنگی - حرمک، شمال زاهدان، شرق ایران

استاد راهنما:

دکتر علی احمدی

استاد مشاور:

دکتر حبیب بیابانگرد

تحقیق و نگارش:

اکبر سادات حسینی گروه

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره‌مند شده است)

بهمن ۱۳۹۲

## بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان ژئوشیمی سنگ‌های حدواسط - فلسیک در محدوده کوله‌سنگی - حرمک، شمال زاهدان، شرق ایران قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد زمین شناسی گرایش ژئوشیمی توسط اکبر سادات حسینی گروه با راهنمایی دکتر علی احمدی تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

(نام و امضاء دانشجو)

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما: دکتر علی احمدی		
استاد مشاور: دکتر حبیب بیابانگرد		
		دور ۱:
		دور ۲:
		نماینده تحصیلات تکمیلی:

بسمه تعالی

تعهدنامه اصالت اثر



دانشگاه سیستان و بلوچستان

تکمیلیات تکمیلی

اینجانب اکبر سادات حسینی گروه دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی گرایش ژئوشیمی به شماره دانشجویی ۹۰۱۱۰۹۴ که از پایان نامه خود تحت عنوان: ژئوشیمی سنگ‌های حدواسط - فلسیک در محدوده کوله‌سنگی - حرمک، شمال زاهدان، شرق ایران در جلسه مورخ ۹۲/۱۱/۲۴ در حضور هیئت داوران دفاع نموده ام، متعهد می‌شوم که در استفاده از منابع و مآخذ استفاده شده اعم از پایان نامه، مقالات، طرح‌های پژوهشی، گزارش سازمان‌ها و منابع اینترنتی داخلی و خارجی، رعایت امانت را نموده و مطابق آیین نامه در بخش‌های مختلف با ارجاع داخل متن و درج در بخش منابع و مآخذ حقوق معنوی نویسندگان را رعایت نموده‌ام. بدیهی است اگر در هر مرحله، این پایان نامه از مصادیق سرقت علمی (Plagiarization) تشخیص داده شود، مطابق مقررات، دانشگاه سیستان و بلوچستان از صدور گواهی فراغت از تحصیل اینجانب خودداری نموده و یا نسبت به ابطال گواهی فراغت از تحصیل اینجانب اقدام نماید.

نام و نام خانوادگی دانشجو: اکبر سادات حسینی گروه      نام و نام خانوادگی نماینده تحصیلات تکمیلی:

امضاء

امضاء

تقدیم به:

تقدیم به پدرم که از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبت و از صبرشان ایستادگی را آموختم

و به مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه نخب بود و وجودش برایم همه مهر

و تقدیم به برادر و خواهران عزیزم

که سخات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم مدیون حضور

سبزآنهاست

و تقدیم به تمام آزاد مردانی که نیک می اندیشد و عقل و منطق را پیشه خود نموده و جز رضای الهی وید مشرف و سعادت جامع، مدنی

ندارند

## چکیده:

در محدوده کوله‌سنگی تا حرمت کهنه در شمال زاهدان، و در محل تلاقی مرزهای جغرافیایی سه کشور ایران، پاکستان و افغانستان توده‌های نیمه عمیق دیوریتی و توده‌های خروجی آندزیتی و داسیتی تشکیل شده‌اند. این توده‌ها درون سنگ‌های توربیدیتی ائوسن نفوذ نموده‌اند.  $\text{SiO}_2$  این سنگ‌ها بین ۵۴ تا ۶۸/۳ (متوسط، ۶۳، انحراف معیار ۵/۲)،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ۱۵/۵ تا ۱۷/۱ (متوسط، ۱۶/۳، انحراف معیار ۰/۵۷)،  $\text{CaO}$  ۳/۳ تا ۹/۵ (متوسط ۶، انحراف معیار ۲/۱)،  $\text{MgO}$  ۱/۵ تا ۷/۲ (متوسط، ۳/۲، انحراف معیار ۱/۸)،  $\text{K}_2\text{O}$  ۱/۵ تا ۴/۶ (متوسط، ۲/۱، انحراف معیار ۰/۹۸)،  $\text{Na}_2\text{O}$  ۲/۶ تا ۴/۴ (متوسط، ۳/۵، انحراف معیار ۰/۶۱)،  $\text{TiO}_2$  ۰/۲۶ تا ۰/۵۶ (متوسط، ۰/۱۶، انحراف معیار ۰/۱۱)،  $\text{P}_2\text{O}_5$  ۰/۱ تا ۰/۲۶ (متوسط ۰/۱۶، انحراف معیار ۰/۰۵) درصد وزنی بدست آمده است. عدد منیزیمی این سنگ‌ها بین ۵۲ تا ۶۴ (متوسط، ۵۵، انحراف معیار ۴/۳۷) درصد وزنی است که نشان می‌دهد این سنگ‌ها منشاء پوسته‌ای دارند و یا حاصل تفریق قابل توجه یک ماگمای اولیه بازالتی هستند. متوسط نسبت‌های  $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) * 100$  برابر ۱/۲ و متوسط نسبت‌های  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}) * 100$  برابر ۰/۶ درصد وزنی است که نشان دهنده متالومینوس بودن این سنگ‌ها است. نسبت  $\text{LREE}/\text{HREE}$  این سنگ‌ها بالا می‌باشد برای مثال نسبت  $\text{La}/\text{Lu}=4.2$  و  $\text{La}/\text{Yb}=5.1$  است و نسبت  $\text{LILE}/\text{HFSE}$  این سنگ‌ها نیز بالا می‌باشد برای مثال نسبت  $\text{Ba}/\text{Ta}=12.4$  و  $\text{Rb}/\text{Zr}=27.6$  است.

