



دانشگاه ارومیه

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین شناسی

گرایش پترولوژی

عنوان :

شیمی کانی گرانیتوئیدهای چهارگنبد سیرجان. ایران

استاد راهنما

دکتر عبدالناصر فضل نیا

تنظیم و نگارش:

شهیداد طرهانی

شماره ۲-۲۷۸۵

بهمن ۱۳۹۳

"حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ می باشد"

تقدیم به

انوار اهورایی خورشید وجود تمامی خوبانی که در این راه

روشنا بخش مسیرم بوده‌اند.

استاد بزرگوار جناب آقای دکتر فضل‌نیا

همسر مهربانم جناب آقای مهندس فرهاد آزادبخت

و فرزندان دل‌بندم محمدحسین و سپیده

و همه عزیزانی که به نوعی مرهون و مدیون خوبی هایشان

بوده، هستم و خواهم بود.

## تقدیر و تشکر

مهربان بی‌همتای من که خورشید با تمام درخشندگیش تنها سایه‌ای از انوار مهرگستر توست، تو را سپاس می‌گوییم که به من نعمت اندیشیدن آموختی. باری چه سخت می‌نمودم قدم برداشتن در مسیر سنگلاخ گذر از جهل به دانایی، اما خداوند قوتم بخشید تا با پاهای هرچند لرزان در این مسیر صعب هم قدم سرنوشت شوم. با هر گام بستر سفر به سرزمین فرزاندگی را هموارتر از قبل می‌یافتم غافل از آنکه دستان پرمهری که سنگ‌ها را یکی پس از دیگری از جلو پایم برمی‌دارد و با راهنمایی‌های روشن گرانه‌اش مسیر را هم را لحظه به لحظه پرفروغ‌تر از قبل می‌سازد اندیشه جهان افروز استادی بود که از ابتدا تا انتهای این راه را برایم روشن ساخت. به پاس زحمات بی‌کران استاد بزرگوار جناب آقای دکتر فضل‌نیا و به نشانه احترام و به رسم تعظیم و تکریم این پایان‌نامه را به محضر ایشان تقدیم میکنم و تا همیشه عمر مدیون سخاوت و بزرگواری ایشان هستم. همچنین از وقت و حوصله و سخاوت بی‌دریغ اساتید گرانقدر و بزرگوار سرکار خانم دکتر معصومه آهنگری و سرکار خانم دکتر اکرم علیزاده که داوری این پایان‌نامه را متقبل شدند کمال تقدیر و تشکر را دارم.

و در پایان بر خود لازم می‌دانم از خانواده همسرم بخصوص پدرشوه‌ر و مادرشوه‌ر عزیزم که صبورانه و صادقانه همراهیم نمودند تا بتوانم در کمال آسایش و آرامش به تحصیل مشغول شوم، همچنین از زحمات بی‌دریغ برادر بزرگوار جناب آقای مهندس سجاد آزادبخت و خانواده محترمشان و نیز از پشتیبانی همسر عزیزم که در این مدت با صبوری تمام به عنوان یاری همراه و مشوقی مشفق برایم بود و از یاری و مساعدت فرزندانم کمال تقدیر و تشکر را دارم و از خداوند متعال سعادت و سلامت تک تک شما خوبان را خواستارم.

نام خانوادگی: طرهانی	نام: شهید
عنوان پایان نامه: شیمی کانی گرانیتهای چهار گنبد سیرجان	
استاد راهنما: دکتر فضل‌نیا	
رشته تحصیلی: زمین شناسی	مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد
گرایش: پترولوژی	دانشکده: علوم
موسسه: دانشگاه ارومیه	
تعداد صفحه: ۸۵	
کلید واژه‌ها: شیمی کانی، چهارگنبد، دما-فشار سنجی، کالک آلکالن	
<p style="text-align: center;"><b>چکیده</b></p> <p>توده گرانیتهای چهارگنبد سیرجان با ترکیب دیوریت تا آلکالی فلدسپارگرانیت در جنوب شرقی زون ماگمایی ارومیه-دختر نفوذ نموده است. نفوذ باتولیت چهارگنبد سیرجان در ارتباط با آخرین مراحل فعالیت فرورانشی نفوتتیس به زیر ایران مرکزی بوده است. که درون تشکیلات آتشفشانی آندزیتی-داسیتی ائوسن نفوذ کرده است. ترکیب کانی شناسی اصلی تشکیل دهنده این سنگ‌ها عبارتند از کوارتز، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار و آمفیبول همراه با کانی‌های فرعی بیوتیت، پیروکسن، آپاتیت، مگنتیت و تیتانیت. بررسی شیمی کانی در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که آلکالی فلدسپارها در رده ارتوز قرار می‌گیرند، و پلاژیوکلازها در سنگ‌های اسیدی‌تر از نوع سدیک (بین ۵۲-۸۳ درصد آلبیت) در انواع بازیک‌تر از نوع کلسیک (بین ۴۵-۵۸ درصد آنورتیت) می‌باشد. این کاهش ملایم در مقدار کلسیم تفریق ماگمایی در آشیانه ماگما را نشان می‌دهد. کلینو-پیروکسن‌های منطقه از نوع کلسیک بوده و ترکیب آن‌ها اوزیتی می‌باشد. آمفیبول‌ها در گروه کلسیک و در زیرگروه مگنزینو-هورنبلند قرار می‌گیرند. دانه‌های بیوتیت از نظر <math>\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})</math> و <math>\text{TiO}_2</math> در کلیه انواع سنگی دارای محدوده ترکیبی وسیعی هستند. بر اساس نمودارهای تعیین کننده سری ماگمایی کانی‌ها، توده گرانیتهای مورد مطالعه از نوع I بوده و دارای ماهیت کالک آلکالن هستند. برای تعیین دما و فشار از کانی‌های پیروکسن، آمفیبول، بیوتیت و زوج کانی هورنبلند-پلاژیوکلاز استفاده شده است. نتیجه کلی بر اساس حرارت‌سنج‌ها و فشارسنج‌ها نشان می‌دهد که فشارهایی بین ۱/۵ و ۳/۵ کیلوبار (عماق بین ۵/۵ و ۱۲) و حرارت‌های بین ۷۵۰ و ۹۰۰ درجه سانتیگراد داشته است.</p>	

