



دانشگاه سیستان و بلوچستان  
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته زمین‌شناسی (گرایش ژئوشیمی)

عنوان:

# ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های مافیک پتاسیک، مونزونیت‌ها و سینیت‌های کمپلکس لار، شرق ایران

استاد راهنما:

دکتر علی احمدی

استاد مشاور:

دکتر علی اصغر مریدی فریمانی

تحقیق و نگارش:

مسعود فرخ نژاد

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

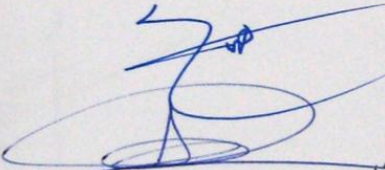

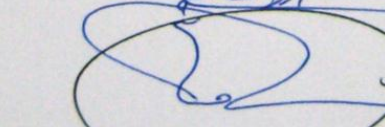
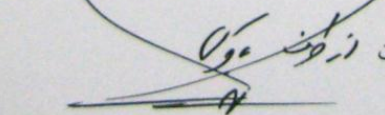
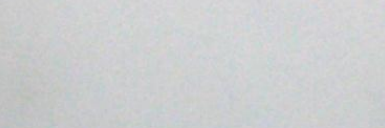
بهمن ۱۳۹۰

## بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های مافیک پتاسیک، مونزونیت‌ها و سینیت‌های کمپلکس لار، شرق ایران قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد زمین‌شناسی (گرایش ژئوشیمی) توسط دانشجو مسعود فرخ نژاد با راهنمایی استاد پایان نامه 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 می‌باشد.

مسعود فرخ نژاد

این پایان نامه... واحد درسی شناخته می‌شود 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 علی اصغر مریدی		
داور ۱: دکتر حسن میرنژاد		
داور ۲: دکتر مصطفی قمانی		
نماینده تحصیلات تکمیلی: مهندس محمد مهران		



دانشگاه بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب مسعود فرخ نژاد تعهد می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

مسعود فرخ نژاد

امضاء

تقدیم به:

کوهران دریای محبت، بخشندگان بی منت

پدر و مادر عزیزم

تقدیم به برادران و خواهران دلسوزم

و تقدیم به معنای واژه صداقت، همسر مهربانم

## سپاسگزاری

سپاس و ستایش خدایی را که حمد را کلید ذکرش و موجب افزایش فضلش و راهبهای نعمت باو عظمیتش قرار داد (نوح البلاغه، خطبه ۱۵۷). خداوند را شکر کنم که توانایی ام داد تا بتوانم بنویسم. خدا را شکر کنم به خاطر وجود نازنین پدر عزیز و مادر مهربانم که جز با دعای آنان توانایی رسیدن به این مرحله را نداشتم. اکنون که نگارش این پیمان نامه به اتمام رسیده است، بر خود لازم میدانم از تمام عزیزانی که در به سرانجام رساندن این پیمان نامه نقشی داشتند، شکر و قدردانی کنم.

از استاد محترم جناب آقای دکتر احمدی به عنوان استاد راهنما که در این مسیر از پنج کوزه گلی دریغ نکردند و بدون راهبانی های این بزرگوار امکان به ثمر رسیدن این تحقیق وجود نداشت، صمیمانه شکر و قدردانی می کنم. از استاد مشاورم جناب آقای دکتر میدی به خاطر راهبانی های ارزنده شان سپاسگزارم. از اساتید کرامتقدر، جناب آقای دکتر میرزا و دکتر قاشی که زحمت داوری پیمان نامه را قبل کردن، تقدیر می نمایم. از اساتید محترم جناب آقای مهندس مهران، دکتر باقری، دکتر بومری، دکتر بیابانگرد که افتخار ساگر دی ایشان را داشتم، شکر و قدردانی می کنم. از کارشناسان گروه نیز ممنون و متشکرم. از دوستان عزیزم عباس مسلمی، ایمان آذکیش، آوات کریمی، آزاد کریمی، شهاب قاسمی، دکتر مجید کوهستانیان، مهندس زارع، حسین عاقبت نخیر، سعید فیروز کوبی و آقای آسپر شکر می کنم. از خانم بافیروز کوبی، محترمی و سراوانی نیز متشکرم. از تمامی دوستانی که به نحوی در به انجام رساندن این پیمان نامه مرا یاری کردند، هم چنین از هم کلاسی هایم کمال شکر و قدردانی را دارم.

بار دیگر از پدر و مادر مهربان، صبور و دلسوزم که دعای شب و روزشان موفقیت من بود، بسیار ممنون و سپاسگزارم. از برادران و خواهران گرامی ام و نیز از همراه همیشگی، همسر مهربان و فدای کارم متشکرم.

