



دانشگاه اصفهان  
دانشکده علوم  
گروه زمین شناسی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی زمین شناسی گرایش  
پترولوژی

**پتروژنز و ایزوتوپ پایدار ( اکسیژن ) توده نفوذی گرانیتوئیدی کلاه قاضی  
( جنوب – جنوب شرق اصفهان )**

استاد راهنما:  
دکتر محمود خلیلی

استاد مشاور:  
دکتر مهین منصوری اصفهانی

پژوهشگر:  
افسانه صفری میرقلعه

مهرماه ۱۳۹۲

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 پایه

گروه زمین شناسی

شبه کارشناسی پایان نامه  
رعایت شده است.

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی زمین شناسی گرایش پترولوژی

خانم افسانه صفری میرقلعه

تحت عنوان:

پتروژنز و ایزوتوپ پایدار (اکسیژن) توده نفوذی کلاه قاضی ( جنوب- جنوب شرق  
اصفهان)

در تاریخ ۱۳۹۲/۷/۲۹ 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 استاد

امضا

۲- استاد مشاور پایان نامه: دکتر مهین منصوری اصفهانی با مرتبه ی علمی استادیار

امضا

۳- استاد داور داخل گروه: دکتر محسن طباطبایی منش با مرتبه ی علمی دانشیار

امضا

۴- استاد داور داخل گروه: دکتر محمد علی مکی زاده با مرتبه ی علمی استادیار

امضای مدیر گروه

## پاسکزاری

خدایا از تو پاسکزارم.

از زحمت کله عزیزانی که در این راه مریاری نمودند قدر دانی می‌نایم.

از جناب آقای دکتر محمود حلیلی برای راهبانی‌های ارزنده‌شان به عنوان استاد راهبانشکر می‌نایم.

راهبانی‌ها، تلاش و مساعدت‌های بی‌دینج استاد مشاور سرکار خانم دکتر همین منصوره اصطنانی راج می‌نم.

از اساتید و کالگنان گروه زمین‌شناسی، به ویژه آقایان دکتر نقره‌نیان، دکتر طباطبانی‌نش، دکتر ترابی، دکتر کی‌زاده، دکتر شریفی‌کمال‌شکر را دارم.

از تلاش‌ها و مساعدت‌های یریت گروه، جناب آقای دکتر صفری پاسکزار، بستم.

از زحمت خانم شاه‌پیری مسئول کتابخانه‌ی گروه زمین‌شناسی نیز شکر می‌نایم.

تقدیم به:

پدر و مادرم

که همواره مشوق من بودند.

تقدیم به:

همسر مهربانم

که همواره همراه و راهنمایم بود.

#### چکیده

سنگ های آذرین توده نفوذی کلاه قاضی با سن ژوراسیک میانی در جنوب- جنوب شرق اصفهان و در پهنه سنج - سیرجان رخنمون دارند. بر اساس بررسی های سنگ شناسی این توده ها از مونزو گرانیات، گرانودیوریت، سینوگرانیات تشکیل شده است. مطالعات پتروگرافی و شیمی کانی نشانگر آن است که کانی های سازنده اصلی این سنگ ها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، بیوتیت و فلدسپار پتاسیک می باشند. کانی های فرعی آن ها را اسفن، آپاتیت، تورمالین ، کردیریت، آندالوزیت، سیلیمانیت، کیانیت، اسپینل، گارنت و مگنتیت تشکیل می دهد.

تورمالین های منطقه کلاه قاضی، از نوع دراویت هیدروترمالی و کردیریت های منطقه مورد مطالعه از نوع دگرگونی بوده و اکثر مسکویت ها تجزیه شده می باشند. گارنت های منطقه کلاه قاضی از نوع آلماندن، متداول ترین نوع گارنت در ماگمای پرآلومینه شناسایی شد.

بررسی های ژئوشیمیایی نشان می دهد که این توده نفوذی از نوع S، کالک آلکان و پر آلومین است و بر اثر ذوب بخشی متاپلیت های به احتمال زیاد ژوراسیک زیرین و در یک محیط تکتونیکی برخوردی حاصل شده است. وجود لوکوسوم، آشکارا به تشکیل میگماتیت در منطقه مورد بررسی اشاره دارد. توده نفوذی کلاه قاضی، بر اساس زمین دما- فشار سنجی، در دمایی کمتر از ۸۰۰ درجه سانتی گراد با فشار کمتر از ۵ کیلوبار و در عمق پایین تر از ۱۰ کیلومتر تشکیل شده است. این توده به سبب آنکه با یک سیال جوی در شرایط ساب سالیدوس دارای تبادل ایزوتوپ بوده از نظر ایزوتوپ های اکسیژن و هیدروژن تهی است.