## فهرست مطالب

صفحه

۱	..... فصل اول: کلیات
۱	..... ۱-۱- مقدمه
۲	..... ۲-۱- هدف از مطالعه
۲	..... ۳-۱- مطالعات قبلی
۳	..... ۴-۱- سازماندهی پایان نامه
۳	..... ۵-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۵	..... ۶-۱- آب و هوا و پوشش گیاهی
۶	..... ۷-۱- ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه
۶	..... ۸-۱- روش نمونه برداری
۶	..... ۹-۱- معرفی داده ها
۸	..... فصل دوم: زمین شناسی عمومی و جایگاه تکتونیکی منطقه مورد مطالعه
۸	..... ۱-۲- مقدمه
۸	..... ۲-۲- زون سنندج-سیرجان
۱۱	..... ۳-۲- کمر بند ماگمایی ارومیه- دختر
۱۴	..... ۴-۲- زمین شناسی کرمان
۱۵	..... ۵-۲- تشکیلات زمین شناسی منطقه مورد مطالعه
۱۵	..... ۱-۵-۲- پالئوزوئیک
۱۵	..... ۲-۵-۲- مزوزوئیک
۱۶	..... ۳-۵-۲- سنوزوئیک
۱۶	..... ۶-۲- ماگماتیسیم در منطقه مورد مطالعه
۱۶	..... ۱-۶-۲- سنگ های نیمه عمیق تراکی بازالتی
۱۷	..... ۲-۶-۲- سنگ های کوارتز دیوریت- دیوریت
۱۷	..... ۳-۶-۲- سنگ های گرانیتی و گرانودیوریتی مورد مطالعه
۱۷	..... ۷-۲- مطالعات صحرائی
۱۷	..... ۱-۷-۲- بررسی گرانیتوئیدهای منطقه مورد مطالعه
۱۹	..... ۲-۷-۲- بررسی دایک های موجود
۱۹	..... ۳-۷-۲- بررسی انکلاوهای موجود
۲۱	..... ۴-۷-۲- بررسی اختلاط ماگمایی

۲۲	.....۵-۷-۲-بررسی دگرگونی مجاورتی.....
۲۲	.....۸-۲-بررسی نحوه جایگیری توده.....
۲۳	..... <b>فصل سوم : پترو گرافی</b> .....
۲۳	.....۱-۳-مقدمه.....
۲۴	.....۲-۳-منطقه چهارگنبد.....
۲۴	.....۱-۲-۳-سنگ های نفوذی توده مورد مطالعه.....
۲۵	.....۱-۱-۲-۳-آلکالی فلدسپار گرانیت.....
۲۶	.....۲-۱-۲-۳-سینوگرانیت.....
۲۷	.....۳-۱-۲-۳-مونزوگرانیت.....
۲۸	.....۴-۱-۲-۳-گرانودیوریت.....
۲۹	.....۵-۱-۲-۳-کوارتز مونزودیوریت، کوارتز دیوریت، کوارتز مونزونیت.....
۳۰	.....۶-۱-۲-۳-تونالیت.....
۳۱	.....۷-۱-۲-۳-گابرو.....
۳۲	.....۲-۲-۳-سنگ های دگرگونی اطراف توده .....
۳۳	.....۳-۲-۳-دایک ها .....
۳۳	.....۱-۳-۲-آپلیت ها.....
۳۴	.....۲-۳-۲-۳-میکرو مونزودیوریت کوارتزار، میکرو دیوریت پورفیریک، کوارتز میکرو دیوریت کوارتزار.....
۳۵	.....۳-۳-۲-۳-میکرو دیوریت پیروکسن دار پورفیریک.....
۳۷	.....۴-۲-۳-انکلاوهای موجود.....
۳۷	.....۱-۴-۲-۳-انکلاوهای میکروگرانولار فلسیک.....
۳۸	.....۲-۴-۲-۳-انکلاوهای میکرو گرانولار مافیک.....
۳۹	.....۳-۴-۲-۳-انکلاوهای بیگانه.....
۴۰	..... <b>فصل چهارم : شیمی کانی</b> .....
۴۰	.....۱-۴-مقدمه.....
۴۱	.....۲-۴-شیمی کانی پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم.....
۴۵	.....۳-۴-شیمی کانی کلینوپیروکسن.....
۴۶	.....۱-۳-۴-تعیین ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن ها(Deer et al., 1992).....
۴۷	.....۲-۳-۴-تعیین سری ماگمایی با استفاده از کلینوپیروکسن(Le Bass, 1962).....
۵۴	.....۴-۴-شیمی کانی آمفیبول.....
۵۶	.....۱-۴-۴-تعیین ترکیب شیمیایی آمفیبول ها(Leeke et al., 1997).....
۵۷	.....۲-۴-۴-تعیین محیط تکنوماگمایی با استفاده از آمفیبول(Coltorie et al., 2007).....