مسعود فرخ نژاد، بهمن ۹۰

## چکیده

کمپلکس لار واقع در شمال زاهدان، شرق ایران یک کمپلکس درونی - بیرونی، شامل سنگ‌های لامپروفیری (مینت، الیوین مینت، وگزیت، کرسانتیت)، دیوریت، مونزونیت، سینیت، لاتیت، و تراکیت است. در برخی قسمت‌ها، لامپروفیرها حاوی تعدادی زینولیت اولترامافیک فلوگوپیت دار هستند که احتمالاً نشانگر گوشته دگرنهاد شده می‌باشند. لامپروفیرهای کمپلکس لار با  $K_2O$  بالا (۳/۵ تا ۶/۱ درصد وزنی) و  $MgO$  بالا (۶/۷ تا ۱۷/۷ درصد وزنی) و نسبت  $K_2O/Na_2O$  بالا (۱/۸ تا ۴/۱) ماهیت آلكالن اولتراپتاسیک دارند. الیوین فورستریتی ( $Fo_{88}$ )، دیوپسید، فلوگوپیت، فلدسپات آلكالن (به استثناء زینولیت‌ها)، و مگنتیت کانی‌های تشکیل دهنده لامپروفیرها و زینولیت‌ها می‌باشند. الیوین مینت‌ها نشانگر ماگمای اولیه کمپلکس لار هستند ( $Mg^{\#}=71-74$ ). گستره‌ی سنگ‌های دیوریتی، مونزونیتی، و سینیتی که روند تفریق بلورین در ترکیب شیمیایی - کانی شناختی آنها مشهود است، در نتیجه تفریق بلورین الیوین، کلینوپیروکسن و فلوگوپیت از یک ماگمای اولیه لامپروفیری تشکیل شده‌اند. سنگ‌های کمپلکس لار از عناصر LILE و LREE غنی و از عناصر HFSE و HREE تهی شده‌اند؛ در نتیجه، نسبت‌های بالای LILE/HFSE و LREE/HREE نشان می‌دهند (به عنوان مثال  $Ba/Nb=20-332$  و  $(La/Yb)_N=6-20$ ). آنومالی منفی Ta، Nb و Ti در تمام سنگ‌ها مشاهده می‌شود که احتمالاً با سیال و / یا مذاب حاصل از فرورانش در ارتباط می‌باشد. فراوانی فلوگوپیت و عدم حضور اورتوپیروکسن در زینولیت‌ها نشان می‌دهد که متاسوماتیسم در منشاء گوشته‌ای کمپلکس لار احتمالاً توسط سیال و / یا مذاب غنی از آب و پتاسیم و فقیر از سیلیس صورت پذیرفته است. احتمالاً هضم و آلودگی پوسته‌ای در سنگ‌های لامپروفیری کم، اما فوگاسیته اکسیژن در زمان تشکیل بالا بوده است. بر طبق شواهد ژئوشیمیایی، کمپلکس لار در یک پهنه پس از برخوردی شکل گرفته است.

**واژگان کلیدی:** لامپروفیر، دیوریت، مونزونیت، سینیت، زینولیت‌های اولترامافیک، اولتراپتاسیک، متاسوماتیسم گوشته، کمپلکس لار.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات و مفاهیم .....
۲	۱-۱- کلیات .....
۲	۱-۱-۱- مقدمه .....
۳	۱-۱-۲- ساختار پایان نامه .....
۴	۱-۱-۳- اهداف مطالعه .....
۴	۱-۱-۴- روش کار .....
۵	۱-۱-۵- موقعیت جغرافیایی و سن کمپلکس لار .....
۵	۱-۱-۶- راههای دسترسی به منطقه .....
۶	۱-۱-۷- کارهای پیشین انجام شده در منطقه مورد مطالعه .....
۷	۲-۱- مفاهیم .....
۷	۱-۲-۱- سنگ‌های پتاسیک .....
۸	۲-۲-۱- سنگ‌های اولتراپتاسیک .....
۱۰	۳-۲-۱- تقسیم بندی سنگ‌های اولتراپتاسیک .....
۱۰	۱-۳-۲-۱- تقسیم بندی بارتون (۱۹۷۹) .....
۱۱	۲-۳-۲-۱- تقسیم بندی فولی و همکاران (۱۹۸۷) .....
۱۵	۳-۳-۲-۱- تقسیم بندی میشل و برگمن (۱۹۹۱) .....
۱۵	۴-۳-۲-۱- تقسیم بندی راک (۱۹۹۱) .....