به دلیل فراوانی کانی آبدار هورنبلند، فراوانی پلاژیوکلاز، بالا بودن نسبت‌های  $\text{LREE}/\text{HREE}$ ، بالا بودن نسبت  $\text{LILE}/\text{HFSE}$  و آنومالی منفی عناصر HFS در دیگرام‌های عنکبوتی نتیجه می‌شود که ماگماهای مربوطه در یک محیط قوس آتشفشانی مربوط به حاشیه قاره تشکیل شده‌اند.  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{K}_2\text{O}$  بالا و  $\text{MgO}$  پایین در این سنگ‌ها و نیز مقادیر و نسبت‌های عناصر کم مقدار و نادر خاکی نشان می‌دهند که ماگماهای سنگ‌های مطالعه شده اساساً از ذب بخشی پوسته تحتانی و میانی حاصل شده‌اند.

**کلمات کلیدی:** سنگ‌های حدواسط - فلسیک، کوله‌سنگی - حرمت، شمال زاهدان، شرق ایران. آندزیت، داسیت، دیوریت،

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
<b>فصل اول: کلیات</b> .....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۲
۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه.....	۲
۳-۱- آب و هوا و پوشش گیاهی منطقه.....	۴
۴-۱- مورفولوژی منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۴
۵-۱- تاریخچه مطالعات زمین‌شناسی قبلی در منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۶
۶-۱- قالب پایان نامه .....	۸
۶-۱- فرضیات قابل طرح .....	۸
۷-۱- هدف از مطالعه .....	۸
۸-۱- روش انجام کار .....	۸
<b>فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی منطقه</b> .....	۱۰
۱-۲- مقدمه .....	۱۱
۲-۲- زمین‌شناسی ایران در کمربند آلپ - هیمالیا .....	۱۱
۳-۲- تقسیم‌بندی زمین‌شناسی منطقه از دیدگاه‌های مختلف .....	۱۲
۴-۲- زون جوش خورده سیستان .....	۱۳
۵-۲- چگونگی و زمان پیدایش .....	۱۵
۶-۲- تاریخچه چینه‌ای حوضه شرق ایران .....	۱۵
۷-۲- زمین‌ساخت حوضه شرق ایران .....	۱۶
۸-۲- واحدهای سازنده زون جوش خورده سیستان .....	۱۷
۹-۲- حوضه رسوبی سفیدابه .....	۱۸
۱۰-۲- زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۱۹
۱۰-۲-۱- پیکره‌های بیرونی مطالعه شده .....	۲۱

۲۱	.....	۱-۱-۱۰-۲- پیکره‌های آندزیتی
۲۱	.....	۲-۱-۱۰-۲- پیکره‌های داسیتی
۲۲	.....	۲-۱۰-۲- توده‌های درونی
۲۲	.....	۳-۱۰-۲- آنکلاوها
۲۳	.....	۴-۱۰-۲- سیل‌ها
۲۴	.....	۵-۱۰-۲- دایک‌ها
۲۴	.....	۶-۱۰-۲- واحدهای رسوبی منطقه
۲۶	.....	۷-۱۰-۲- واحدهای دگرگونی منطقه
۲۷	.....	۸-۱۰-۲- شکستگی‌ها و درز و شکاف‌ها در منطقه
۲۸	.....	۹-۱۰-۲- فرسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه
۲۸	.....	۱-۹-۱۰-۲- فرسایش پوست پیازی
۲۹	.....	۲-۹-۱۰-۲- قلوه‌ای شدن سنگ‌ها
۳۰	.....	۳-۹-۱۰-۲- فرسایش حفره‌ای
۳۱	.....	۴-۹-۱۰-۲- انواع فرسایش‌های دیگر در منطقه
۳۳	.....	<b>فصل سوم: سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی</b>
۳۴	.....	۱-۳- مقدمه
۳۴	.....	۲-۳- سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه
۳۴	.....	۱-۲-۳- پیکره‌های داسیتی
۴۲	.....	۲-۲-۳- آندزیت‌های هورنبلنددار
۵۴	.....	۳-۲-۳- دیوریت‌های هورنبلنددار
۵۸	.....	۴-۲-۳- آنکلاوهای گابرویی
۶۲	.....	۳-۳- تشریح پدیده‌های میکروسکوپی
۶۳	.....	۱-۳-۳- پلاژیوکلاز
۶۳	.....	۱-۱-۳-۳- منطقه‌بندی در پلاژیوکلاز



