

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه ایلام

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در زمین شناسی (اقتصادی)

عنوان:

بررسی ترکیبات و بافت‌های کوارتز در رگه‌ها و رگچه‌های  
کانه‌دار موجود در نیمه شمالی کانسار مس سرچشمه با  
استفاده از روش SEM-CL با EPMA و LA-ICP-MS  
به منظور مقایسه با نتایج حاصله از سایر روشها

استاد راهنما:

دکتر محمد بومری

مشاور صنعتی:

مهندس مهدی عبداللهی

تحقیق و نگارش:

سمانه نصیری بزنجانی

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

بهمن ۱۳۹۰

## بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان، بررسی ترکیبات و بافت‌های کوارتز در رگه‌ها و رگچه‌های کانه‌دار موجود در نیمه شمالی کانسار مس سرچشمه با استفاده از روش SEM-CL با EPMA و LA-ICP-MS به منظور مقایسه با نتایج حاصله از سایر روشها، قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، توسط دانشجو، سمانه نصیری بزنجانی، با راهنمایی دکتر محمد بومری 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.

(نام و امضاء دانشجو)

این پایان نامه ۶ واحد درسی شناخته می‌شود و در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۳ توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما:	دکتر محمد بومری	
داور ۱:	دکتر علی اصغر مریدی	
داور ۲:	دکتر حبیب بیابانگرد	
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر علی احمدی	



## تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب سمانه نصیری بزنجانی تعهد می‌کنم 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 می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: سمانه نصیری بزنجانی

امضاء

تقدیم به:

پدر بزرگوارم

و تقدیم به:

مادر عزیزتر از جانم

مشعل‌های فروزان راه زندگیم

آینه‌های افتادگی، عاطفه و پارسایی

که زندگیم برایشان همه رنج بود و

وجودشان برایم همه مهر.

## سپاسگزاری

سپاس بی‌انتهای از پروردگار جهان هستی که مرا یاری فرمود تا این پایان‌نامه را با موفقیت به پایان برسانم. از استاد عزیز و بسیار ارجمند جناب آقای دکتر محمد بومری که راهنمایی اینجانب را در انجام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان‌نامه پذیرفتند و در تمام مدت اجرای طرح از راهنمایی‌های بی‌دریغ و ارزنده ایشان بهره‌مند بوده‌ام، صمیمانه سپاسگزاری و قدردانی می‌نمایم.

وظیفه خود می‌دانم که از تمامی مدیران امور تحقیق و توسعه و امور اکتشافات شرکت ملی صنایع مس ایران که امکان انجام این پژوهش را برای اینجانب فراهم کردند و بخش عمده بودجه مورد نیاز این پژوهش را که توسط این مراکز تامین گردیده قدردانی بنمایم.

از مدیر امور تحقیق و توسعه جناب آقای مهندس قاسمی کمال تشکر و قدردانی را دارم. از رئیس بخش تحقیقات معدنی جناب آقای مهندس سبزه‌علیان که در طول این دوره زحمات زیادی را متقبل شده‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم. از ریاست محترم زمین‌شناسی معدن، جناب آقای مهندس حسینی کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای مهندس مهدی عبداللهی که مشاورت این پایان‌نامه را بر عهده داشته‌اند و راهنمایی‌های ایشان همواره راهگشای کار بوده صمیمانه تشکر می‌نمایم.

همچنین بر خود لازم می‌دانم از سرکار خانم مهندس مرضیه حسینی که در تمام مدت اجرای طرح از راهنمایی‌های بی‌دریغ و ارزنده ایشان بهره‌مند بوده‌ام، قدردانی نمایم.