۱۷	..... لامپروئیت ها ۵-۳-۲-۱
۱۹	..... کامافوزیت ها ۶-۳-۲-۱
۲۱	..... پلاژیولوسیتیت ها ۷-۳-۲-۱
۲۱	..... لامپروفیر ۴-۲-۱
۲۳	..... تقسیم بندی لامپروفیرها ۵-۲-۱
۲۳	..... سنگ‌های معادل و همراه لامپروفیرها ۶-۲-۱
۲۷	..... فصل دوم: زمین شناسی
۲۸	..... ۱-۲- مقدمه
۲۸	..... ۲-۲- ایالت زمین شناختی سیستان
۳۰	..... ۳-۲- کمپلکس لار
۳۲	..... ۴-۲- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه
۳۸	..... ۵-۲- توصیف انواع سنگ ها در محدوده کمپلکس لار
۳۸	..... ۱-۵-۲- سنگ‌های لامپروفیری
۳۸	..... ۲-۵-۲- زینولیت‌های اولترامافیک
۴۲	..... ۳-۵-۲- سینیت پورفیری ملانوکرات
۴۲	..... ۴-۵-۲- کوارتز مونزوسینیت پورفیری
۴۲	..... ۵-۵-۲- سینیت فلدسپات آلکالن
۴۶	..... ۶-۵-۲- کوارتز سینیت فلدسپات آلکالن
۴۶	..... ۷-۵-۲- دیوریت
۴۶	..... ۸-۵-۲- مونزونیت پورفیری
۴۸	..... ۹-۵-۲- مونزودیوریت
۴۸	..... ۱۰-۵-۲- لاتیت
۴۸	..... ۱۱-۵-۲- آندزیت



۵۰	..... هورنفلس ۱۲-۵-۲
۵۰	..... اسکارن ۱۳-۵-۲
۵۲	..... (پریدوتیت) ۱۴-۵-۲
۵۲	..... تراورتن ۱۵-۵-۲
۵۲	..... توربیدایت ۱۶-۵-۲
۵۳	..... فصل سوم: پتروگرافی
۵۴	..... ۱-۳ مقدمه
۵۷	..... ۲-۳ سنگ‌های لامپروفیری
۵۸	..... ۱-۲-۳ الیوین مینت (olivine minette)
۵۸	..... ۱-۱-۲-۳ الیوین
۵۹	..... ۲-۱-۲-۳ کلینوپیروکسن
۶۰	..... ۳-۱-۲-۳ فلوگوپیت
۶۰	..... ۴-۱-۲-۳ فلدسپات آلکالن
۶۴	..... ۲-۲-۳ مینت (minette)
۶۴	..... ۳-۲-۳ وگزیت (vogesite)
۶۵	..... ۴-۲-۳ کرسانتیت (kersantite)
۶۷	..... ۵-۲-۳ دایک لامپروفیری (نمونه LL6)
۶۹	..... ۳-۳ سنگ‌های سینیتی
۶۹	..... ۱-۳-۳ سینیت پورفیری ملانوکرات (porphyritic melasyenite)
۷۰	..... ۲-۳-۳ کوارتز مونزوسینیت پورفیری (porphyritic quartz monzosyenite)
۷۰	..... ۳-۳-۳ سینیت فلدسپات آلکالن (alkali feldspar syenite)
۷۱	..... ۴-۳-۳ کوارتز سینیت فلدسپات آلکالن (alkali feldspar quartz syenite)
۷۳	..... ۴-۳-۳ مونزونیت پورفیری (porphyritic monzonite)

۷۴	..... ۵-۳- مونزودیوریت (monzodiorite)
۷۴	..... ۶-۳- دیوریت (diorite)
۷۷	..... ۷-۳- سنگ‌های آتشفشانی
۷۷	..... ۱-۷-۳- لاتیت (latite)
۷۷	..... ۲-۷-۳- تراکیت فلدسپات آلكالن (alkali feldspar trachyte)
۷۸	..... ۴-۷-۳- لوسیتیت (leucitite)
۸۰	..... ۵-۷-۳- سودولوسیتیت (pseudoleucitite)
۸۲	..... ۶-۷-۳- آندزیت (andesite)
۸۲	..... ۷-۷-۳- آندزیت بازالتی (basaltic andesite)
۸۵	..... ۸-۷-۳- داسیت (dacite)
۸۵	..... ۸-۳- اسکارن (skarn)
۸۷	..... ۹-۳- زینولیت های اولترامافیک
۸۸	..... ۱۰-۳- پتروگرافی زینولیت های اولترامافیک کمپلکس لار
۸۸	..... ۱-۱۰-۳- ورلیت (wehrlite)
۹۱	..... ۲-۱۰-۳- البوین کلینوپیروکسنیت فلوگوپیت دار ( phlogopite-bearing olivine ) ..... (clinopyroxnite)
۹۱	..... ۳-۱۰-۳- فلوگوپیت دونیت (phlogopite dunite)
۹۴	..... فصل چهارم: کانی شناسی
۹۵	..... ۱-۴- مقدمه
۹۶	..... ۲-۴- البوین
۱۰۱	..... ۳-۴- کلینوپیروکسن
۱۰۹	..... ۴-۴- فلوگوپیت
۱۱۹	..... ۵-۴- آمفیبول