۵۷	..... ۴-۵- شیمی کانی بیوتیت
۵۸	..... ۴-۵-۱- تقسیم‌بندی بیوتیت‌ها بر اساس ترکیب شیمیایی (Speer, 1984)
۵۹	..... ۴-۵-۲- تعیین محیط تکتونیکی با استفاده از ترکیب شیمیایی بیوتیت (Abdel-Rahman, 1994)
۶۰	..... ۴-۵-۳- تعیین سری ماگمایی گرانیتوئیدها با استفاده از ترکیب بیوتیت (Nachit et al., 2005)
۶۳	<b>فصل پنجم: ژئوترموبارومتری</b>
۶۳	..... ۵-۱- مقدمه
۶۴	..... ۵-۲- تعیین فشار تبلور کلینو پیروکسن (Wass, 1979)
۶۵	..... ۵-۳- بررسی فشار و مقدار آب موجود در ماگما بر اساس ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن (Coltorti et al., 2000)
۶۶	..... ۵-۴- ویژگی‌های کلی آمفیبول برای تعیین دما و فشار
۶۶	..... ۵-۵- تعیین فشار آمفیبول با استفاده از $Al^{tot}$ در برابر $Fe/Fe+Mg$ (Schmidt, 1992)
۶۸	..... ۵-۶- تعیین دمای تشکیل آمفیبول‌ها بر اساس مقدار $Al^{IV}$ و $Ti$ (Ernst and Liu., 1998)
۶۹	..... ۵-۷- تعیین فوگاسیته اکسیژن ماگمای سازنده گرانیتوئیدها بر اساس ترکیب آمفیبول (Wones, 1972)
۷۰	..... ۵-۸- حرارت‌سنج پلاژیوکلاز-آمفیبول و پلاژیوکلاز-رتوکلاز
۷۱	..... ۵-۹- تعیین دما بر اساس ترکیب شیمیایی بیوتیت‌ها (Hery et al., 2005)
۷۳	<b>فصل ششم: نتایج و پیشنهادات</b>
۷۳	..... ۶-۱- نتیجه‌گیری
۷۴	..... ۶-۲- پیشنهادات
۷۵	..... منابع

## فهرست اشکال

### فصل اول: کلیات

۴	..... ۱-۱- موقعیت توده‌های نفوذی چهارگنبد
۵	..... ۱-۲- راه‌های ارتباطی به منطقه مورد مطالعه

### فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی و جایگاه تکتونیکی منطقه مورد مطالعه

۱۰	..... ۲-۱- واحدهای ساختاری-رسوبی ایران
۱۱	..... ۲-۲- نقشه زمین‌شناسی گرانیتوئیدهای چهارگنبد سیرجان
۱۳	..... ۲-۳- خاستگاه زمین‌شناسی سنندج-سیرجان
۱۸	..... ۲-۴- تصاویر نمونه دستی
۱۹	..... ۲-۵- نمایی از دایک‌های موجود در منطقه



۲-۶- تصاویری از انکلاوهای موجود در توده..... ۲۱

### فصل سوم: پتروگرافی

۳-۱- تصاویر میکروسکوپی آلکالی فلدسپار گرانیته ها ..... ۲۶

۳-۲- تصاویر میکروسکوپی سینوگرانیته ها..... ۲۷

۳-۳- تصاویر میکروسکوپی مونزونیت ها..... ۲۸

۳-۴- تصاویر میکروسکوپی گرانودیوریت ها ..... ۲۹

۳-۵- تصاویر میکروسکوپی کوارتز مونزودیوریت، کوارتز دیوریت و کوارتز مونزونیت ها ..... ۳۰

۳-۶- تصاویر میکروسکوپی تونالیت ها ..... ۳۱

۳-۷- تصاویر میکروسکوپی گابروها ..... ۳۱

۳-۸- تصاویر میکروسکوپی سنگ های دگرگونی اطراف توده..... ۳۳

۳-۹- تصاویر میکروسکوپی آپلیت ها ..... ۳۴

۳-۱۰- تصاویر میکروسکوپی دایک ها ..... ۳۶

۳-۱۱- تصاویر میکروسکوپی انکلاو فلسیک..... ۳۷

۳-۱۲- تصاویر میکروسکوپی انکلاو مافیک ..... ۳۸

۳-۱۳- تصاویر میکروسکوپی زئولیت ها..... ۳۹

### فصل چهارم: شیمی کانی

۴-۱- نمودار نمایش ترکیب شیمیایی بلورهای پلاژیوکلاز در همه انواع سنگی ..... ۴۲

۴-۲- نمودار نمایش ترکیب شیمیایی بلورهای پلاژیوکلاز در نمونه های اسیدی..... ۴۲

۴-۳- نمودار نمایش ترکیب شیمیایی بلورهای پلاژیوکلاز در نمونه های با سیلیس کمتر..... ۴۲

۴-۴- نمودار نمایش ترکیب شیمیایی بلورهای پلاژیوکلاز در بک کوارتز دیوریت و گابرو دیوریت..... ۴۴

۴-۵- نمودار نمایش ترکیب شیمیایی بلورهای کلینوپیروکسن بر روی نمودار مثلثی انستاتیت (En)، ولستونیت (Wo)

و فروسیلیت (Fs). (Deer et al., 1992)..... ۴۶

۴-۶- نمودار تفکیک سری ماگمایی کلینوپیروکسن که نمونه ها در محدوده نیمه قلبیایی قرار می گیرند..... ۴۷

۴-۷- نمودار نمایش ترکیب شیمیایی آمفیبول ها (Leake et al., 1997)..... ۵۶

۴-۸- نمودار تعیین محیط تکتونوماگمایی آمفیبول ها ..... ۵۷

۴-۹- نمودار نمایش ترکیب شیمیایی بیوتیت ها (Nachit et al., 2005)..... ۵۹

۴-۱۰- نمودار تعیین محیط تکتونوماگمایی بیوتیت ها (Rieder and Cavazzini, 1999)..... ۶۰