همچنین از جناب آقای دکتر علی اصغر مریدی و دکتر حبیب بیابانگرد که زحمت داوری این پایان‌نامه را بعهده داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از مدیر گروه محترم جناب آقای مهندس محمد مهران و کارشناسان محترم گروه که در طول این دوره زحمات زیادی را متقبل شده‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از همه دوستان خانم‌ها سکینه مرادی، خدیجه عزیزی، ناهید کداب، سمیه دهقانی، راضیه ابراهیمی، فروزان ذهابی، بتول نصیری، صدیقه نصیری و آقایان محمد نصیری، فاروق عالیان، محسن زنگنه و غلامرضا عباس‌زاده به خاطر همکاری بی‌دریغ‌شان، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در پایان از زحمات و بزرگواری‌های پدر و مادر عزیز و بزرگواری و برادران و خواهران گرامی‌ام که در تمامی مراحل زندگی و تحصیل همواره پشتیبان و مشوق من بوده‌اند قدردانی نموده و از خداوند متعال توفیق جبران این زحمات را مسئلت دارم.

## چکیده:

کانسار مس سرچشمه در قطعه شرقی نوار دهج- ساردوئیه که بخشی از کمان ماگمایی ارومیه- دختر است، واقع شده است. این کانسار همراه با یک استوک مرکب است که ترکیبی در محدوده دیوریت، گرانودیوریت تا کوارتز مونزونیتی دارد و بخشی از کانسار در سنگهای ولکانیکی ائوسن تشکیل شده است. دگرسانی گرمایی اولیه اساساً پتاسیک و پروپلیتیک بوده و به دنبال آن دگرسانی‌های فلیک و آرژیلیک به وقوع پیوسته است. ناحیه کانی‌زا در سرچشمه به سه منطقه تقسیم می‌شود: هیپوژن، سوپرژن سولفیدی و سوپرژن اکسیدی. بر اساس مطالعات میکروسکوپی و مطالعات ریزکاو الکترونی کانی‌های سولفیدی در معدن سرچشمه پیریت، کالکوپیریت، کالکوسیت، کولیت، دیژنیت، تنانتیت، بورنیت، انارژیت، کوبانیت و پیروتیت می‌باشند. نسبت S/Se در این سولفیدها کم تا متوسط می‌باشد که نشان دهنده منشأ ماگمایی- گرمایی برای این کانی‌هاست. هدف اصلی این تحقیق بررسی کوارتز با استفاده از آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی- کاتدولومینسانس (SEM-CL) می‌باشد. بررسی کوارتز با استفاده از SEM-CL بافت‌هایی (منطقه‌بندی، شکستگی‌های ریز ترمیم‌یافته، رگه‌ها و لکه‌های تاریک (فابریک‌های عنکبوت مانند)) را در کوارتز مشخص می‌کند که با استفاده از میکروسکوپ نوری معمولی و تصاویر الکترونی پس پراکنش یافته قابل مشاهده نیستند. منطقه‌بندی‌ها مشاهده شده منعکس کننده تغییرات فیزیکی و شیمیایی به هنگام رشد در محیط رسوبگذاری می‌باشند. کوارتزها در سرچشمه غالباً لومینسانس آبی نشان می‌دهند. نمونه‌های سرچشمه حاوی شکستگی‌های ریز بسیار زیادی می‌باشند. شکستگی‌های ریز ترمیم‌یافته و عنکبوت‌ها در دانه‌های کوارتز حضور دارند، اما این ساختارها در همه دانه‌ها وجود ندارند. بافت‌های SEM-CL برای تشخیص نسل‌های مختلف کوارتز که در زمان‌های متفاوت نهشته شده‌اند به کار برده می‌شوند. مطالعه کوارتزها در معدن سرچشمه با استفاده از SEM-CL حداقل چهار نسل کوارتز (در فنوکریست‌ها و رگچه‌ها) را که در شرایط فیزیکوشیمیایی مختلفی تشکیل شده‌اند، را به نمایش می‌گذارند: (۱) کوارتز Q1 با لومینسانس آبی تقریباً تیره که حجم اصلی رگه‌ها را تشکیل می‌دهند. (۲) کوارتز Q2 با لومینسانس آبی روشن، (۳) کوارتز Q3 با لومینسانس تیره (۴) کوارتز Q4 (شکستگی‌های ترمیم‌یافته و عنکبوت‌ها).