### واژگان کلیدی

پتروژنز- ژئوشیمی- کانی های فرعی- ایزوتوپ پایدار (اکسیژن- هیدروژن)- کلاه قاضی- پهنه سندرچ- سیرجان

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه .....	۱
۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه .....	۲
۳-۱- راه های ارتباطی به منطقه مورد مطالعه .....	۲
۴-۱- آب و هوا و پوشش گیاهی .....	۴
۵-۱- توان صنعتی و معدنی منطقه .....	۵
۶-۱- ژئومورفولوژی منطقه .....	۵
۷-۱- تاریخچه مطالعات پیشین .....	۷
۸-۱- روش های مطالعه .....	۷
۹-۱- اهداف تحقیق .....	۸
۱۰-۱- تقدیر و تشکر .....	۸

### فصل دوم: زمین شناسی عمومی

۱-۲- تقسیمات زمین شناسی ایران .....	۹
۲-۲- انگاره زمین ساخت ورقه‌ای .....	۱۰
۳-۲- نگاهی کوتاه به ساختار زمین شناسی ایران مرکزی .....	۱۰
۴-۲- ایران مرکزی در دوران مزوزوئیک .....	۱۱
۵-۲- پهنه سنندج - سیرجان .....	۱۲
۶-۲- چینه نگاری پهنه سنندج سیرجان .....	۱۳
۷-۲- دگرگونی سنندج - سیرجان .....	۱۴
۸-۲- وضعیت زمین شناسی منطقه .....	۱۴
۹-۲- چینه شناسی منطقه .....	۱۴
۱-۹-۲- تریاس .....	۱۶
۲-۹-۲- ژوراسیک .....	۱۶
۱-۲-۹-۲- نفوذی های ژوراسیک ایران مرکزی .....	۱۶
۳-۹-۲- کرتاسه .....	۱۶
۴-۹-۲- کواترنر .....	۱۷



## فصل سوم: پتروگرافی و شیمی - کانی

۱۸	۱-۳- مقدمه
۱۹	۲-۳- کانی شناسی سنگ های نفوذی کلاه قاضی
۱۹	۱-۲-۳- بررسی کانی های گرانیتوئید کلاه قاضی
۱۹	۱-۱-۲-۳- کوارتز
۲۰	۲-۱-۲-۳- پلاژیوکلاز
۲۱	۳-۱-۲-۳- آلکالی فلدسپار
۲۲	۴-۱-۲-۳- بیوتیت
۲۳	۲-۲-۳- شیمی کانی
۲۳	۱-۲-۲-۳- کریستال شیمی فلدسپار
۲۸	۲-۲-۲-۳- کریستال شیمی بیوتیت
۳۲	۱-۲-۲-۲-۳- تقسیم بندی میکاهای مورد مطالعه بر اساس دیر و همکاران (۱۹۹۲)
۳۲	۲-۲-۲-۲-۳- تقسیم بندی میکا های مورد مطالعه بر اساس رده بندی ریدر و همکاران (۱۹۹۸)
۳۲	۳-۲-۲-۲-۳- رده بندی بیوتیت های مورد مطالعه بر اساس فوستر (۱۹۶۰)
۳۳	۴-۲-۲-۲-۳- تعیین محیط تکتونیکی با استفاده از شیمی بیوتیت
۳۴	۵-۲-۲-۲-۳- رده بندی بیوتیت ها و تعیین سری ماگمایی
۳۵	۵-۱-۲-۲-۳- گارنت
۳۵	۶-۱-۲-۲-۳- کردیریت
۳۶	۷-۱-۲-۲-۳- آندالوزیت
۳۷	۸-۱-۲-۲-۳- سیلیمانیت
۳۷	۹-۱-۲-۲-۳- کیانیت
۳۷	۱۰-۱-۲-۲-۳- زیرکن
۳۸	۱۱-۱-۲-۲-۳- آپاتیت
۳۸	۱۲-۱-۲-۲-۳- میکای سفید
۳۹	۳-۲-۲-۳- کریستال شیمی گارنت
۴۱	۴-۲-۲-۳- کریستال شیمی کردیریت
۴۳	۵-۲-۲-۳- کریستال شیمی مسکوویت
۴۵	۱-۵-۲-۲-۳- تعیین نوع میکا
۴۶	۱۳-۱-۲-۳- اسپینل
۴۶	۱۴-۱-۲-۳- تورمالین
۴۷	۱۵-۱-۲-۳- اسفن یا تیتانیت
۴۸	۱۶-۱-۲-۳- اپیدوت

۴۸	..... ۳-۲-۱-۱۷-۱ پاک
۴۸	..... ۳-۲-۱-۱۸-۱ کانی های رسی
۴۸	..... ۳-۲-۲-۶-۲ کریستال شیمی اسپینل
۴۹	..... ۳-۲-۲-۷-۲ کریستال شیمی تورمالین
۵۰	..... ۳-۲-۲-۱-۷-۲ تعیین منشأ تورمالین ها
۵۱	..... ۳-۲-۲-۲-۷-۲ رده بندی تورمالین ها
۵۲	..... ۳-۳- آنکلاو
۵۳	..... ۳-۳-۱- آنکلاوهای توده نفوذی کلاه قاضی
۵۳	..... ۳-۳-۱-۱ آنکلاوهای میکروگرانولار فلسیک
۵۳	..... ۳-۳-۱-۲ آنکلاوهای سورمیکاسه
۵۴	..... ۳-۳-۱-۳ زینولیت
۵۴	..... ۳-۴- بافت های سنگ های توده نفوذی کلاه قاضی
۵۵	..... ۳-۴-۱- بافت گرانولار
۵۵	..... ۳-۴-۲- بافت پویی کلیتیک
۵۶	..... ۳-۴-۳- بافت پرتیت
۵۶	..... ۳-۴-۴- بافت میرمکیت
۵۷	..... ۳-۴-۵- بافت سیمپلکتیت
۵۷	..... ۳-۵- میگماتیت
۵۸	..... ۳-۵-۱- میگماتیت های حاصل از ذوب بخشی (آناکسی)
۶۰	..... ۳-۵-۲- ویژگی های بافتی لوکوسوم
۶۰	..... ۳-۵-۲-۱- اندازه دانه
۶۱	..... ۳-۵-۲-۲- شکل دانه
۶۱	..... ۳-۵-۲-۳- جهت یافتگی دانه
۶۲	..... ۳-۵-۲-۴- بافت هایی که بر تبلور از مذاب دلالت می کنند
۶۲	..... ۳-۵-۲-۴-۱- زونینگ ایدیومورفیک در پلاژیوکلاز
۶۳	..... ۳-۵-۲-۴-۲- بافت های جایگزینی اولیه
۶۳	..... ۳-۵-۲-۴-۳- روابط همبری (کنتاکت) دانه ها
۶۴	..... ۳-۵-۲-۴-۴- سطوح بلوری
۶۴	..... ۳-۵-۲-۴-۵- بافت های دیگر
۶۵	..... ۳-۵-۵- عوامل کنترل کننده فابریک میگماتیت ها
۶۵	..... ۳-۶- نتایج حاصل از بررسی های پتروگرافی سنگ های نفوذی و آنکلاوهای کلاه قاضی