۴-۱۱- نمودار تعیین محیط تکتونیک بیوتیت ها (Abdel-Rahman, 1994)..... ۶۱

۴-۱۲- نمودار تعیین سری ماگمایی بیوتیت ها (Nachit et al., 2005)..... ۶۲

### فصل پنجم: ژئوترموبارومتري

۶۴	.....۲-۵-نمودار تعیین فشار تبلور کلینوپیروکسن (Wass, 1979)
۶۵	.....۳-۵-نمودار تعیین فشار و مقدار آب موجود در ماگما بر اساس ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن (coltorti et al., 2000)
۶۷	.....۵-۵-نمودار تعیین محدوده فشار آمفیبول با استفاده از $Al^{tot}$ در برابر $Fe/Fe+Mg$ از (Schmidt, 1992)
۶۸	.....۶-۵-نمودار تعیین دمای تشکیل آمفیبولها بر اساس مقدار $Al^{IV}$ و $Ti$ از (Ernst and Liu., 1998)
۶۹	.....۷-۵-نمودار تعیین فوگاسیته اکسیژن ماگمای سازنده گرانیتوئیدها بر اساس ترکیب آمفیبول (Wones, 1972)
۷۱	.....۸-۵-نمودار حرارت سنجی پلاژیوکلاز
۷۲	.....۹-۵-نمودار تعیین دما بر اساس برکیب شیمیایی بیوتیتها (Hery et al., 2005)

## فهرست جداول

### فصل چهارم : شیمی کانی

۴۴	.....۱-۴- تجزیه نقطه‌ای پلاژیوکلاز و فلدسپار آلکان در سنگ‌های گرانیتی با ترکیب مختلف
۴۸	.....۲-۴- تجزیه نقطه‌ای کلینوپیروکسن در سنگ‌های دیوریتی
۵۱	.....۳-۴- تجزیه نقطه‌ای کلینوپیروکسن در سنگ‌های گابرو دیوریتی
۵۵	.....۴-۴- تجزیه نقطه‌ای آمفیبول در سنگ‌های گرانیتی با ترکیب مختلف
۵۸	.....۴-۴- تجزیه نقطه‌ای بیوتیت در سنگ‌های گرانیتی با ترکیب مختلف

### فصل پنجم : ژئوترموبارومتري

۷۰	.....۱-۵- ترمومتري بر اساس هورنبلند-پلاژیوکلاز در سنگ‌های گرانیتی با ترکیب مختلف
----	--

# فصل اول

## کلیات

### ۱-۱- مقدمه:

یکی از فراوانترین سنگ‌های رخنمون یافته در سطح زمین، گرانیت‌ها هستند. گرانیت‌ها بهترین گواه بر فرایند ذوب‌بخشی در گوشته و یا پوسته زمین می‌باشند (Barbarin, 1999؛ Jahn et al., 2000). مذاب‌های گرانیتی به دلیل گرانیروی بالا در هر محیط تکتونیکی می‌توانند به صورت توده‌های نفوذی تشکیل و در طی فرایندهای بعدی رخنمون یابند و ایجاد ساختارهای مختلف را نمایند (Jahn et al., 2000). ترکیب شیمیایی گرانیت‌ها می‌تواند بهترین شاهد برای مشخص کردن شرایط تکتونیک و ذوب‌بخشی در گوشته فوقانی و یا پوسته قاره‌ای-اقیانوسی باشند (Barbarin, 1999؛ Jahn et al., 2000). اگر ذوب‌بخشی در قسمت‌هایی که سرعت تولید مذاب بالا است انجام گردد، مذاب‌هایی فقیر از نظر عناصر فرعی و خاکی نادر تولید می‌شود (مانند برخی گرانیت‌های نوع آذرین) در صورتی که سرعت تولید مذاب پایین باشد، مذاب‌های گرانیتی کم حجم، اما غنی در عناصر فرعی و خاکی نادر تولید می‌شوند (Chappell and White, 1974؛ Whalen et al., 1987؛ Rapp and Watson, 1995؛ Jung et al., 1998؛ Barbarin, 1999).

بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی می‌توان تهی شدن و غنی شدن در این عناصر را تعیین نمود. هر کدام از این نوع گرانیت‌ها مخصوص یک نوع محیط تکتونیکی هستند، بنابراین با تعیین غنی شدن عناصر فوق، می‌توان به محیط تکتونیکی ذوب‌بخشی و جایگزینی گرانیت‌ها پی‌برد (Chappell and White, 1974؛ Whalen et al., 1987؛ Jung et al., 1998). از تلفیق این داده‌ها می‌توان به یک مدل تکتونیکی و یا تأکیدی بر یک مدل تکتونیکی ارائه شده توسط محققین قبل در مورد گرانیت‌ها پی‌برد.

استان کرمان از نظر تقسیمات محیط تکتونیکی ایران و خاورمیانه در بین سه زون ساختاری ارومیه-دختر، سندج-سیرجان و زاگرس واقع شده است. این شرایط باعث پیچیدگی زیاد محیط تکاملی سنگ‌های رخنمون یافته در این قسمت از سرزمین ایران می‌شود. مطالعات انجام شده در بسیاری از نقاط دنیا نشان می‌دهد که این نوع پیچیدگی‌ها بر روی شیمی

سنگ‌های رخنمون یافته تاثیر می‌گذارد (Whalen et al., 1987; Drüppel et al., 2009). بنابراین مطالعه ژئوشیمی سنگ‌ها مخصوصاً سنگ‌هایی که منشا گوشته‌ای و یا پوسته‌ای دارند، می‌توانند کمک شایانی در بازسازی تکتونیک قدیمی مناطق پیچیده باشند. مطالعه شیمی گرانیتوئیدهای چهارگنبد سیرجان می‌تواند در حل پیچیدگی‌های زمین‌شناسی این منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

در این مطالعه علاوه بر بررسی‌های صحرایی و پترولوژیکی، به مطالعه شیمی کانی و ژئوترموبارومتری برای بدست آوردن شرایط جایگزینی گرانیت‌های فوق پرداخته خواهد شد، تا پس از بدست آوردن این مشخصات به محل تولید این نوع از گرانیت‌ها پی برده شود. براساس همه این داده‌ها و تلفیق آن‌ها می‌توان به یک مدل تکتونیک و یا تاکیدی بر مدل‌های ارائه شده توسط محققین قبلی رسید.