کلمات کلیدی: مطالعات ریزکاو الکترونی، میکروسکوپ الکترونی روبشی- کاتدولومینسانس، شکستگی‌های ریز ترمیم‌یافته، بافت‌های عنکبوتی.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
<b>فصل اول: کلیات</b>	
۲	۱-۱- مقدمه.....
۲	۲-۱- موقعیت جغرافیایی.....
۳	۳-۱- توپوگرافی و وضعیت آب و هوایی منطقه.....
۴	۴-۱- پیشینه مطالعاتی.....
۵	۵-۱- میزان ذخیره معدن مس سرچشمه.....
۵	۶-۱- ضرورت انجام تحقیق.....
۶	۷-۱- تعریف مسأله.....
۶	۸-۱- فرضیات تحقیق.....
۷	۹-۱- اهداف تحقیق.....
۸	۱۰-۱- روش کار.....
<b>فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی</b>	
۱۱	۱-۲- مقدمه.....
۱۲	۲-۲- پهنه‌های رسوبی - ساختاری ایران.....
۱۴	۴-۲- کمربند ماگمایی ارومیه - دختر.....
۱۵	۵-۲- زمین‌شناسی ناحیه‌ای کانسار مس سرچشمه.....
۱۶	۶-۲- زمین‌شناسی عمومی ناحیه معدن مس سرچشمه.....
۱۸	۱-۶-۲- سنگ همبر معدن.....
۲۰	۲-۶-۲- استوک پورفیری سرچشمه (SCP).....
۲۱	۳-۶-۲- پورفیری دانه‌ریز تأخیری (LFP).....
۲۲	۴-۶-۲- کوارتز آی پورفیری (QEP).....
۲۳	۵-۶-۲- انواع دایک‌ها در معدن مس سرچشمه.....



- ۲۴.....(EHP و LHP) دایک هورنبلند پورفیری
- ۲۵.....(FP) دایک فلدسپار پورفیری
- ۲۶.....(BP) دایک بیوتیت پورفیری
- ۲۷.....-۷-۲ موقعیت تکتونیکی کانسار مس سرچشمه
- ۲۷.....-۸-۲ جایگاه ژئودینامیکی استوک و کانسار سرچشمه

### فصل سوم: دگرسانی و کانی‌زایی

- ۲۹.....۱-۳-۱ مقدمه
- ۳۰.....۲-۳-۲ دگرسانی
- ۳۰.....۱-۲-۳-۱ دگرسانی پتاسیک
- ۳۳.....۲-۲-۳-۲ دگرسانی فیلیک
- ۳۷.....۳-۲-۳-۳ دگرسانی آرژلیک
- ۳۹.....۴-۲-۳-۴ دگرسانی پروپلیتیک
- ۴۱.....۳-۳-۳-۳ کانی‌زایی
- ۴۳.....۱-۳-۳-۱ کانی‌زایی مس در منطقه درون‌زاد
- ۴۴.....۲-۳-۳-۲ کانی‌زایی در منطقه سولفیدی غنی شده ثانویه
- ۴۵.....۳-۳-۳-۳ کانی‌زایی در منطقه اکسیدی
- ۴۶.....۴-۳-۳-۴ تکوین متالوژنتیکی کانسار مس پور فیری سرچشمه
- ۴۷.....۵-۳-۳-۵ مطالعات مینرالوگرافی
- ۴۷.....۱-۵-۳-۱ مطالعه میکروسکوپی مقاطع صیقلی
- ۴۷.....۱-۱-۵-۳-۱ کالکوپیریت ( $\text{CuFeS}_2$ )
- ۵۰.....۲-۱-۵-۳-۲ پیریت ( $\text{FeS}_2$ )
- ۵۲.....۳-۱-۵-۳-۳ کولیت ( $\text{Cu}_2\text{S}$ )
- ۵۳.....۴-۱-۵-۳-۴ کالکوسیت ( $\text{Cu}_2\text{S}$ )
- ۵۴.....۵-۱-۵-۳-۵ بورنیت ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ )
- ۵۵.....۶-۱-۵-۳-۶ مولیدنیت ( $\text{MoS}_2$ )