۱۲۱	..... ۶-۴-۶-۴ فلدسپات ها
۱۲۱	..... ۶-۴-۱-۶-۴ فلدسپات آلکالن
۱۲۲	..... ۶-۴-۲-۶-۴ پلاژیوکلاز
۱۲۷	..... ۴-۷-۴ اسپینل
۱۳۲	..... ۴-۸-۴ اورتوپيروكسن
۱۳۳	..... ۴-۹-۴ ایلمنیت
۱۳۵	..... فصل پنجم: ژئوشیمی
۱۳۶	..... ۵-۱-۱ مقدمه
۱۳۶	..... ۵-۲-۱ عناصر اصلی
۱۴۶	..... ۵-۳-۱ نورم CIPW سنگ‌های کمپلکس لار
۱۵۰	..... ۵-۴-۱ تقسیم بندی لامپروفیرهای کمپلکس لار
۱۵۰	..... ۵-۴-۱-۱ تقسیم بندی بارتون (۱۹۷۹)
۱۵۰	..... ۵-۴-۲-۱ تقسیم بندی فولی و همکاران (۱۹۸۷)
۱۵۵	..... ۵-۴-۳-۱ تقسیم بندی میشل و برگمن (۱۹۹۱)
۱۵۶	..... ۵-۴-۴-۱ تقسیم بندی راک (۱۹۹۱)
۱۶۰	..... ۵-۴-۵-۱ تقسیم بندی بر مبنای کانی شناسی
۱۶۱	..... ۵-۵-۱ نمودارهای تغییرات و بررسی روند تفریق
۱۷۰	..... ۵-۶-۱ عناصر فرعی
۱۷۰	..... ۵-۶-۱-۱ عناصر فرعی سازگار
۱۷۴	..... ۵-۶-۲-۱ عناصر فرعی ناسازگار
۱۷۶	..... ۵-۶-۲-۱-۱ نمودار عناصر نادر خاکی
۱۸۱	..... ۵-۶-۲-۲-۱ نمودارهای عنکبوتی
۱۸۷	..... فصل ششم: پتروژنز

۱۸۸	..... ۱-۶-۱- پتروژنز
۱۸۸	..... ۱-۶-۱-۱- ماگمای اولیه
۱۸۹	..... ۱-۶-۲- فازهای لیکیدوس در ماگمای اولیه
۱۹۲	..... ۱-۶-۳- سنگ‌های لامپروفیری
۱۹۲	..... ۱-۶-۱-۳- ژنز ماگماهای اولتراپتاسیک
۱۹۴	..... ۱-۶-۲-۳- متاسوماتیسم و غنی شدگی گوشته
۱۹۶	..... ۱-۶-۳-۳- فرایندهای متاسوماتیسم کننده
۱۹۹	..... ۱-۶-۴-۳- ماهیت عامل متاسوماتیسم کننده
۲۰۲	..... ۱-۶-۴-۱- سنگ‌های سینیتی (و مونزونیتی)
۲۰۴	..... ۱-۶-۵-۱- زینولیت‌های اولترامافیک
۲۰۶	..... ۱-۶-۶-۱- دما و عمق نسبی تشکیل ماگماهای لار
۲۰۹	..... ۱-۶-۷-۱- آلودگی و هضم پوسته‌ای
۲۱۲	..... ۱-۶-۸-۱- فوگاسیته اکسیژن
۲۱۴	..... ۱-۶-۹-۱- محتوی مواد فرار
۲۱۵	..... ۱-۶-۲- تبیین ژئوتکتونیک ماگماتیسم لار
۲۳۱	..... فصل هفتم: بحث و نتیجه گیری
۲۳۲	..... ۱-۷-۱- بحث
۲۳۲	..... ۱-۷-۱-۱- سنگ‌های لامپروفیری
۲۳۵	..... ۱-۷-۲-۱- آنومالی‌های استنتاج شده از دیاگرام‌های عنکبوتی
۲۳۶	..... ۱-۷-۲-۱- آنومالی منفی فسفر
۲۳۷	..... ۱-۷-۲-۲- آنومالی مثبت استرانسیوم
۲۳۹	..... ۱-۷-۳-۲- آنومالی‌های منفی HFSE
۲۴۱	..... ۱-۷-۳-۱- زینولیت‌های اولترامافیک