## ۱-۲- هدف از مطالعه

اهداف مورد نظر از مطالعه عبارتند:

- تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه
- بررسی زمین‌شناسی عمومی
- تعیین شیمی کانی‌های مختلف موجود در گرانیتوئیدهای منطقه مورد مطالعه
- تعیین منشا و محیط تکتونیک گرانیتوئیدهای مورد مطالعه بر اساس شیمی کانی‌های مورد بررسی
- مطالعه ژئوترموبارومتری کانی‌ها و تعیین شرایط جایگزینی گرانیتوئیدهای مورد مطالعه

## ۱-۳- مطالعات قبلی

منطقه چهارگنبد به دلیل قرار گرفتن در یک بین سه زون ساختاری ارومیه-دختر، سندرچ- سیرجان و زاگرس دارای موقعیت تکتونیک پراهمیتی است و توسط افراد مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته، ولی بیشتر این مطالعات جنبه اقتصادی دارند. از جمله کارهای انجام شده در منطقه مورد مطالعه می‌توان به مطالعات:

- شرب و همکاران (Sgerp et al., 1969) مطالعاتی در منطقه چهارگنبد بخصوص روی معدن چهارگنبد انجام داده‌اند که بیشتر جنبه اقتصادی دارد.

- نشاطی آرانی (۱۳۷۳) مطالعاتی بر روی معدن مس چهارگنبد انجام داد و ارتباط آن را با توده‌های ماگمایی بررسی کرد و در نهایت این سنگ‌ها را به قوس ماگمایی نسبت دادند.

- مطالعات دیمیتریویچ (Dimitrijevic, 1973) که به تقسیم‌بندی ساختاری استان کرمان پرداخته است.
- مطالعات یوگوسلاوی‌ها در سال ۱۹۶۸ که مطالعاتی در رابطه با مسائل زمین‌شناسی، معدنی و ژئوفیزیکی کرمان انجام داده‌اند.
- فضل‌نیا (۱۳۷۹) در قالب پایان‌نامه ارشد گرانیتهای متآلومینوس با طبیعت کالک آلکالن چهارگنبد را مورد مطالعه قرار دادند و آن را مرتبط با آخرین مراحل فرورانش نفوتتیس به زیر ایران مرکزی به سن الیگو-میوسن می‌دانند.

#### ۱-۴- سازماندهی پایان‌نامه

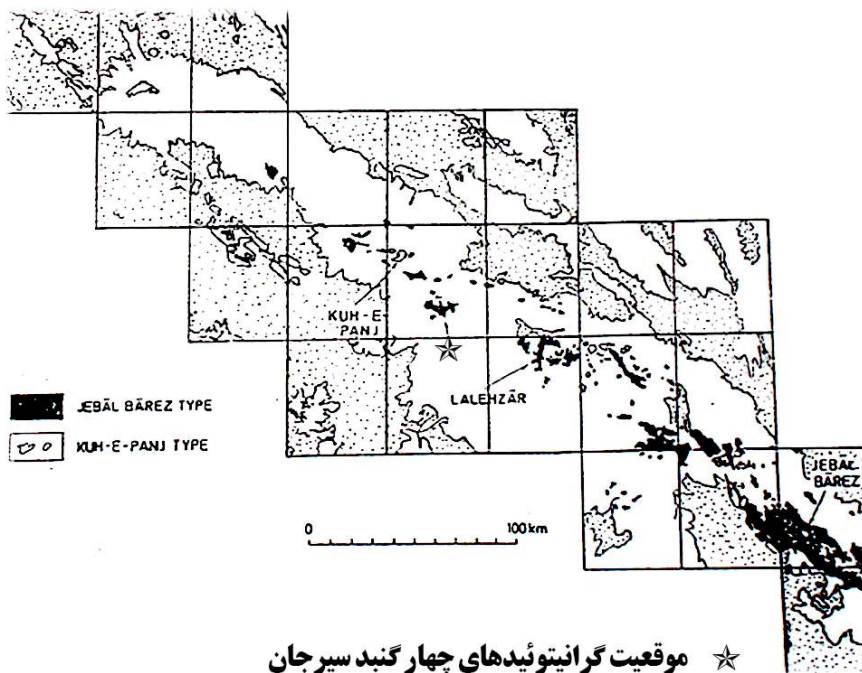
این پایان‌نامه در قالب ۶ فصل سازماندهی شده است:

- فصل اول مشتمل بر کلیاتی از منطقه مورد مطالعه
  - فصل دوم بررسی زمین‌شناسی و موقعیت تکتونیکی منطقه مورد مطالعه
  - فصل سوم پتروگرافی
  - فصل چهارم شیمی‌کانی
  - فصل پنجم ژئوترموبارومتری
  - فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات
- در انتها منابع و مراجع آورده شده است.

#### ۱-۵- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ناحیه چهارگنبد از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در جنوب زون ایران مرکزی و به طور عمده در کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر قرار دارد. کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر به صورت نوار طولی با روند شمال غرب- جنوب شرق از سهند تا بزمان و به موازات زون دگرگون شده سنندج-سیرجان کشیده شده است. این نوار به طور عمده از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ترشیر تشکیل شده است. به طوری که در ورقه چهارگنبد حدود ۷۰ درصد رخنمون‌های سنگی متعلق به سنگ‌های آتشفشانی است، فعالیت پلوتونیسیم به صورت جایگیری توده‌های درونی و نیمه عمیق در زمان‌های الیگوسن و میوسن میانی و بالایی صورت گرفته است. همچنین در بخش‌های جنوبی ناحیه واحدهای افیولیتی کرتاسه در حد واسط دو زون ارومیه-دختر و سنندج-سیرجان قرار گرفته‌اند.