۵۶	..... ۷-۱-۵-۳- کانی‌های منطقه اکسیدی
۵۸	..... ۶-۳- پاراژنز
۶۰	..... ۷-۳- مطالعات ریزکاو الکترونی (EPMA)
۶۱	..... ۱-۷-۳- پیریت ( $FeS_2$ )
۶۴	..... ۲-۷-۱- کالکوپیریت ( $CuFeS_2$ )
۶۷	..... ۳-۷-۳- کوولیت ( $CuS$ )
۶۷	..... ۴-۷-۳- دیژنیت ( $Cu_9S_5$ )
۷۰	..... ۵-۷-۳- کالکوسیت ( $Cu_2S$ )
۷۲	..... ۶-۷-۳- بورنیت ( $Cu_5FeS_4$ )
۷۴	..... ۷-۷-۳- تنانتیت ( $Cu_{12}(As,Sb)_4S_{13}$ )
۷۶	..... ۸-۷-۳- انارژیت ( $Cu_3AsS_4$ )
۷۶	..... ۹-۷-۳- کوبانیت ( $CuFe_2S_3$ )

#### فصل چهارم: کاتدولومینسانس کوارتز

۸۰	..... ۱-۴- مقدمه
۸۱	..... ۲-۴- کاتدولومینسانس و علل پدید آمدن آن
۸۶	..... ۳-۴- مطالعات ریزکاو الکترونی (EPMA) در کوارتز
۸۶	..... ۴-۴- انواع مراکز لومینسانس
۸۶	..... ۱-۴-۴- مراکز بیرونی لومینسانس
۸۸	..... ۲-۴-۴- مراکز درونی لومینسانس
۸۹	..... ۵-۴- کاربردهای کاتدولومینسانس (SEM-CL)
۸۹	..... ۱-۵-۴- تفسیر منشأ
۸۹	..... ۱-۱-۵-۴- رنگ کاتدولومینسانس کوارتز به عنوان ابزاری برای تعیین منشأ
۹۳	..... ۲-۱-۵-۴- رنگ کاتدولومینسانس فلدسپات‌ها
۹۷	..... ۲-۵-۴- تحلیل فابریک‌های کاتدولومینسانس کوارتز و نسل‌بندی انواع کوارتز
۹۷	..... ۱-۲-۵-۴- تحلیل فابریک کاتدولومینسانس کوارتز در سنگ‌های آندزیتی (سنگ همبر معدن)

- ۱۰۱-۲-۵-۴-۲- تحلیل فابریک کاتدولومینسانس کوارتز در پورفیری‌ها.....
- ۱۰۱-۲-۵-۵-۱-۲- تحلیل فابریک کاتدولومینسانس کوارتز در پورفیری دانه‌ریز تأخیری.....
- ۱۰۶-۲-۵-۴-۲-۱- شکستگی‌های دیر هنگام.....
- ۱۰۷-۲-۵-۴-۲-۱- شکستگی‌های ترمیم‌یافته در کوارتز.....
- ۱۰۷-۲-۵-۴-۲-۱-۳- رگه‌ها و لکه‌های تاریک (فابریک‌های عنکبوت مانند).....
- ۱۰۹-۲-۵-۴-۲-۲- تحلیل فابریک کاتدولومینسانس کوارتز در استوک پورفیری سرچشمه.....
- ۱۱۵-۲-۵-۴-۲-۳- تحلیل فابریک کاتدولومینسانس کوارتز در کوارتز چشمی پورفیری.....
- ۱۱۷-۲-۵-۴-۲-۴- تحلیل فابریک کاتدولومینسانس کوارتز در سنگ‌های گرانیتی.....
- ۱۲۱-۲-۵-۴-۲-۱- فرآیند تبلور مجدد.....