## فصل چهارم: ژئوشیمی

۶۷	۱-۴- مقدمه .....
۶۷	۲-۴- تفکیک آهن ۲ و ۳ ظرفیتی در سنگ .....
۶۹	۳-۴- بررسی داده های ژئوشیمیایی حاصل از آنالیز سنگ کل .....
۷۰	۴-۴- نام گذاری سنگ ها .....
۷۰	۱-۴-۴- نام گذاری براساس نسبت مجموعه آکالی در مقابل $SiO_2$ .....
۷۰	۱-۴-۴-۱- نمودار طبقه بندی لوباس و همکاران (۱۹۸۶) .....
۷۱	۲-۴-۴- رده بندی کاتیونی دولاروش و همکاران (۱۹۸۰) .....
۷۲	۳-۴-۴- نام گذاری سنگ ها بر اساس نورم .....
۷۳	۵-۴- تعیین نوع سری ماگمایی .....
۷۳	۱-۵-۴- نمودار $SiO_2$ در مقابل $K_2O+Na_2O$ ابروین و باراگر (۱۹۷۱) .....
۷۴	۲-۵-۴- نمودار $SiO_2$ در مقابل $K_2O+Na_2O-CaO$ فراست و همکاران (۲۰۰۱) .....
۷۴	۳-۵-۴- نمودار تعیین میزان پتاسیم سنگ های ماگمایی (لومتر و همکاران، ۱۹۸۹) .....
۷۵	۴-۵-۴- نمودار های تفکیک سنگ های ماگمایی از نظر آلومین .....
۷۵	۱-۴-۵-۴- نمودار تعیین درجه اشباع شدگی از آلومینیم (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹) .....
۷۶	۲-۴-۵-۴- نمودار مغازی و همکاران (۲۰۰۴) .....
۷۶	۶-۴- بررسی دیاگرام های هارکر .....
۷۷	۱-۶-۴- هارکر عناصر اصلی .....
۷۸	۲-۶-۴- روند تغییرات عناصر کمیاب نسبت به $SiO_2$ .....
۷۹	۷-۴- ژئوشیمی عناصر نادر خاکی (REEs) و کمیاب .....
۷۹	۱-۷-۴- نمودار بهنجارسازی عناصر خاکی (REEs) نسبت به کندریت .....
۸۱	۸-۴- نتیجه گیری .....

## فصل پنجم: پتروژنز و ایزوتوپ های پایدار

۸۲	۱-۵- مقدمه .....
۸۲	۲-۵- تعیین درجه ذوب بخشی سنگ منشاء .....
۸۳	۳-۵- نمودار های مناسب برای تعیین سیر تحولی ماگما .....
۸۴	۴-۵- تعیین جایگاه تکتونیکی .....
۸۴	۱-۴-۵- تعیین محیط تکتونیکی بر اساس تقسیم بندی پیرس و همکاران (۱۹۸۴) .....
۸۵	۲-۴-۵- تعیین جایگاه تکتونیکی بر اساس نظر مانیار و پیکولی (۱۹۸۹) .....

۵-۵- زمین دما - فشار سنجی توده گرانیتوئیدی کلاه قاضی .....	۸۵
۵-۶- منشأ گرانیتوئید کلاه قاضی و ارائه مدل پتروژنزی برای سنگ های نفوذی این منطقه .....	۸۶
۵-۷- ایزوتوپ های پایدار اکسیژن و هیدروژن .....	۸۷
۵-۷-۱- ایزوتوپ هیدروژن .....	۸۷
۵-۷-۲- ایزوتوپ اکسیژن .....	۸۸
۵-۸- نتیجه گیری .....	۹۵
نتیجه گیری و پیشنهادات .....	۹۵
نتیجه گیری .....	۹۵
پیشنهادات .....	۹۵
منابع و مآخذ .....	۹۶
پیوست .....	۱۰۴

## فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و راه های دسترسی به آن (اقتباس از اطلس راه های ایران، ۱۳۸۴). ۲۰	
شکل ۱-۲ سنگ های نفوذی کلاه قاضی در عکس ماهواره ای نمایش داده شده است. ۳	
شکل ۱-۳ جایگاه سنگ های نفوذی مورد مطالعه در پهنه سنندج سیرجان و موقعیت نزدیک ترین شهر و روستاها به این منطقه. ۴	
شکل ۱-۴ نمایی از منطقه مورد مطالعه (دید به سمت شمال). ۶	
شکل ۱-۵ موقعیت توده نفوذی کلاه قاضی نسبت به سنگ آهک های کوه مجاور (دید به سمت شمال). ۶	
شکل ۱-۶ تصویری از شکستگی هایسنگ های نفوذی منطقه که در اثر عوامل تکتونیکی ایجاد شده است(دید به سمت شمال). ۶	
شکل ۱-۷ وجود درزه های مزدوج در سنگ های مورد مطالعه که نشانه حرکات تکتونیکی در این منطقه است. ۷	
شکل ۱-۸ تصویری از فرسایش پوسته پیازی در سنگ های مورد بررسی. ۷	
شکل ۲-۱ جایگاه زمین شناسی ایران در نوار چین خورده آلپ-هیالیا (آقناباتی، ۱۳۸۳). ۹	
شکل ۲-۲ واحدهای زمین شناختی و ساختمانی ایران (آقناباتی، ۱۳۸۳). ۱۰	
شکل ۲-۳ جایگاه منطقه مورد مطالعه. ۱۲	
شکل ۲-۴ نقشه ساده شده از منطقه مورد مطالعه براساس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ چهار گوشه اصفهان (زاهدی، ۱۹۷۶). ۱۵	
شکل ۳-۱ تصویری از ادخال بلورهای بیوتیت درون بلور کوارتز (XPL). ۲۰	
شکل ۳-۲ سرسیتی زاسیون شدید بلورهای پلاژیوکلاز در سنگ های مورد تحقیق (XPL). ۲۱	
شکل ۳-۳ بلور ارتوکلاز به همراه کوارتز زمینه سنگ را تشکیل می دهند. ۲۱	
شکل ۳-۴ در اثر واکنش ارتوکلاز با پلاژیوکلاز، میرمکیت حاصل شده است (XPL). ۲۲	
شکل ۳-۵ خمیدگی حاصل از استرس تکتونیکی در بلور بیوتیت موجود در سینوگرانیت های منطقه کلاه قاضی (XPL). ۲۳	
شکل ۳-۶ ترکیب فلدسپارهای سنگ های توده گرانیوتوئیدی کلاه قاضی، بر اساس نمودار Or-Ab-An (دیر و همکاران، ۱۹۹۲). ۲۸	
شکل ۳-۷ بر اساس نمودارفلیت و دیر(۲۰۰۳) بیوتیت های سنگ ها و آنکلاوهای منطقه همراه با مسکویت و کوارتز می باشند. ۳۰	

- شکل ۳-۸ ترکیب بیوتی های مورد بررسی در نمودار  $MgO-(FeO^*+MnO)-10TiO_2$  (ناچیت و همکاران، ۲۰۰۵) ..... ۳۰
- شکل ۳-۹ بیوتیت ها در محدوده  $TiO_2$  بیشتر و گستره  $\#Mg$  بالاتر قرار گرفته اند ..... ۳۱
- شکل ۳-۱۰ نمودار تعیین دمای تبلور بیوتیت های سنگ های آذرین هنری و همکاران (۲۰۰۵) ..... ۳۱
- شکل ۳-۱۱ موقعیت قرارگیری میکاهای سنگ ها و آنکلاوهای منطقه کلاه قاضی در نمودار  $(Fe^{+2}/Fe^{+2}+Mg)$  در مقابل  $Al^{VI}$  (دیر و همکاران، ۱۹۹۲) ..... ۳۲
- شکل ۳-۱۲ میکاهای سنگ ها و آنکلاوهای منطقه کلاه قاضی بر اساس نمودار رده بندی ریدر و همکاران (۱۹۹۸) در محدوده بیوتیت واقع شده اند ..... ۳۲
- شکل ۳-۱۳ ترکیب میکاهای مورد بررسی در نمودار  $(Al^{VI}+Fe^{+3}+Ti)-(Mn+Fe^{+2})-Mg$  فوستر (۱۹۶۰) ..... ۳۳
- شکل ۳-۱۴ موقعیت میکاهای سنگ ها و آنکلاوهای منطقه کلاه قاضی در نمودار  $Al_2O_3$  در برابر  $FeO^*$  (عبدالرحمان، ۱۹۹۴) ..... ۳۳
- شکل ۳-۱۵ موقعیت میکاهای منطقه بر روی نمودار  $Al_2O_3$  در برابر  $MgO$  (عبدالرحمان، ۱۹۹۴) ..... ۳۴
- شکل ۳-۱۶ موقعیت میکاهای منطقه بر روی نمودار  $Al$  در برابر  $Mg$  (ناچیت و همکاران، ۲۰۰۵) ..... ۳۴
- شکل ۳-۱۷ حضور پتاسیم فلدسپار درون شکستگی های کانی گارنت گرانودیوریت کلاه قاضی (PPL) ..... ۳۵
- شکل ۳-۱۸ کردیریت های رستیتی در مونوزوگرانیت های کلاه قاضی (XPL) ..... ۳۶
- شکل ۳-۱۹ ارتباط میان کانی آندالوزیت و دیگر کانی ها در مونوزوگرانیت های کلاه قاضی (XPL) ..... ۳۶
- شکل ۳-۲۰ ارتباط میان کیانیت و آندالوزیت در مونوزوگرانیت های کلاه قاضی (XPL) ..... ۳۷
- شکل ۳-۲۱ ادخال کانی زیرکن درون کانی بیوتیت که بیانگر به ارث رسیدن این کانی از سنگ منشأ می باشد (XPL) ..... ۳۷
- شکل ۳-۲۲ محاط شدن سوزن های نازک و طویل آپاتیت توسط بلور های پلاژیوکلاز مونوزوگرانیت کلاه قاضی (XPL) ..... ۳۸
- شکل ۳-۲۳ ترکیب شیمیایی گارنت های گرانودیوریت کلاه قاضی بر روی نمودار سه گوش گارنت ها ..... ۴۰
- شکل ۳-۲۴ تعیین خاستگاه گارنت های گرانودیوریت کلاه قاضی (اقتباس از هارانگی و همکاران، ۲۰۰۱) ..... ۴۱
- شکل ۳-۲۵ تعیین موقعیت کردیریت های گرانیتوئید کلاه قاضی در نمودار  $\Sigma chc$  نسبت به  $Mg/Mg+Fe+Mn$  ، اقتباس از پیریرا (۱۹۹۴) ..... ۴۳
- شکل ۳-۲۶ نمودار تفکیک مسکویت از فنریت و سلادونیت در سینوگرانیت های کلاه قاضی (داوودیان دهکردی، ۱۳۸۴) ..... ۴۵
- شکل ۳-۲۷ نمودار تعیین مسکویت های منطقه کلاه قاضی، اقتباس از مونیر و همکاران (۱۹۸۴) ..... ۴۵
- شکل ۳-۲۸ نمودار مثلی ترکیب شیمیایی میکاهای سفید سینوگرانیت های کلاه قاضی، اقتباس از میلر و همکاران (۱۹۸۱) ..... ۴۶