گرانیتوئیدهای مورد مطالعه در جنوب شرقی کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر (نوار آتشفشانی دهج-ساردوئیه) در ۱۲۰ کیلومتری جنوب غرب کرمان قرار دارد. منطقه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی ۵۶° ۲۱ و ۵۶° ۱۰ و عرض‌های جغرافیایی ۲۹° ۳۵ و ۲۹° ۴۱ قرار دارد این گرانیتوئیدها مساحتی حدود ۱۵۰ کیلومتر مربع را دربردارند و تماماً در نقشه ۱/۱ ۰۰۰۰۰ چهار گنبد واقع می‌شوند (Dimitrijevic, 1971).

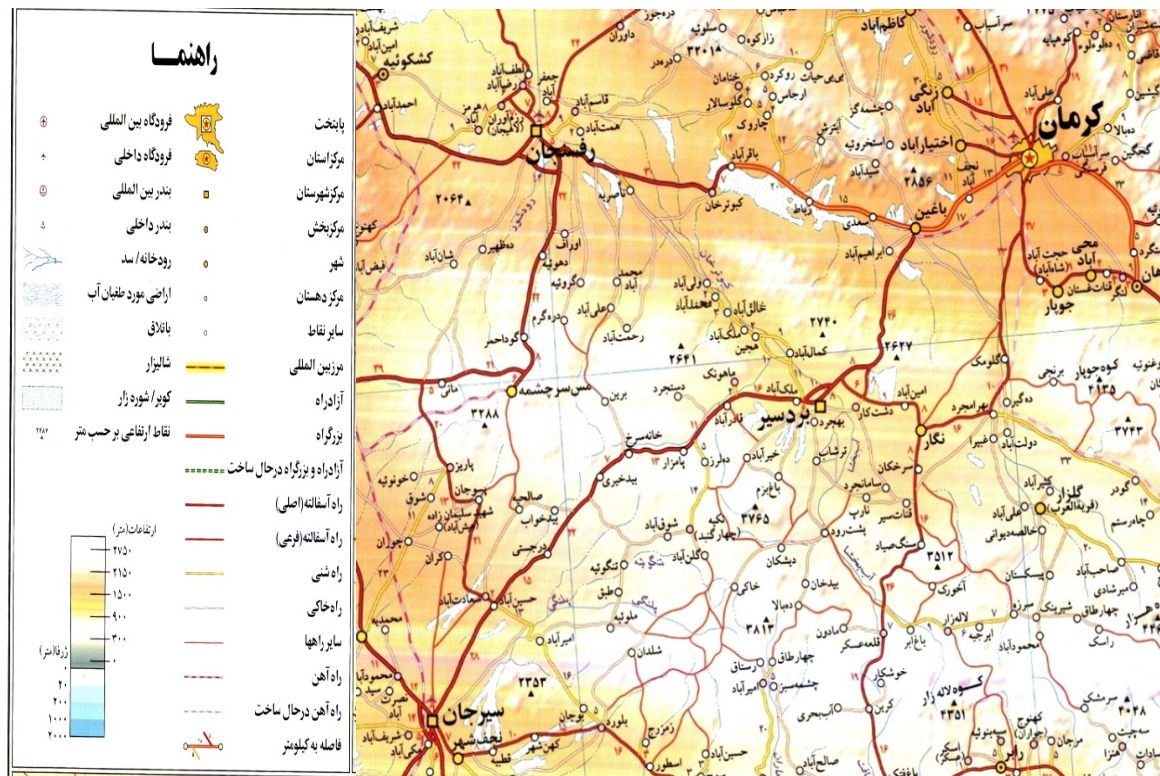


☆ **موقعیت گرانیتوئیدهای چهار گنبد سیرجان**

۱-۱- موقعیت توده‌های نفوذی چهار گنبد.

عمده‌ترین راه‌های ارتباطی به منطقه مورد مطالعه:

- مسیر مستقیم سیرجان-چنارکف که آسفalte است.
- مسیر سیرجان-بلورد-چنارکف که از بلورد به چنارکف مسیر خاکی می‌باشد.
- مسیر کرمان-بردسیر-چهارگنبد که بدلیل کوهستانی بودن مسیر نامناسب است.



شکل ۱-۲- راه‌های ارتباطی به منطقه مورد مطالعه (اقتباس از راه‌های ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰)

## ۱-۶- آب و هوا و پوشش گیاهی

منطقه سیرجان از نظر هواشناسی دارای تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و خشک می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه ۱۴۲ میلی‌متر و رطوبت نسبی ۳۶ درصد و همچنین میانگین درجه حرارت آن حداکثر ۳۷ درجه می‌باشد. بنابراین از آب و هوای سرد بیلابلی برخوردار است، و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۳۵ متر می‌باشد.

از رودخانه‌هایی که در نزدیکی منطقه مورد مطالعه هستند، می‌توان به رودخانه تنگو و با بوجهر اشاره کرد. که در تمام ایام سال آب دارند. با توجه به این که مقدار آب در منطقه زیاد نیست و بیشتر بصورت چشمه، قنات و چاه می‌باشد، تمرکز جمعیت کم و تعداد تمرکزها زیاد است. از لحاظ پوشش گیاهی این منطقه بدلیل کمی ریزش باران و نبود رطوبت کافی گیاهان این منطقه دارای برگ‌های ریز و بریده بریده و حتی گاهی فاقد برگ می‌باشد. کمی باران در این باعث گردیده که زراعت بیشتر به صورت آبی می‌باشد بطوری که زراعت دیم تنها در نواحی سردسیر و کوهستانی و آن هم در سالهایی که بارندگی نسبتاً خوب باشد میسر می‌گردد.

مهمترین محصولات کشاورزی این منطقه عبارتند از: گندم، جو، حبوبات، نباتات علوفه‌ای، پسته، بادام، گردو، انگور و مارچوبه می‌باشد. عمده محصولات درختی منطقه پسته، مرکبات و خرما می‌باشد.