#### فصل پنجم: نتیجه‌گیری

۱۲۴..... نتیجه‌گیری

۱۲۷..... منابع

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- نقشه راههای دسترسی منطقه مطالعاتی.....	۳
شکل ۱-۲- پهنه‌های رسوبی- ساختاری عمده ایران اقتباس از آقائاتی (۱۳۸۳).....	۱۳
شکل ۲-۲- نقشه زمین‌شناسی ناحیه‌ای ناحیه سرچشمه برگرفته از (دیمیتریویچ و همکاران؛ ۱۹۷۱).....	۱۶
شکل ۳-۲- پراکندگی و توزیع انواع تیپ سنگی در معدن مس سرچشمه (واترمن و همیلتون، ۱۹۷۵).....	۱۸
شکل ۴-۲- نمایی از سنگ‌های آندزیتی در کانسار مس سرچشمه.....	۱۹
شکل ۵-۲- نمایی از سنگ‌های سرچشمه پورفیری در کانسار مس سرچشمه.....	۲۱
شکل ۶-۲- نمونه‌ای از یک سنگ پورفیری دانه‌ریز تأخیری.....	۲۲
شکل ۷-۲- نمونه‌ای از سنگ کوارتز چشمی پورفیری در کانسار مس سرچشمه.....	۲۳
شکل ۸-۲- تصویری از دایک هورنبلند پورفیری.....	۲۴
شکل ۹-۲- تصویری از سنگ‌های دایک فلدسپار پورفیری.....	۲۵
شکل ۱۰-۲- تصویری از سنگ‌های دایک بیوتیت پورفیری.....	۲۶
شکل ۱-۳- تصاویری از دگرسانی پتاسیک در نمونه‌های مربوط به مس سرچشمه (در نور قطبیده طبیعی).....	۳۲
شکل ۲-۳- تصاویری از کلریتی شدن بیوتیت‌ها (نور قطبیده طبیعی).....	۳۳
شکل ۳-۳- دگرسانی فیلیک در نمونه سنگ‌های کانسار مس سرچشمه.....	۳۵
شکل ۴-۳- دگرسانی فیلیک در سنگ پورفیری دانه‌ریز تأخیری (نور قطبیده متقاطع).....	۳۶
شکل ۵-۳- سرسیتی شدن فلدسپارهای درشت‌بلور به همراه کوارتزهای ریز بلور هیدروترمال و رگچه پیریت در دایک فلدسپار پورفیری که نمایانگر دگرسانی فیلیک است (نور قطبیده متقاطع).....	۳۷
شکل ۶-۳- دگرسانی آرژیلیک در نمونه سنگ‌های کانسار مس سرچشمه؛.....	۳۸
شکل ۷-۳- رخنمونی از زون دگرسانی آرژیلیک در سنگ‌های پورفیری دانه‌ریز تأخیری.....	۳۹
شکل ۸-۳- تصاویر میکروسکوپی از گسترش زون دگرسانی پروپلیتیک در سنگ‌های آندزیتی.....	۴۰
شکل ۹-۳- نمایی از یک رگه کلسیت + پیریت + کوارتز در سنگ‌های آندزیتی که منطبق با دگرسانی پروپلیتیک می‌باشد.....	۴۰