عنوان	صفحه
شکل ۳-۲۹ بافت کشتی- جدایشی در تورمالین های مورد سخن که تشکیل آن را شاید بتوان به تأثیر فاز کوهزایی سیمیرین نسبت داد (XPL).....	۴۷
شکل ۳-۳۰ حضور کانی های بی شکل اسفن در گرانودیوریت های کلاه قاضی (XPL).....	۴۷
شکل ۳-۳۱ بی دوت زایی بلور های بیوتیت در مونزوگرانیت های کلاه قاضی (XPL).....	۴۸
شکل ۳-۳۲ ترسیم تورمالین های منطقه بر روی نمودار های سه تایی Al-Fe50-Mg50 (هنری گوتی، ۱۹۸۵).....	۵۱
شکل ۳-۳۳ تقسیم بندی تورمالین های منطقه با استفاده از نمودار X-vacancy/Na+X-vacancy در برابر Mg/Mg+Fe از هورتون و هنری (۱۹۹۹).....	۵۲
شکل ۳-۳۴ تقسیم بندی انواع تورمالین ها بر اساس موقعیت X از هورتون و هنری (۱۹۹۹).....	۵۲
شکل ۳-۳۵ آنکلاو رستیتی در گرانودیوریت های کلاه قاضی.....	۵۴
شکل ۳-۳۶ گزنولیت های موجود در توده نفوذی کلاه قاضی.....	۵۴
شکل ۳-۳۷ بافت گرانولار، اصلی ترین بافت گرانیتوئید کلاه قاضی (XPL).....	۵۵
شکل ۳-۳۸ بافت رایج در گرانیتوئید کلاه قاضی، بافت پویی کیلیتیک می باشد (XPL).....	۵۶
شکل ۳-۳۹ تشکیل بافت پرتیت در گرانیتوئید کلاه قاضی تحت تأثیر نیروهای تکتونیکی در منطقه (XPL).....	۵۶
شکل ۳-۴۰ تشکیل بافت میرمکیت در اثر اعمال استرس در گرانیتوئید کلاه قاضی (XPL).....	۵۷
شکل ۳-۴۱ نمایش بخش های مختلف میگماتیت.....	۵۸
شکل ۳-۴۲ شکل کلی ذوب بخشی پوسته و تشکیل میگماتیت ها، اقتباس از اوباتا و همکاران (۱۹۹۴).....	۵۹
شکل ۳-۴۳ تصویر ماکروسکوپی از میگماتیت کلاه قاضی.....	۶۰
شکل ۳-۴۳ حضور کانی های روشن درشت در لوکوسوم میگماتیت کلاه قاضی (XPL).....	۶۱
شکل ۳-۴۴ ارتوکلازهای تمام شکل تشکیل دهنده لوکوسوم کلاه قاضی (XPL).....	۶۱
شکل ۳-۴۵ عدم جهت یافتگی در کانی های تشکیل دهنده لوکوسوم کلاه قاضی (XPL).....	۶۲
شکل ۳-۴۶ زونینگ ایدیومورفیک در پلاژیوکلاز های لوکوسوم کلاه قاضی (XPL).....	۶۲
شکل ۳-۴۷ جایگزینی پتاسیم فلدسپار توسط میرمکیت در لوکوسوم های کلاه قاضی (XPL).....	۶۳
شکل ۳-۴۸ تبلور کانی هایی با سطوح بلوری در لوکوسوم کلاه قاضی بیانگر تبلور آن ها از مذاب است (XPL).....	۶۴
شکل ۳-۴۹ خاموشی موجود در کوارتز های تشکیل دهنده لوکوسوم های کلاه قاضی (XPL).....	۶۵
شکل ۴-۱ دیاگرام آلکالی-سیلیس و نسبت FeO/(FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) جهت سنگ های آذرین درونی (لومتر و همکاران، ۱۹۸۹).....	۶۸
شکل ۴-۲ رده بندی سنگ های منطقه کلاه قاضی بر اساس نمودار لوباس و همکاران (۱۹۸۶).....	۷۱
شکل ۴-۳ موقعیت قرارگیری گرانیتوئید کلاه قاضی بر روی نمودار کاتیونی R <sub>1</sub> -R <sub>2</sub> (دولاروش و همکاران، ۱۹۸۰).....	۷۲