## ۱-۷- ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

کل شهرستان سیرجان ما بین دو رشته کوه از ارتفاعات زاگرس در قسمت که در دو قسمت شرقی و غربی این شهرستان کشیده شده قرار دارد. و دشت وسیعی به مساحت ۱۸۴۸۱ متر مربع در حد فاصل این دو رشته کوه بوجود آمده است، که ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۳۵ متر می‌باشد. منطقه چهارگنبد دارای خصوصیات نیمه‌کوهستانی و دارای پستی و بلندی‌های کوتاه و فراوانی می‌باشد. در مرکز ورقه چهارگنبد جایی که توفها و خاکسترهای آتشفشانی به طور ناپیوسته برونزد دارند، فرسایش موجب پیدایش زمین‌های تقریباً هموار با دره‌هایی با دیوارهای کوتاه شده است. کوه‌های مرتفع نزدیک به منطقه شامل: کوه پنج، کوه بیدخان و کوه چهلتن است. مرتفع‌ترین نقطه به منطقه مورد مطالعه کوه خرسی است.

## ۱-۸- روش نمونه برداری

نمونه برداری این پایان‌نامه توسط استاد راهنما در سال ۱۳۷۸ انجام شده است. برای آشنایی و نحوه نمونه برداری دو بار به منطقه مراجعه شد و در مراجعه اول که صرفاً به منظور آشنایی با منطقه بود تعداد ۲۰ نمونه از گرانیتوئیدها مورد مطالعه برداشت گردید و در مراجعه بعدی نحوه نمونه برداری کاملاً سیستماتیک بود و از کل توده، دایک‌ها، انکلاوها و سنگ‌های همبر تعداد ۲۰۰ نمونه برداشت شد و سعی گردید تا نمونه‌های متنوع، سالم و بدون دگرسانی (بجز نمونه‌هایی که برای مشخص کردن دگرسانی برداشته شده‌اند) برداشت شوند. سپس ۱۲۰ نمونه‌های سالم و متنوع جدا و به کارگاه مقطع‌گیری فرستاده شد.

## ۱-۹- معرفی داده‌ها

پس از نمونه‌برداری منظم از حاشیه به مرکز و مطالعات پتروگرافی، متنوع‌ترین و سالم‌ترین نمونه‌ها برای تجزیه شیمیایی به وسیله دستگاه (XRF) (X-ray Florescence Instrument؛ مدل Philips PW 1480) در دانشگاه کیل آلمان انجام گردید. از همه انواع سنگی، سالم‌ترین نمونه‌ها انتخاب و تجزیه‌های شیمیایی الکترون میکروپروب (مدل Jeol JXA 8900) بر روی کانی‌های آن‌ها در دانشگاه کیل آلمان انجام شد. سپس، بر اساس معادلات و نمودارهای توصیفی، حرارت-سنجی و فشارسنجی‌ها ارائه شدند. این حرارت‌سنجی‌ها و فشارسنجی‌ها بر اساس ترکیب شیمیایی بلورهای آمفیبول، بیوتیت و پلاژیوکلاز انجام گردیدند. عمق و حرارت توده‌های ماگمایی گرانیتی چهارگنبد می‌تواند بر اساس حرارت‌سنجی‌ها و فشارسنجی-



های تجربی آمفیبول-پلاژیوکلاز، آمفیبول و بیوتیت در حضور کوارتز، تعیین گردد. شیمی کانی‌های آمفیبول، پیروکسن، بیوتیت و پلاژیوکلاز مورد بررسی قرار گرفت و سپس بر اساس آن‌ها شرایط حرارت و فشار جایگزینی و تبلور تعیین گردید. برای ترسیم و تفسیر نمودارهای شیمی کانی و ژئوترموبارومتري از نرم افزارهای کامپیوتری Microsoft Office Excel ، Adobe illustrator ، Adobe phptoshop ، Igpert Win ، Min Pet و Petrograph استفاده گردید.

## فصل دوم

### زمین شناسی عمومی و جایگاه تکتونیکی

#### منطقه مورد مطالعه

#### ۲-۱- مقدمه

سرزمین ایران در بخش میانی کمربند چین خورده آلپ-همالیا قرار دارد. سنگ‌های ایران بسیار مشابه با سنگ‌های قدیمی عربستان، مصر، اردن و عمان است. در ضمن داده‌های مغناطیس سنجی دیرینه که از سنگ‌های قدیمی ایران به دست آمده، حاکی از آن است که تا پالئوزوئیک پیشین، ایران در بخش شمالی ابرقاره گندوانا قرار داشته است. در اوایل پالئوزوئیک، جدایش ایران از گندوانا فراهم گردید که شواهد و آثار آن به صورت سنگ‌های آتشفشانی، در بعضی مناطق و در امتداد گسل زاگرس قابل مشاهده است. سپس ایران و قسمتی از افغانستان به صورت خرد قاره‌ای درآمد (Berberian, 1981؛ Berberian and King, 1983).

پی‌سنگ یکپارچه پرکامبرین ایران، در اواخر پرکامبرین تا کامبرین، تحت تاثیر نیروهای کششی شکسته شد و به قطعات کوچکتری تقسیم گشت. تاثیر این نیروها طی پالئوزوئیک زیرین ادامه داشته و باعث شده است که قطعات مزبور نسبت به یکدیگر و در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها به صورت هورست و گرابن درآیند. از آن‌جا که شرایط رسوب‌گذاری در هر قطعه متفاوت بوده لذا حوضه‌های رسوبی متفاوتی پدید آمد که هر یک تاریخچه تکوین و تکامل زمین‌شناسی متفاوتی پشت سر گذاشته و بعدها واحد زمین‌شناسی مستقلی تشکیل دادند. مسلماً "عوامل تکتونیکی و فعالیت‌های آذرین در روند این تحولات نقش به‌سزایی داشته‌اند. که هر یک توسط گسل‌هایی از مناطق دیگر جدا شده است (Berberian and King, 1981).