۶۴	..... بافت غربالی پلاژیوکلاز	۲-۱-۳-۳
۶۵	..... اندازه متفاوت پلاژیوکلازها	۳-۱-۳-۳
۶۵	..... آمفیبولها	۲-۳-۳
۶۶	..... منطقه‌بندی در هورنبلندها	۱-۲-۳-۳
۶۷	..... فصل چهارم: ژئوشیمی و پتروژنز	
۶۸	..... مقدمه	۱-۴
۷۳	..... رده‌بندی مودال سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه	۲-۴
۷۴	..... نمودار تعیین ماهیت شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه	۳-۴
۷۴	..... نمودار مجموع آلكالی سیلیس (TAS) (له‌باس و همکاران، ۱۹۸۶)	۱-۳-۴
۷۵	..... نمودار مجموع آلكالی سیلیس (TAS) (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹)	۲-۳-۴
۷۶	..... نمودار مجموع آلكالی سیلیس (TAS) (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹)	۳-۳-۴
۷۶	..... نمودار $SiO_2 - Zr/TiO_2 * 10^{-4}$ (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷)	۴-۳-۴
۷۷	..... نمودار Nb/Y در مقابل $Zr/TiO_2 * 10^4$ (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷)	۵-۳-۴
۷۸	..... نمودارهای تغییرات ژئوشیمیایی	۴-۴
۷۹	..... نمودارهای هارکر	۱-۴-۴
۸۵	..... عناصر جزئی	۲-۴-۴
۸۸	..... نمودارهای تغییرات عناصر جزئی	۱-۲-۴-۴
۹۳	..... عناصر نادر خاکی (REE)	۳-۴-۴
۹۶	..... نمودارهای عنکبوتی	۴-۴-۴
۱۰۰	..... تعیین سری ماگمایی	۵-۴
۱۰۰	..... نمودار $Zr-P_2O_5$ (وینچستر و فلوید ۱۹۷۷)	۱-۵-۴
۱۰۰	..... نمودار $FeO_t + TiO_2 - Al_2O_3 - MgO$ (جنسن ۱۹۷۶)	۲-۵-۴
۱۰۲	..... نمودار $Na_2O + K_2O - SiO_2$ (کونو ۱۹۶۸)	۳-۵-۴
۱۰۲	..... تعیین محیط تکتونیکی	۶-۴
۱۰۴	..... نمودار Nb-Y (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴)	۱-۶-۴

۱۰۴	.....	۲-۶-۴ نمودار Y-Zr (مولر و گروس، ۱۹۹۷)
۱۰۵	.....	۳-۶-۴ نمودار Hf/3-Th-Nb/16 (وود و همکاران، ۱۹۸۰)
۱۰۶	.....	۴-۶-۴ نمودار TiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (مولر و گروس، ۱۹۹۷)
۱۰۹	.....	۷-۴ نمودارهای دوتایی عناصر کمیاب جهت تعیین منشاء سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه
۱۱۴	.....	<b>فصل پنجم: نتیجه‌گیری</b>
۱۱۵	.....	۱-۵- نتیجه‌گیری از منطقه‌ی مورد مطالعه
۱۱۷	.....	۲-۵- توده گرانیتوئیدی زاهدان
۱۱۷	.....	۳-۵- توده گرانیتوئیدی چشمه بید جنوب شرق زاهدان
۱۱۸	.....	۴-۵- مقایسه گرانیت زاهدان با سنگ‌های کوله‌سنگی - حرمک
۱۲۰	.....	۵-۵- بازالت حرمک
۱۲۱	.....	۶-۵- مونزونیت و سینیت‌های پتاسیک کمپلکس لار
۱۲۳	.....	۷-۵- نتیجه‌گیری کلی
۱۲۴	.....	<b>منابع</b>

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان جدول
۶۹	جدول ۱-۴- موقعیت و علائم نمونه‌های مورد مطالعه
۷۰	جدول ۲-۴- داده‌های عناصر اصلی با استفاده از روش XRF
۷۱	جدول ۳-۴- داده‌های به صد رسیده عناصر اصلی با استفاده از روش XRF
۷۲	جدول ۴-۴- محاسبه نورم CIPW
۸۶	جدول ۵-۴- نتایج تجزیه عناصر جزئی با استفاده از روش ICP-MS
	جدول ۶-۴- نسبت Ba/La, Th/Ta, Ba/Ta, Nb/La, Ba/La, Th/La, Nb/Th در نمونه‌های سنگی
۹۸	مورد مطالعه