عنوان	صفحه
شکل ۴-۴ نمودار طبقه بندی لومتر (۱۹۸۹) و موقعیت قرار گیری گرانیتوئید های کلاه قاضی	۷۲
شکل ۴-۵ موقعیت قرار گیری نمونه های مورد مطالعه در نمودار تقسیم بندی سنگ های گرانیتوئیدی ارائه شده از اشتريکایزن و لومتر (۱۹۷۹)	۷۳
شکل ۴-۶ موقعیت قرار گیری نمونه ها در نمودار سیلیس در مقابل مجموع آلکالی ایروین و باراگار (۱۹۷۱)	۷۳
شکل ۴-۷ در نمودار $SiO_2$ در مقابل $K_2O+Na_2O-CaO$ (فراست و همکاران، ۲۰۰۱)، سنگ های منطقه کلاه قاضی در محدوده کالک آلکالن قرار گرفته اند	۷۴
شکل ۴-۸ در نمودار $K_2O$ در مقابل $SiO_2$ (لومتر و همکاران، ۱۹۸۹) نمونه ها در محدوده پتاسیم زیاد قرار گرفته اند	۷۵
شکل ۴-۹ تعیین مقدار آلومین موجود در نمونه های مورد مطالعه (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹)	۷۵
شکل ۴-۱۰ بررسی شاخص آلومین در گرانیتوئید کلاه قاضی با استفاده از نمودار مغازی و همکاران (۲۰۰۴)	۷۶
شکل ۴-۱۱ نمایش نمودار های هارکر اکسید های عناصر اصلی	۷۸
شکل ۴-۱۲ نمودار های تغییرات عناصر کمیاب نسبت به سیلیس	۷۹
شکل ۴-۱۳ الگوی بهنجار سازی عناصر نادر خاکی (REEs) نسبت به کندریت (برگرفته از سان و مک دوناف، ۱۹۸۹)	۸۰
شکل ۵-۱ بررسی روند ذوب بخشی در نمونه های مورد بررسی	۸۳
شکل ۵-۲ نمودار تعیین موقعیت تکتونیکی گرانیتوئید کلاه قاضی با استفاده از عناصر Rb و Yb+Ta (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴)	۸۴
شکل ۵-۳ نمودار تعیین موقعیت تکتونیکی گرانیتوئید کلاه قاضی (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹)	۸۵
شکل ۵-۴ نمودار تعیین دمای تشکیل توده نفوذی کلاه قاضی (واتسون و هریسون، ۱۹۸۳)	۸۶
شکل ۵-۵ نمودار تعیین فشار توده نفوذی کلاه قاضی	۸۶
شکل ۵-۶ محدوده تغییرات ایزوتوپ های اکسیژن در سنگ های مختلف (گونتر، ترجمه اعتمادی، ۱۳۷۰)	۹۰
شکل ۵-۷ نمودار $\delta D$ - $\delta O$ به منظور تعیین تأثیر احتمالی فعالیت هیدروترمال روی سنگ های پلوتونیک کلاه قاضی	۹۱
شکل ۵-۸ نمودار تغییرات Sr و Zr در برابر $\delta^{18}O$ سنگ کل نمونه های گرانیتوئید کلاه قاضی (هریس و آشوال، ۲۰۰۲)	۹۱
شکل ۵-۹ نمودار مقایسه دامنه تغییرات ایزوتوپ های اکسیژن و هیدروژن برای آب های ماگمایی، دگرگونی، گرمایی، اقیانوسی و سطحی (لارسن و تایلور، ۱۹۷۱)	۹۲
شکل ۵-۱۰ نمودار معادله های دماسنجی ایزوتوپی اکسیژن (تایلور، ۱۹۷۴)	۹۳
شکل ۵-۱۱ ترسیم $\delta D$ در مقابل $\delta^{18}O$ سنگ کل توده نفوذی کلاه قاضی (اقتباس از لارسن و تایلور، ۱۹۷۱)	۹۴



## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۱۸.....	جدول ۱-۳ علامت های اختصاری کانی های سنگ های مورد مطالعه (کرتز، ۱۹۸۳).....
۲۴.....	جدول ۲-۳ نتایج آنالیز EDS پلاژیوکلازهای سنگ های مونزوگرانیته کلاه قاضی.....
۲۵.....	ادامه جدول ۲-۳ نتایج آنالیز EDS پلاژیوکلازهای سنگ های مونزوگرانیته کلاه قاضی.....
۲۵.....	ادامه جدول ۲-۳ نتایج آنالیز EDS پلاژیوکلازهای سنگ های مونزوگرانیته کلاه قاضی.....
۲۶.....	جدول ۳-۳ نتایج آنالیز EDS فلدسپار های پتاسیم سنگ های مونزوگرانیته کلاه قاضی.....
۲۶.....	ادامه جدول ۳-۳ نتایج آنالیز EDS فلدسپار های پتاسیم سنگ های سینوگرانیته کلاه قاضی.....
۲۷.....	ادامه جدول ۳-۳ نتایج آنالیز EDS فلدسپار های پتاسیم سنگ های سینوگرانیته کلاه قاضی.....
۲۷.....	ادامه جدول ۳-۳ نتایج آنالیز EDS فلدسپار های پتاسیم سنگ های گرانودیوریتی کلاه قاضی.....
۲۸.....	ادامه جدول ۳-۳ نتایج آنالیز EDS فلدسپار های پتاسیم سنگ های گرانودیوریتی کلاه قاضی.....
۲۹.....	جدول ۴-۳ نتایج آنالیز EDS بیوتیت های سنگ ها و آنکلاوهای منطقه کلاه قاضی.....
۴۰.....	جدول ۵-۳ نتایج آنالیز EDS گارنت های گرانودیوریت های منطقه کلاه قاضی.....
۴۳.....	جدول ۶-۳ نتایج آنالیز میکروپروب کردیریت های منطقه کلاه قاضی.....
۴۴.....	جدول ۷-۳ نتایج آنالیز میکروپروب مسکویت های سینوگرانیته های کلاه قاضی.....
۴۹.....	جدول ۸-۳ نتایج آنالیز میکروپروب اسپینل های موجود در سنگ های منطقه کلاه قاضی.....
۵۰.....	جدول ۹-۳ نتایج آنالیز میکروپروب تورمالین های منطقه کلاه قاضی.....
۶۸.....	جدول ۱-۴ نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی سنگ های نفوذی کلاه قاضی به روش XRF.....
۶۹.....	جدول ۲-۴ داده های مربوط به نورم سنگ های نفوذی کلاه قاضی.....
۸۹.....	جدول ۱-۵ نتایج حاصل از آنالیز ایزوتوپ های پایدار توده نفوذی کلاه قاضی.....

## فصل اول

### کلیات

#### ۱-۱ مقدمه

پهنه سنندج - سیرجان در اصل جزئی از ایران مرکزی به شمار می رود ولی با اختصاصات ویژه ای از آن متمایز می شود. این پهنه به صورت نوار طویل دگرگون شده ای در امتداد و به موازات روراندگی زاگرس قرار دارد و نیز، آتشفشان های ترشیری در آن بسیار اندک است. پهنه سنندج- سیرجان در شمار نا آرام ترین و به عبارتی فعال ترین پهنه ساختمانی ایران محسوب می شود و تا سنوزوئیک فاز های دگرگونی و ماگماتیسم مهمی را پشت سر گذاشته است. این پهنه را می توان از ناحیه گلپایگان به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم نمود (درویش زاده، ۱۳۷۰).

- درویش زاده (۱۳۷۰)، ویژگی های پهنه سنندج - سیرجان را به صورت زیر بر می شمرد:
- دگرگونی شدید پرکامبرین که در گلپایگان و به ویژه بخش جنوبی این نوار دیده می شود. - در طی دوران پالئوزوئیک رسوبات تخریبی و سنگ های آتشفشانی بین لایه ای در آن تشکیل شده است.
  - وفور رسوبات آواری شیلی پرمین را می توان نتیجه بالا آمدگی این بخش از فلات ایران بر اثر حرکات هرسی نین دانست.
  - در تریاس میانی دگرگونی و تغییر شکل شدیدی را متحمل شده و سنگ های دگرگونی حاجی آباد اسفندقه، حوالی سیرجان که توده های نفوذی محلی نتیجه آن است.
  - رسوب گذاری ژوراسیک از نوع تخریبی و همراه با آن، آتشفشانی زیر دریایی است.
  - دگرگونی شدید سیمین در اواخر ژوراسیک به ویژه در بخش شمالی آن مشاهده شده است.
  - دگرگونی و گرانیته زایی در کرتاسه پایانی - پالئوسن یکی دیگر از ویژگی های این پهنه است.

- و بالاخره در فاز کوهزایی بین ائوسن - اولیگوسن توده های بازیک در بخش شمالی این نوار به چشم می خورد.

### ۲-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه

گرانیتوئید کلاه قاضی در ۲۰ کیلومتری جنوب - جنوب شرق اصفهان و در موقعیت طول جغرافیایی ۵۵° ۵۱' شمالی و عرض جغرافیایی ۲۰° ۳۲' شرقی واقع شده است و شامل توده های مجزا از هم می باشد. این توده ها در منتهی البیه جنوب سلسله کوه کلاه قاضی واقع است و به نام گرانودیوریت کلاه قاضی نامیده شده است. توده های مزبور قدیم تر از بارمین است. کنگلومرای قاعده ای بارمین - آپسین قطعات فراوانی از این توده را در بر دارد (زاهدی ۱۹۷۶). به طوریکه کنگلومرا روی آن ها و شیل های ژوراسیک را می پوشاند. همچنین با توجه به اینکه توده گرانیتوئیدی کلاه قاضی در شیل ها نفوذ نموده و ایجاد هاله دگرگونی کرده است، سن آن را به ژوراسیک فوقانی نسبت می دهند (درویش زاده ۱۳۷۰).