۲۴۲	..... ۷-۱-۴- منشا زینولیت‌های اولترامافیک
۲۴۵	..... ۷-۲- نتیجه گیری
۲۵۱	..... مراجع

## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان جدول
۱۴	جدول ۱-۱- تقسیم بندی سنگ‌های اولتراپتاسیک
۲۵	جدول ۲-۱- تقسیم بندی و اصطلاحات لامپروفیرها (اشتریکایزن، ۱۹۷۸)
۲۵	جدول ۳-۱- تقسیم بندی مجدد لامپروفیرها، اصلاح شده بر طبق لو باس (۲۰۰۷)
۵۵	جدول ۱-۳- مشخصات نمونه‌های دارای مقطع نازک یا نازک صیقلی کمپلکس لار
۹۹	جدول ۱-۴- نتایج آنالیز میکروپروب الیوین های مربوط به الیوین مینت
۱۰۰	جدول ۲-۴- نتایج آنالیز میکروپروب الیوین زینولیت های اولترامافیک کمپلکس لار
۱۰۴	جدول ۳-۴- نتایج آنالیز میکروپروب کلینوپیروکسن در لامپروفیرها، سینیت و مونزونیت
۱۰۵	جدول ۴-۴- نتایج آنالیز میکروپروب کلینوپیروکسن زینولیت های اولترامافیک
۱۱۱	جدول ۵-۴- نتایج آنالیز میکروپروب فلوگوپیت های مربوط به لامپروفیرها و کوارتز سینیت
۱۱۲	جدول ۶-۴- نتایج آنالیز میکروپروب فلوگوپیت های مربوط به زینولیت های اولترامافیک
۱۲۰	جدول ۷-۴- نتایج آنالیز میکروپروب آمفیبول های مربوط به یک نمونه کوارتز سینیت
۱۲۴	جدول ۸-۴- نتایج آنالیز میکروپروب فلدسپات های آلکان سنگ‌های کمپلکس لار
۱۲۵	جدول ۹-۴- نتایج آنالیز میکروپروب پلاژیوکلازهای سنگ‌های کمپلکس لار
۱۳۰	جدول ۱۰-۴- نتایج آنالیز میکروپروب اسپینل در لامپروفیرها، سینیت و مونزونیت
۱۳۱	جدول ۱۱-۴- نتایج آنالیز میکروپروب اسپینل زینولیت های اولترامافیک
۱۳۲	جدول ۱۲-۴- نتیجه آنالیز میکروپروب اورتوپیروکسن مربوط به زینولیت های اولترامافیک

- جدول ۴-۱۳. نتیجه آنالیز میکروپروپوب ایلمنیت مربوط به یک نمونه کوارتز سینیت ۱۳۳
- جدول ۵-۱. نتایج حاصل از آنالیز عناصر اصلی سنگ‌های کمپلکس لار به روش XRF ۱۳۹
- جدول ۵-۲. عناصر اصلی سنگ‌های کمپلکس لار به درصد رسیده برای سهولت مقایسه ۱۴۱
- جدول ۵-۳. نتایج حاصل از آنالیز عناصر فرعی سنگ‌های کمپلکس لار به روش ICP-MS ۱۴۳
- جدول ۵-۴. کانی‌های نورماتیو محاسبه شده برای سنگ‌های کمپلکس لار ۱۴۹