## فهرست شکل‌ها

عنوان شکل	صفحه
شکل ۱-۱- راه‌های دسترسی به منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۳
شکل ۱-۲- تصویر ماهواره‌ای از منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۳
شکل ۱-۳- وجود فرسایش در دامنه‌ها .....	۵
شکل ۱-۴- آبراهه تند و جوان در دامنه ملک سیاه کوه .....	۵
شکل ۱-۲- جایگاه زمین‌شناسی ایران در نوار چین خورده آلپ- هیمالیا .....	۱۲
شکل ۲-۲- ساختار بخشی از زون جوش خورده سیستان (مجموعه رتوک، حوضه سفیدابه و مجموعه نه) .....	۱۴
شکل ۲-۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۲۰
شکل ۲-۴- تیره بودن توده‌های دیوریتی نسبت به پیکره‌های آندزیتی و داسیتی در عکس هوایی از منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۲۱
شکل ۲-۵- توده آندزیتی و دیوریتی و تفاوت رنگی آنها در منطقه .....	۲۲
شکل ۲-۶- آنکلاو گرد شده در آندزیت .....	۲۳
شکل ۲-۷- نمایی از سیل که در ماسه‌سنگ نفوذ کرده است. ....	۲۴
شکل ۲-۸- تورق و فرسایش ورقه‌های شیل .....	۲۵
شکل ۲-۹- آهک گرد شده نشان در جنوب منطقه که دهنده محیط‌های پر آشوب می‌باشد .....	۲۶
شکل ۲-۱۰- درز و شکستگی در سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۲۷
شکل ۲-۱۱- درز و شکستگی در سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۲۸
شکل ۲-۱۲- فرسایش پوست پیازی در سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۲۹
شکل ۲-۱۳- قلوه‌ای شدن در سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۳۰
شکل ۲-۱۴- فرسایش حفره‌ای در سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه .....	۳۱
شکل ۲-۱۵- فرسایش در دامنه‌ها .....	۳۲
شکل ۳-۱- نمونه‌ای از داسیت‌های مورد مطالعه .....	۳۵

- شکل ۳-۲-الف- بلور پلازیوکلاز با ماکل دوتایی و حاشیه سوخته در داسیت‌های منطقه (نور XPL) ..... ۳۷
- شکل ۳-۲-ب- بلور پلازیوکلاز با ماکل دوتایی و حاشیه سوخته در داسیت‌های منطقه (نور PPL) ..... ۳۷
- شکل ۳-۳-الف- بافت پورفیری و درشت بلور پلازیوکلاز با ماکل پلی‌سنتتیک (نور XPL) ..... ۳۸
- شکل ۳-۳-ب- بافت پورفیری و درشت بلور پلازیوکلاز با ماکل پلی‌سنتتیک (نور PPL) ..... ۳۸
- شکل ۳-۴-الف- بافت پورفیری و تجزیه کانی هورنبلند به کانی‌های ثانویه (نور XPL) ..... ۳۹
- شکل ۳-۴-ب- بلورهای هورنبلند، پلاژیوکلاز و کوارتز (نور PPL) ..... ۳۹
- شکل ۳-۵-الف- بافت پورفیری و کوارتز با حاشیه خورده و خلیج مانند (نور XPL) ..... ۴۰
- شکل ۳-۵-ب- بافت پورفیری و کوارتز با حاشیه خورده و خلیج مانند (نور PPL) ..... ۴۰
- شکل ۳-۶-الف- بافت پورفیری و کوارتز با حاشیه خورده و خلیج مانند (نور XPL) ..... ۴۱
- شکل ۳-۶-ب- بافت پورفیری و کوارتز با حاشیه خورده و خلیج مانند (نور PPL) ..... ۴۱
- شکل ۳-۷-نمونه‌ای از آندزیت‌های مورد مطالعه ..... ۴۲
- شکل ۳-۸-الف- زینولیت موجود در مقطع سنگ آندزیتی (نور XPL) ..... ۴۳
- شکل ۳-۸-ب- زینولیت موجود در مقطع سنگ آندزیتی (نور PPL) ..... ۴۳
- شکل ۳-۹-الف- بلور پلاژیوکلاز با حاشیه غبارآلود، منطقه‌بندی و ترک‌خوردگی (نور XPL) ..... ۴۵
- شکل ۳-۹-ب- بلور پلاژیوکلاز با حاشیه غبارآلود، منطقه‌بندی و ترک‌خوردگی (نور PPL) ..... ۴۵
- شکل ۳-۱۰-الف- بلور پلاژیوکلاز با حاشیه غبارآلود، منطقه‌بندی و بافت غربالی (نور XPL) ..... ۴۶
- شکل ۳-۱۱-الف- بلور هورنبلند حاوی منطقه‌بندی و ماکل دوتایی (نور XPL) ..... ۴۶
- شکل ۳-۱۱-ب- بلور هورنبلند حاوی منطقه‌بندی و ماکل دوتایی (نور PPL) ..... ۴۷
- شکل ۳-۱۲-الف- بلور هورنبلند حاوی ادخال‌هایی از پلاژیوکلاز و بافت اسکلتی آن (نور XPL) ..... ۴۷
- شکل ۳-۱۲-ب- بلور هورنبلند حاوی ادخال‌هایی از پلاژیوکلاز و بافت اسکلتی آن (نور PPL) ..... ۴۸
- شکل ۳-۱۳-الف- بافت گلوپورفیری در آندزیت‌های منطقه (نور XPL) ..... ۴۸
- شکل ۳-۱۴-الف- آپاسیتی شدن در حاشیه بلور هورنبلند (نور PPL) ..... ۴۹
- شکل ۳-۱۵-الف- بافت گلوپورفیری و بلورهای کالسدون، کلسیت، پره‌نیت پومپله‌ایت و اپک در آندزیت-  
های مورد مطالعه (نور XPL) ..... ۵۱