### ۳-۱ راه های ارتباطی به منطقه مورد مطالعه

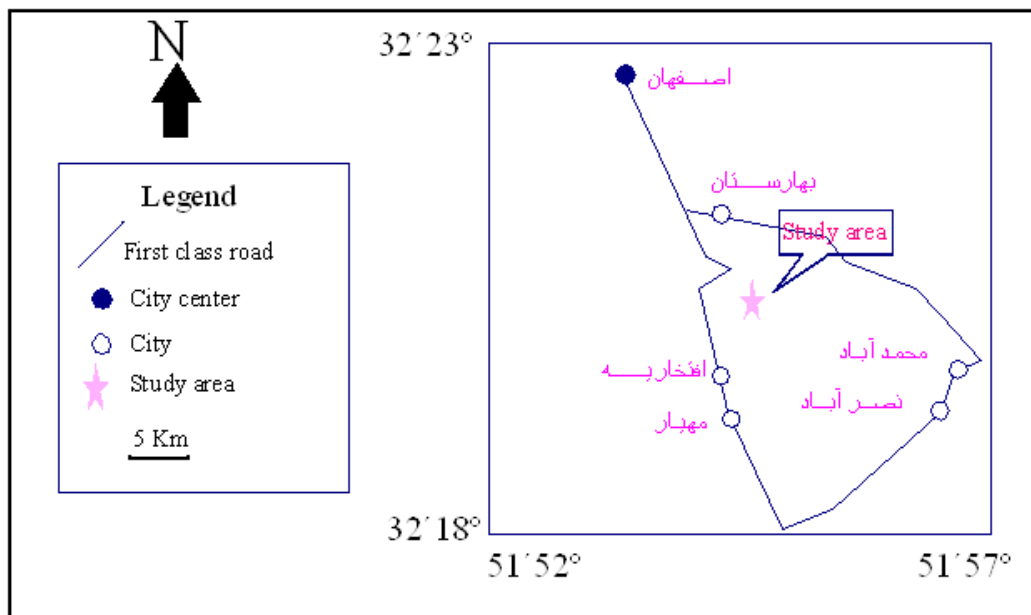
دسترسی به منطقه کلاه قاضی به چند طریق امکان پذیر می باشد:

(۱) اتوبان اصفهان به شهرضا که این راه از طریق گردنه لاشر با انشعاب یک جاده خاکی به سمت شرق وارد منطقه مورد نظر می شود.

(۲) جاده اصفهان به محمد آباد جرقویه، که پس از عبور از شهر جدید بهارستان، قلعه شور، رحیم آباد، گنج آباد و قارنه به شهر محمد آباد جرقویه می رسد.

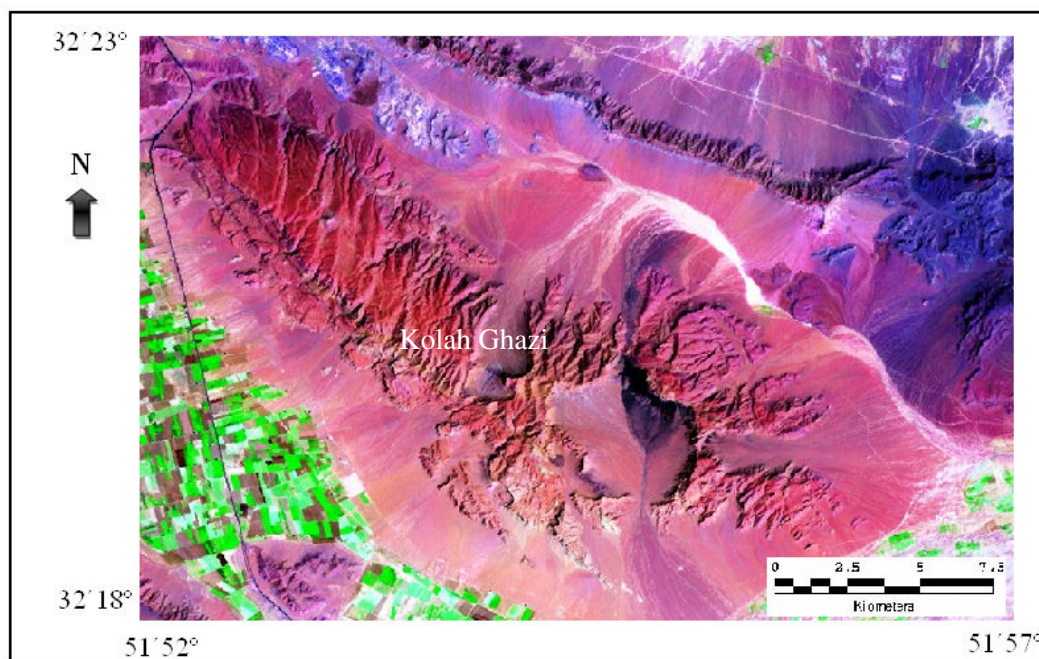
(۳) راه انشعابی از جاده اصلی اصفهان - شهرضا، موسوم به جاده افتخاریه که پس از گذشتن از مزارع کشاورزی و کانال آب جرقویه به پاسگاه محیط بانی محمد آباد لاگور می رسد.

(۴) جاده شهرضا به پرزان از سمت جنوب منطقه مورد مطالعه.



شکل ۱-۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و راه های دسترسی به آن (اقتباس از اطلس راه های ایران، ۱۳۸۴)

تصویر ماهواره ای (شکل ۱-۲) موقعیت سنگ های نفوذی مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱-۲ سنگ های نفوذی کلاه قاضی در عکس ماهواره ای نمایش داده شده است.

رخنمون اصلی سنگ های پلوتونیک مورد بررسی در دره سوروش جان و لاگور می باشد. موقعیت سنگ های نفوذی نسبت به نزدیک ترین شهر و روستاهای همجوارش (بهارستان، محمد آباد، رحیم آباد، نصر آباد و افتخاریه) و جایگاه آن بروی نقشه ایران آورده شده است (شکل ۱-۳).