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان شکل
۶	شکل ۱-۱. راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه
۳۰	شکل ۱-۲. نمایی کلی از ایالت زمین شناختی سیستان
۳۳	شکل ۲-۲. نمایی کلی از حاشیه جنوب غرب و غرب کمپلکس لار
۳۳	شکل ۳-۲. نمایی از بخش‌های جنوبی کمپلکس لار
۳۴	شکل ۴-۲. نمایی از بخش‌های شمالی کمپلکس لار
۳۴	شکل ۵-۲. نمایی از دایک‌های نفوذی و فلیش‌های حاشیه شرقی کمپلکس لار
۳۵	شکل ۶-۲. نقشه زمین شناسی شمال زاهدان. بر گرفته از نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ زاهدان
۳۷	شکل ۷-۲. نقشه زمین شناسی کمپلکس لار. بر گرفته از چنس (۱۹۸۱)
۳۹	شکل ۸-۲. نمایی از لامپروفیرهای (الیوین مینت) حاشیه غربی کمپلکس لار
۳۹	شکل ۹-۲. نمایی از دایک لامپروفیری نفوذ کرده به درون سایر لامپروفیرها
۴۰	شکل ۱۰-۲. زینولیت‌های لامپروفیری درون واحدهای آتشفشانی غرب کمپلکس لار
۴۰	شکل ۱۱-۲. نمایی کلی از محل پیدایش زینولیت‌ها در لامپروفیرهای حاشیه غربی کمپلکس
۴۱	شکل ۱۲-۲. زینولیت اولترامافیک موجود در لامپروفیرها
۴۳	شکل ۱۳-۲. نمایی از سینیت‌های ملانوکرات بخش‌های شمال غرب کمپلکس لار
۴۳	شکل ۱۴-۲. نمای از توده‌های کوارتز مونزوسینیتی جنوب کمپلکس لار
۴۴	شکل ۱۵-۲. وجود قطعاتی از سنگ‌های لامپروفیری در کوارتز مونزوسینیت‌های جنوب لار
۴۴	شکل ۱۶-۲. نمایی از سینیت‌های فلدسپات آلکالن موجود در بخش‌های جنوب شرق منطقه
۴۵	شکل ۱۷-۲. لایه بندی در سینیت فلدسپات آلکالن و آثار تفریق



- شکل ۲-۱۸. دایک های سینیتی موجود در لامپروفیرهای جنوب کمپلکس لار ۴۵
- شکل ۲-۱۹. دایک کوارتز سینیت فلدسپات آلکالن با زینولیت‌هایی از لامپروفیر ۴۷
- شکل ۲-۲۰. نمایی از دیوریت های جنوب شرق کمپلکس لار ۴۷
- شکل ۲-۲۱. نمایی از مونزونیت‌های خاکستری غرب کمپلکس لار ۴۹
- شکل ۲-۲۲. نمایی از لاتیت‌های جنوب غرب کمپلکس لار ۴۹
- شکل ۲-۲۳. نمایی از هورنفلس های موجود در ارتفاعات جنوب شرق کمپلکس لار ۵۱
- شکل ۲-۲۴. نمایی از هورنفلس های دامنه جنوبی کمپلکس لار ۵۱
- شکل ۳-۱. تصاویر میکروسکوپی از الیوین مینت های کمپلکس لار ۶۲
- شکل ۳-۲. تصاویر میکروسکوپی فلوگوپیت و ساختارهای کروی در لامپروفیرها ۶۳
- شکل ۳-۳. تصاویر میکروسکوپی مینت، وگزیت و کرسانتیت های منطقه ۶۶
- شکل ۳-۴. تصاویر میکروسکوپی از نمونه های دایک لامپروفیری شمال کمپلکس لار ۶۸
- شکل ۳-۵. تصاویر میکروسکوپی و نمونه دستی از سینیت های منطقه ۷۲
- شکل ۳-۶. تصاویر میکروسکوپی و نمونه دستی از مونزونیت های منطقه ۷۵
- شکل ۳-۷. تصاویر میکروسکوپی مونزونیت، مونزودیوریت و دیوریت ۷۶
- شکل ۳-۸. تصاویر میکروسکوپی لاتیت، تراکیت و لوسیتیت های منطقه ۷۹
- شکل ۳-۹. تصاویر نمونه دستی و میکروسکوپی سودولوسیتیت ۸۱
- شکل ۳-۱۰. نمونه دستی و تصاویر میکروسکوپی آندزیت و آندزیت بازالتی ۸۴
- شکل ۳-۱۱. تصویر میکروسکوپی داسیت و نمونه دستی و میکروسکوپی اسکارن ۸۶
- شکل ۳-۱۲. نمونه های دستی زینولیت های اولترامافیک کمپلکس لار ۸۹
- شکل ۳-۱۳. تصاویر میکروسکوپی زینولیت های ورلیتی کمپلکس لار ۹۰
- شکل ۳-۱۴. تصاویر میکروسکوپی از الیوین کلینوپیروکسنیت و دونیت های منطقه ۹۲
- شکل ۴-۱. نمودار درصد وزنی CaO در مقابل محتوی فورستریت در الیوین ۹۸
- شکل ۴-۲. تصاویر BSE و میکروسکوپی کلینوپیروکسن در لامپروفیرها ۱۰۳