- شکل ۳-۱۵-ب- بافت گلوپورپورفیری و بلورهای کالسدون، کلسیت، پرهنیت پومپله‌ایت و اپک در آندزیت‌های مورد مطالعه (نور PPL) ..... ۵۱
- شکل ۳-۱۶-الف- کلسیت اولیه در آندزیت‌های مورد مطالعه (نور XPL) ..... ۵۲
- شکل ۳-۱۶-ب- کلسیت اولیه در آندزیت‌های مورد مطالعه (نور PPL) ..... ۵۲
- شکل ۳-۱۷-الف- پر شدن فضای خالی شکستگی‌ها توسط کوارتز ثانویه (نور XPL) ..... ۵۳
- شکل ۳-۱۷-ب- پر شدن فضای خالی شکستگی‌ها توسط کوارتز ثانویه (نور PPL) ..... ۵۳
- شکل ۳-۱۸- نمونه ای از دیوریت‌های مورد مطالعه ..... ۵۴
- شکل ۳-۱۹-الف- بافت میکروگرانولار و بلورهای پلاژیوکلاز در دیوریت‌های مورد مطالعه (نور PPL) ..... ۵۵
- شکل ۳-۱۹-ب- بافت میکروگرانولار و بلورهای پلاژیوکلاز در دیوریت‌های مورد مطالعه (نور XPL) ..... ۵۵
- شکل ۳-۲۰-الف- بافت هیپ آبیسال و تجزیه کانی‌های پلاژیوکلاز و هورنبلند به کانی‌های ثانویه در دیوریت-های مورد مطالعه (نور XPL) ..... ۵۷
- شکل ۳-۲۰-ب- بافت هیپ آبیسال و تجزیه کانی‌های پلاژیوکلاز و هورنبلند به کانی‌های ثانویه در دیوریت-های مورد مطالعه (نور PPL) ..... ۵۷
- شکل ۳-۲۱- نمونه‌ای از آنکلاوهای مشاهده شده در سنگ‌های آندزیتی هورنبلنددار ..... ۵۸
- شکل ۳-۲۲-الف- بافت گرانولار در آنکلاوهای مورد مطالعه (نور XPL) ..... ۵۹
- شکل ۳-۲۲-ب- بافت گرانولار در آنکلاوهای مورد مطالعه (نور PPL) ..... ۵۹
- شکل ۳-۲۳-الف- بافت اینتراگرانولار در آنکلاوهای مورد مطالعه (نور XPL) ..... ۶۰
- شکل ۳-۲۳-ب- بافت اینتراگرانولار در آنکلاوهای مورد مطالعه (نور PPL) ..... ۶۰
- شکل ۳-۲۴-الف- هورنبلند پلاژیوکلاز و کانی‌های ثانویه در آنکلاوهای مورد مطالعه (نور XPL) ..... ۶۱
- شکل ۳-۲۴-ب- هورنبلند پلاژیوکلاز و کانی‌های ثانویه در آنکلاوهای مورد مطالعه (نور PPL) ..... ۶۱
- شکل ۴-۱- موقعیت نمونه‌های درونی در نمودار مودال کانی‌های سازنده (اشتریکایزن، ۱۹۷۹) ..... ۷۳
- شکل ۴-۲- موقعیت نمونه‌های بیرونی در نمودار مودال کانی‌های سازنده (اشتریکایزن، ۱۹۷۹) ..... ۷۴
- شکل ۴-۳- نمودار  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{SiO}_2$  (TAS) (له‌باس و همکاران، ۱۹۸۶) ..... ۷۵