عواملی که موجب تشخیص و تقسیم‌بندی زون‌های مختلف می‌شوند به اختصار عبارتند از:

-فعالیت‌های زمین‌ساختی و سبک ساختمانی در زون‌های مختلف.

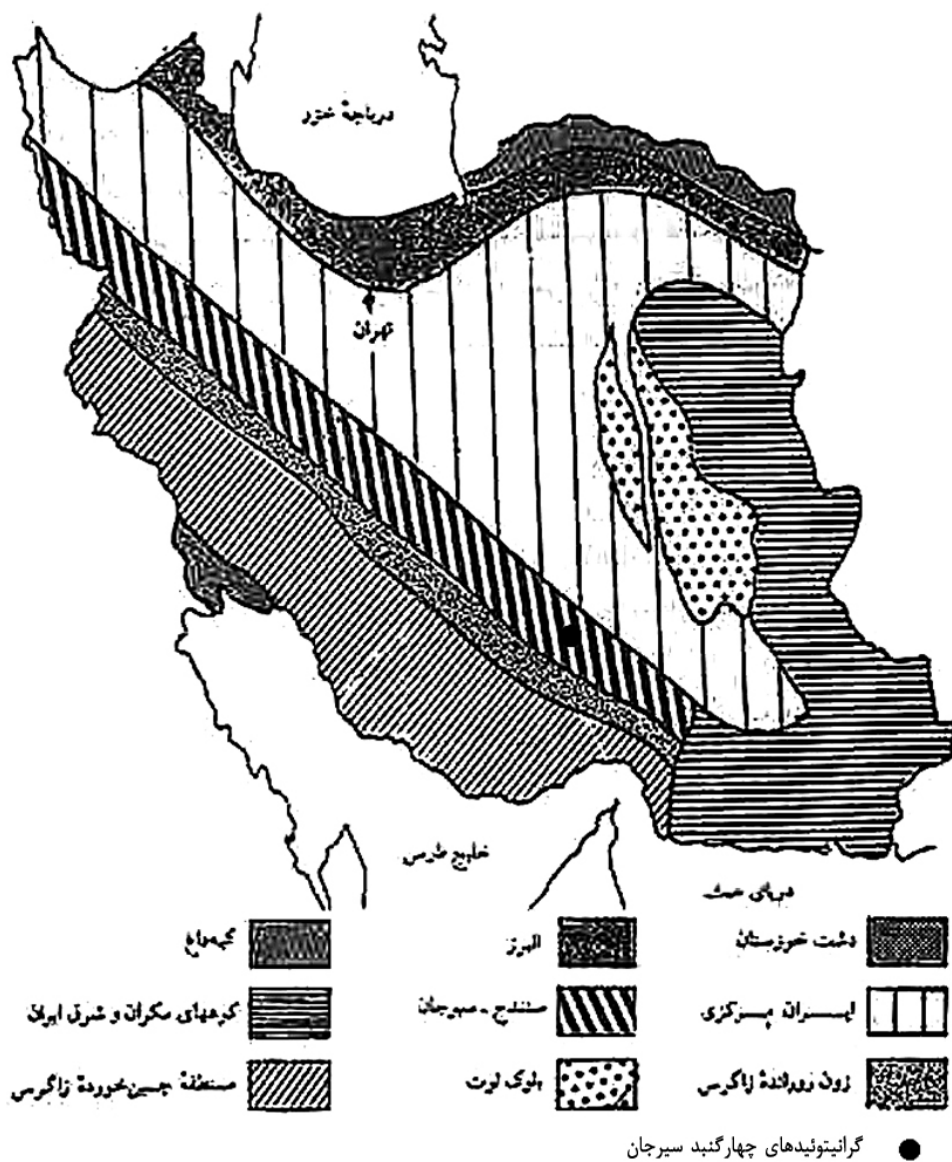
-روند عمومی چین‌خوردگی‌های ناشی از عملکرد فازهای کوهزایی.

-تداوم و جنس رسوبات در حوضه‌های رسوبی.

-سن واحدهای مختلف.

-فعالیت‌های ماگمایی و دگرگونی در هر زون.

محققین بسیاری برای تفکیک پوسته ایران به واحدهای ساختاری مختلف تلاش نموده‌اند (نبوی، ۱۳۵۵؛ افتخار نژاد، ۱۳۵۹؛ Stocklin, 1968؛ Berberian and King, 1981؛ Alavi, 1994). از این میان بهترین و کامل‌ترین تقسیم‌بندی ساختاری ایران توسط اشتوکلین (Stocklin, 1968) بر اساس چینه‌شناسی و تکتونیک انجام شده است. ایشان پوسته ایران را به ده زون زمین‌شناسی تقسیم کرده‌اند که عبارتند از: دشت خوزستان، منطقه چین‌خورده زاگرس، منطقه روراند زاکرس، منطقه سنندج، سیرجان، زون ارومیه-دختر، ایران مرکزی، البرز، کپه داغ، کوه‌های شرق ایران و مکران و بلوک لوت. در سالهای اخیر، با در نظر گرفتن نظریه تکتونیک صفحه‌ای، تقسیمات کوچکتری در آن انجام شده و واحدهای جدیدتری معرفی شده که در واقع اجزای کوچکتر زون‌های فوق الذکرند (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱- واحدهای ساختاری - رسوبی ایران (Stöcklin, 1977, 1968).

باتوجه به این که منطقه چهارگنبد سیرجان از نظر تکتونیکی جزئی از زون‌های ارومیه - دختر و سندج - سیرجان می‌باشد (شکل ۲-۲)، لذا به اختصار به توضیحاتی در مورد آن‌ها پرداخته می‌شود.