- شکل ۳-۴. نمودار تمایز انواع پیروکسن برگرفته از دیر و همکاران (۱۹۹۶) ۱۰۶
- شکل ۴-۴. تغییرات کاتیون Al در مقابل Ti در فرمول واحد کلینوپیروکسن ۱۰۸
- شکل ۵-۴. نمودار تمایز کلینوپیروکسن در خانواده لامپروفیرها ۱۰۸
- شکل ۶-۴. تصویر BSE فلوگوپیت در نمونه لامپروفیری LC15 ۱۱۰
- شکل ۷-۴. نمودار سه تایی Al-Mg-Fe و ترکیب میکا در لامپروفیرهای شوشونیتی ۱۱۳
- شکل ۸-۴. نمودار  $TiO_2$  در مقابل عدد منیزی برای فلوگوپیت‌های کمپلکس لار ۱۱۳
- شکل ۹-۴. نمودار کاتیون Si در مقابل کاتیون Al[IV] و موقعیت فلوگوپیت ایده آل ۱۱۵
- شکل ۱۰-۴. نمودار  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  در مقابل Si برای تمایز ترکیب میکا ۱۱۶
- شکل ۱۱-۴. نمودار کاتیون Al[VI] در مقابل  $Mg^{\#}$  جهت تعیین نوع میکا ۱۱۶
- شکل ۱۲-۴. مقایسه ترکیب میکا در سنگ‌های منطقه با زینولیت ها و سنگ‌های آلكالن ۱۱۸
- شکل ۱۳-۴. نمودار تغییرات  $Al_2O_3$  در مقابل  $TiO_2$  فلوگوپیت لامپروفیرهای کمپلکس لار ۱۱۸
- شکل ۱۴-۴. نمودار تعیین ترکیب آمفیبول بر گرفته از لیک و همکاران (۱۹۹۷) ۱۲۰
- شکل ۱۵-۴. نمودار سه تایی تقسیم بندی فلدسپات ها و ترکیب فلدسپات های کمپلکس لار ۱۲۶
- شکل ۱۶-۴. نمودار تمایز ترکیب فلدسپات آلكالن در مینت ها از لامپروئیت ها ۱۲۶
- شکل ۱۷-۴. تصویر BSE مگنتیت در یک کوارتز سینیت از کمپلکس لار ۱۲۹
- شکل ۱-۵. نمودار  $K_2O$  در مقابل  $Na_2O$  (بر حسب درصد وزنی) ۱۳۸
- شکل ۲-۵. نمودار  $K_2O/Na_2O$  در مقابل  $\Delta Q$  ۱۴۸
- شکل ۳-۵. نمودار تغییرات نسبت  $K_2O/Na_2O$  در مقابل لوسیت نورماتیو ۱۴۸
- شکل ۴-۵. تقسیم بندی سنگ‌های اولتراپتاسیک به نقل از بارتون (۱۹۷۹) ۱۵۰
- شکل ۵-۵. تقسیم بندی سنگ‌های اولتراپتاسیک بر اساس  $K_2O/Al_2O_3$  در مقابل  $SiO_2$  ۱۵۲
- شکل ۶-۵. تقسیم بندی سنگ‌های اولتراپتاسیک بر اساس CaO در مقابل  $Al_2O_3$  ۱۵۳
- شکل ۷-۵. تقسیم بندی سنگ‌های اولتراپتاسیک بر اساس CaO در مقابل  $SiO_2$  ۱۵۳
- شکل ۸-۵. تقسیم بندی سنگ‌های اولتراپتاسیک بر اساس  $K_2O/Al_2O_3$  در مقابل  $Mg^{\#}$  ۱۵۴

- شکل ۵-۹. تقسیم بندی سنگ‌های اولتراپتاسیک بر اساس CaO در مقابل MgO ۱۵۴
- شکل ۵-۱۰. نمودار Sr در مقابل Ba (بر حسب قسمت در میلیون) ۱۵۵
- شکل ۵-۱۱. نمودار Sm در مقابل La/Yb ۱۵۶
- شکل ۵-۱۲. تمایز بین پنج شاخه لامپروفیر با استفاده از عناصر فرعی ۱۵۸
- نمودار ۵-۱۳. تمایز ساده بین پنج شاخه لامپروفیرها با استفاده از عناصر نادر خاکی ۱۵۸
- شکل ۵-۱۴. تمایز ساده بین پنج شاخه لامپروفیرها با استفاده از اکسیدهای عناصر اصلی ۱۵۹
- شکل ۵-۱۵. تمایز ساده بین پنج شاخه لامپروفیرها با استفاده از نسبت‌های عناصر اصلی ۱۵۹
- شکل ۵-۱۶. نمودار تغییرات MgO در مقابل SiO<sub>2</sub>. ۱۶۳
- شکل ۵-۱۷. نمودار تغییرات CaO در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۶۴
- شکل ۵-۱۸. نمودار تغییرات FeO در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۶۴
- شکل ۵-۱۹. نمودار تغییرات Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۶۵
- شکل ۵-۲۰. نمودار تغییرات MnO در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۶۵
- شکل ۵-۲۱. نمودار تغییرات Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۶۶
- شکل ۵-۲۲. نمودار تغییرات Na<sub>2</sub>O در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۶۷
- شکل ۵-۲۳. نمودار تغییرات K<sub>2</sub>O در مقابل SiO<sub>2</sub>. ۱۶۷
- شکل ۵-۲۴. نمودار تغییرات TiO<sub>2</sub> در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۶۸
- شکل ۵-۲۵. نمودار تغییرات P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۶۹
- شکل ۵-۲۶. نمودار تغییرات LOI در مقابل SiO<sub>2</sub>. ۱۶۹
- شکل ۵-۲۷. نمودار تغییرات Cr در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۷۲
- شکل ۵-۲۸. نمودار تغییرات Ni در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۷۲
- شکل ۵-۲۹. نمودار تغییرات Ba در مقابل SiO<sub>2</sub>. ۱۷۳
- شکل ۵-۳۰. نمودار تغییرات Sr در مقابل SiO<sub>2</sub> ۱۷۳
- شکل ۵-۳۱. نمودار تغییرات Zr در مقابل SiO<sub>2</sub>. ۱۷۴