- شکل ۴-۴- نمودار (TAS)  $\text{SiO}_2$ - $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹) ..... ۷۵
- شکل ۴-۵- نمودار (TAS)  $\text{SiO}_2$ - $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹) ..... ۷۶
- شکل ۴-۶- نمودار  $\text{SiO}_2$ - $\text{Zr}/\text{TiO}_2*10^{-4}$  (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷) ..... ۷۷
- شکل ۴-۷- نمودار Nb/Y در مقابل  $\text{Zr}/\text{TiO}_2*10^{-4}$  (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷) ..... ۷۸
- شکل ۴-۸- نمودار هارکر اکسید آلومینیوم در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۰
- شکل ۴-۹- موقعیت نمونه ها در نمودار A/NK در مقابل A/CNK (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹) ..... ۸۰
- شکل ۴-۱۰- نمودار هارکر اکسید کلسیم در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۱
- شکل ۴-۱۱- نمودار هارکر اکسید آهن در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۱
- شکل ۴-۱۲- نمودار هارکر اکسید منگنز در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۲
- شکل ۴-۱۳- نمودار هارکر اکسید منیزیم در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۳
- شکل ۴-۱۴- نمودار هارکر اکسید پتاسیم در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۳
- شکل ۴-۱۵- نمودار هارکر اکسید سدیم در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۴
- شکل ۴-۱۶- نمودار هارکر اکسید فسفر در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۴
- شکل ۴-۱۷- نمودار هارکر اکسید تیتانیوم در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۵
- شکل ۴-۱۸- نمودار تغییرات Cr در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۸
- شکل ۴-۱۹- نمودار تغییرات Ba در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۹
- شکل ۴-۲۰- نمودار تغییرات Cs در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۸۹
- شکل ۴-۲۱- نمودار تغییرات Rb در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۹۰
- شکل ۴-۲۲- نمودار تغییرات Sr در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۹۱
- شکل ۴-۲۳- نمودار تغییرات Zr در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۹۱
- شکل ۴-۲۴- نمودار تغییرات Ta در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۹۲
- شکل ۴-۲۵- نمودار تغییرات Nb در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۹۲
- شکل ۴-۲۶- نمودار تغییرات Y در مقابل اکسید سیلیسیم ..... ۹۳
- شکل ۴-۲۷- نمودار عناصر نادر خاکی که نسبت به گوشته اولیه (مک دانا و همکاران، ۱۹۹۱) نرمالیز شده‌اند ..... ۹۵

- شکل ۴-۲۸- نمودار عناصر نادر خاکی که نسبت به کندریت (تیلور و مک لنان، ۱۹۸۵) نرمالیز شده‌اند  
 ۹۵ .....
- شکل ۴-۲۹- نمودار عنکبوتی که نسبت به گوشته اولیه (مک دانا و همکاران، ۱۹۹۲) نرمالیز شده‌اند  
 ۹۸ .....
- شکل ۴-۳۰- نمودار عنکبوتی که نسبت به کندریت (سان و مک دانا، ۱۹۸۹) نرمالیز شده‌اند  
 ۹۹ .....
- شکل ۴-۳۱- نمودار عنکبوتی که نسبت به MORB میانگین تیپ N (ساندرز و تارنی، ۱۹۴۸) نرمالیز شده‌اند  
 ۹۹ .....
- شکل ۴-۳۲- نمودار  $Zr-P_2O_5$  (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷) .....  
 ۱۰۱ .....
- شکل ۴-۳۳- نمودار  $FeO_t + TiO_2 - Al_2O_3 - MgO$  جنسن (۱۹۷۶) .....  
 ۱۰۱ .....
- شکل ۴-۳۴- نمودار  $(Na_2O + K_2O) - SiO_2$  (کونو، ۱۹۶۸) .....  
 ۱۰۲ .....
- شکل ۴-۳۵- نمودار Nb-Y (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴) .....  
 ۱۰۴ .....
- شکل ۴-۳۶- نمودار Y-Zr (مولر و گروس، ۱۹۹۷) .....  
 ۱۰۵ .....
- شکل ۴-۳۷- نمودار Hf/3-Th-Nb/16 (وود و همکاران، ۱۹۸۰) .....  
 ۱۰۶ .....
- شکل ۴-۳۸- نمودار  $Al_2O_3 - TiO_2$  (مولر و گروس، ۱۹۹۷) .....  
 ۱۰۷ .....
- شکل ۴-۳۹- نمودار نسبت عناصر Rb/Sr در مقابل اکسید سیلیسیم .....  
 ۱۰۷ .....
- شکل ۴-۴۰- نمودار نسبت عناصر Rb در مقابل اکسید سیلیسیم .....  
 ۱۰۸ .....
- شکل ۴-۴۱- نمودار نسبت عناصر Zr/Nb در مقابل اکسید سیلیسیم .....  
 ۱۰۸ .....
- شکل ۴-۴۲- نمودار نسبت عناصر La در مقابل اکسید سیلیسیم .....  
 ۱۰۹ .....
- شکل ۴-۴۳- نمودار نسبت عناصر La/Yb در مقابل اکسید سیلیسیم .....  
 ۱۰۹ .....
- شکل ۴-۴۴- موقعیت نمونه‌ها در نمودار Zr/Nb-Th/Zr (هه و همکاران، ۲۰۰۷) .....  
 ۱۱۰ .....
- شکل ۴-۴۵- موقعیت نمونه‌ها در نمودار Zr/Nb- Ce/Y (هه و همکاران، ۲۰۰۷) .....  
 ۱۱۱ .....
- شکل ۴-۴۶- نمودار Nb/Y-Rb/Y (کیلر، ۱۹۹۶) .....  
 ۱۱۲ .....
- شکل ۴-۴۷- نمودار  $TiO_2 - Zr$  (یو و همکاران، ۱۹۹۶) .....  
 ۱۱۳ .....
- شکل ۴-۴۸- موقعیت سنگ‌های مورد مطالعه در نمودار Ba/Rb-Rb (آسکرن، ۱۹۹۷) .....  
 ۱۱۳ .....