- شکل ۵-۳۲. نمودار تغییرات Nb در مقابل  $\text{SiO}_2$  ۱۷۵
- شکل ۵-۳۳. نمودار تغییرات Ta در مقابل  $\text{SiO}_2$  ۱۷۵
- شکل ۵-۳۴. نمودار عناصر نادر خاکی سنگ‌های کمپلکس لار ۱۸۰
- شکل ۵-۳۵. نمودار تغییرات Ce در مقابل  $\text{P}_2\text{O}_5$  ۱۸۰
- شکل ۵-۳۶. نمودار عنکبوتی سنگ‌های کمپلکس لار بهنجار شده به گوشته اولیه ۱۸۴
- شکل ۵-۳۷. نمودار عنکبوتی سنگ‌های کمپلکس لار بهنجار شده به کندریت ۱۸۵
- شکل ۶-۱. نمودار  $\text{Mg}^\#$  در مقابل Ni ۱۹۱
- شکل ۶-۲. کومه‌های کلینوپیروکسن موجود در سنگ‌های لامپروفیری جنوب کمپلکس لار ۲۰۶
- شکل ۶-۳. نمودار  $\text{P}_2\text{O}_5$  در مقابل  $\text{SiO}_2$  سنگ کل و ترمومتری سینیت ها ۲۰۷
- شکل ۶-۴. نمودار Rb/Sr در مقابل  $\text{SiO}_2$  ۲۱۱
- شکل ۶-۵. نمودار تغییرات  $(\text{Nb/La})_N$  در مقابل  $\text{SiO}_2$  ۲۱۱
- شکل ۶-۶. موقعیت تکتونیکی گروه‌های سه‌گانه فولی و همکاران (۱۹۸۷) ۲۱۶
- شکل ۶-۷. دور نمایی از سنگ‌های آذرین پتاسیک در محیط‌های تکتونیکی مختلف ۲۱۸
- شکل ۶-۸. نمودار Y در مقابل Zr برای تمایز محیط تکتونیکی ۲۱۹
- شکل ۶-۹. نمودار  $\text{TiO}_2$  در مقابل  $\text{Al}_2\text{O}_3$  برای تمایز محیط تکتونیکی ۲۱۹
- شکل ۶-۱۰. نمودار تغییرات Nb در مقابل Zr برای سنگ‌های پتاسیک و اولتراپتاسیک ۲۲۰
- شکل ۶-۱۱. مقایسه سنگ‌های منطقه با ماگماهای فوران یافته در محیط‌های تکتونیکی مختلف ۲۲۲
- شکل ۶-۱۲. نمودار Ce/Pb در مقابل Ce برای سنگ‌های لامپروفیری ۲۲۲
- شکل ۶-۱۳. نمودار Nb/U در مقابل Nb برای سنگ‌های لامپروفیری ۲۲۳
- شکل ۶-۱۴. نمودار تغییرات Ba/Yb در مقابل Ba/Nb برای سنگ‌های لامپروفیری ۲۲۳
- شکل ۶-۱۵. نمودار تغییرات Hf در مقابل Zr ۲۲۴
- شکل ۶-۱۶. نمودار تغییرات  $\text{Zr/Al}_2\text{O}_3$  در مقابل  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ۲۲۶
- شکل ۶-۱۷. نمودار سه تایی تفکیک سنگ‌های آذرین پتاسیک موقعیت‌های تکتونیکی مختلف ۲۲۶