- شکل ۵-۱- ماهیت کالک آلکالن نمونه‌های کوله‌سنگی - حرمک ..... ۱۲۰
- شکل ۵-۲- ماهیت کالک آلکالن نمونه‌های گرانیت زاهدان ..... ۱۲۰
- شکل ۵-۳- نمودار عنکبوتی گرانیتوئید زاهدان که به کندریت نرمالایز شده است ..... ۱۲۱
- شکل ۵-۴- نمودار عنکبوتی کوله سنگی - حرمک که به کندریت نرمالایز شده است ..... ۱۲۱
- شکل ۵-۵- نمودار عنکبوتی بازالت‌های حرمک که به کندریت نرمالایز شده است ..... ۱۲۲
- شکل ۵-۶- نمودار عنکبوتی سینیت، مونزونیت و آندزیت سنگ‌های لار که به کندریت نرمالایز شده است ..... ۱۲۴

فصل اول

کلیات

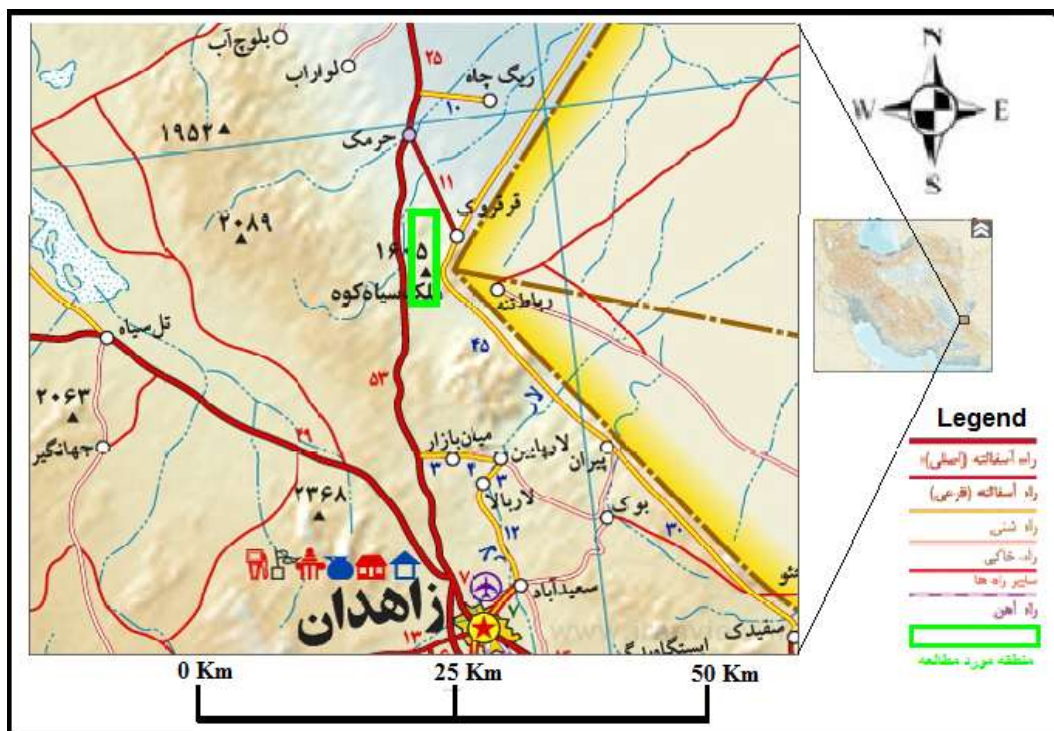
## ۱-۱- مقدمه

مطالعه سنگ‌های حدواسط، به دلیل پیچیدگی منشاء پیدایش همواره مورد توجه سنگ‌شناسان قرار گرفته است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که این سنگ‌ها می‌توانند در اثر آلودگی ماگماهای اسیدی و بازی و یا در اثر تفریق ماگمای بازی حاصل گردند (معین وزیری و احمدی، ۱۳۷۱).

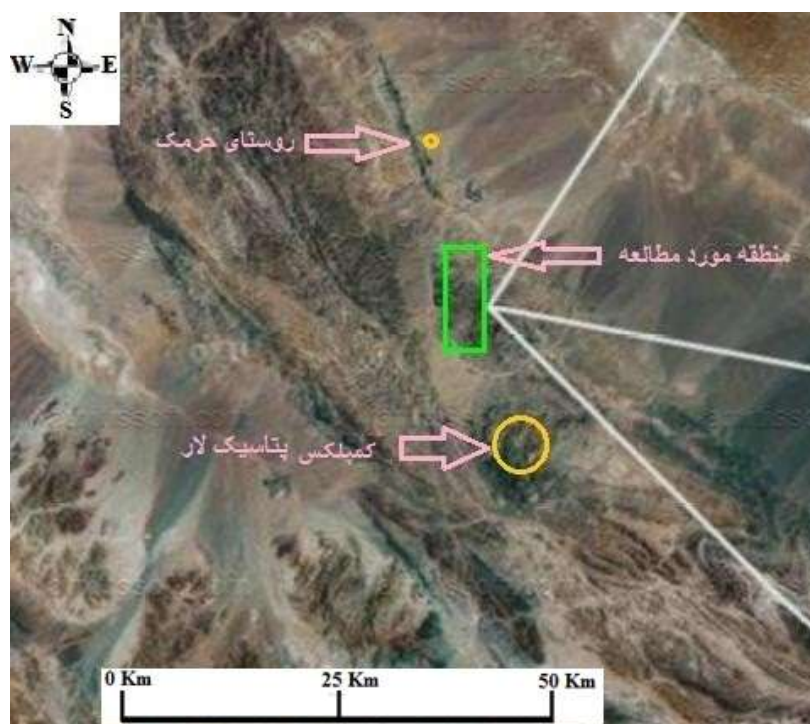
منطقه‌ی کوله‌سنگی - حرمک (ملک سیاه کوه) از سنگ‌های فلسیک تا حدواسط تشکیل شده است. این منطقه بین دو محدوده کمپلکس آلکالن پتاسیک لار و سیل‌های بازالتی حرمک قرار دارد. این سه محدوده از نظر سنگ‌شناختی با یکدیگر تفاوت دارند. با توجه به نزدیک بودن این مناطق، سؤال اساسی این است که در این فاصله کم اینگونه تنوع سنگ‌شناختی چگونه امکان پذیر می‌باشد. به نظر می‌رسد که این مطالعه لازم و ضروری باشد.

## ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه

منطقه‌ی مورد مطالعه (کوله‌سنگی - حرمک) به عنوان مجموعه ملک سیاه کوه نیز خوانده می‌شود. این ناحیه در شمال زاهدان بین عرض‌های جغرافیایی  $29^{\circ}47'$  -  $29^{\circ}56'$  شمالی و طول‌های جغرافیایی  $60^{\circ}49'$  -  $53^{\circ}$  شرقی واقع شده است که محل تلاقی سه کشور ایران، پاکستان و افغانستان می‌باشد. راه دسترسی به این منطقه جاده آسفالتی زاهدان به سمت زابل و بیرجند است. در حدود ۳۵ کیلومتری این جاده، از سمت زاهدان و پس از پاسگاه کوله‌سنگی، در بخش شرقی جاده مجموعه‌ای از توده‌های نفوذی دیده می‌شود که به صورت گنبد‌های کوچک و بزرگی دیده می‌شوند. این توده‌ها حدود ۱۰ کیلومتر در امتداد جاده مشاهده می‌شوند (شکل ۱-۱)، تصویر ماهواره‌ای منطقه‌ی مورد مطالعه (شکل ۲-۱). قبل از این منطقه و در حدود ۲۲ کیلومتری شمال زاهدان، در قسمت شرقی جاده، کمپلکس آلکالن پتاسیک لار قرار دارد (فرخ نژاد، ۱۳۹۰). بعد از منطقه-ی کوله‌سنگی - حرمک و در حدود ۵۲ کیلومتری شمال زاهدان سیل‌های بازالتی حرمک واقع شده است (کریمی، ۱۳۹۰).



شکل ۱-۱: راه‌های دسترسی به منطقه‌ی مورد مورد مطالعه، برگرفته از اطلس راه‌های ایران (۱۳۷۴).



شکل ۲-۱: تصویر ماهواره‌ای از منطقه‌ی مورد مطالعه برگرفته از اطلس نقشه‌های ایران (۱۳۷۴).