- شکل ۳-۱۰- سه زون عمودی موجود در معدن مس سرچشمه (شفیعی، ۱۹۹۹)..... ۴۲
- شکل ۳-۱۱- تصاویر میکروسکوپی کالکوپیریت به همراه پیریت..... ۴۸
- شکل ۳-۱۲- پیریت و کالکوپیریت موجود در رگه کوارتزی کانه‌دار در آندزیت پورفیری. سنگ به موازات رگه شکسته شده است..... ۴۹
- شکل ۳-۱۳- پیریت و کالکوپیریت به فرم انتشاری در استوک پورفیری سرچشمه (گرانودیوریت)..... ۴۹
- شکل ۳-۱۴- تصاویر میکروسکوپی کانی پیریت همان طور که در شکل a و b دیده می‌شود کالکوپیریت بعد از پیریت تشکیل شده است (نور انعکاسی)..... ۵۱
- شکل ۳-۱۵- تصاویر میکروسکوپی مربوط به کانی کوولیت (نور انعکاسی) ..... ۵۲
- شکل ۳-۱۶- در این تصویر می‌توان احاطه شدن کانی پیریت توسط کالکوسیت را مشاهده کرد (نور انعکاسی)..... ۵۳
- شکل ۳-۱۷- در این تصویر می‌توان احاطه شدن کانی پیریت توسط بونیت را مشاهده کرد (نور انعکاسی)..... ۵۴
- شکل ۳-۱۸- مولیبدنیت در سنگ استوک پورفیری سرچشمه (نور انعکاسی)..... ۵۵
- شکل ۳-۱۹- نمونه‌ای از بعضی کانی‌های موجود در نمونه‌های مس سرچشمه در منطقه اکسیدی..... ۵۶
- شکل ۳-۲۰- مالاکیت و آزوریت در نمونه‌های موجود در سنگ‌های منطقه اکسیدی سرچشمه..... ۵۷
- شکل ۳-۲۱- کانی گوتیت که از اکسایش پیریت به وجود آمده است (نور انعکاسی)..... ۵۷
- شکل ۳-۲۲- تصویر BS پیریت در مقاطع مطالعه شده توسط EPMA..... ۶۴
- شکل ۳-۲۳- تصاویر BS کالکوپیریت در مقاطع مطالعه شده توسط EPMA..... ۶۶
- شکل ۳-۲۴- تصویر BS کوولیت و دیژنیت در مقاطع مطالعه شده توسط EPMA..... ۷۰
- شکل ۳-۲۵- تصویر BS بونیت و پیریت در مقاطع مطالعه شده توسط EPMA..... ۷۲
- شکل ۳-۲۶- تصویر BS تنانتیت در مقاطع مطالعه شده توسط EPMA..... ۷۴
- شکل ۴-۱- تصویر شماتیک از چگونگی برخورد الکترون به سطح نمونه و نشر (برگرفته از یاکوبی، ۱۹۶۰)..... ۸۳
- شکل ۴-۲- تصویر شماتیک از چگونگی انتشار کاتدولومینسانس از یک نمونه (برگرفته از Krbetschek و دیگران، ۱۹۹۸)..... ۸۵
- شکل ۴-۳- تصاویر SEM-CL از کوارتز در نمونه سنگ‌های مختلف، همانگونه که در تصاویر مشاهده می‌شود رنگ کاتدولومینسانس همه کوارتزشها آبی است..... ۹۲

- شکل ۴-۴- تصاویر مربوط به یک درشت‌بلور پلاژیوکلاز در سنگ پورفیری دانه‌ریز تأخیری..... ۹۴
- شکل ۵-۴- تصاویر مربوط به یک درشت‌بلور فلدسپات در سنگ گرانیتی..... ۹۵
- شکل ۶-۴- یک تصویر SEM-CL از یک دانه کوارتز به همراه اینکلوژن آپاتیت در سنگ گرانیتی..... ۹۶
- شکل ۷-۴- تصاویر مربوط به دانه‌های پراکنده کوارتز در سنگ آندزیتی..... ۹۹
- شکل ۸-۴- تصاویر مربوط به رگچه کوارتز در سنگ آندزیتی مشاهده شده در شکل (۷-۴)..... ۱۰۰
- شکل ۹-۴- تصاویر مربوط به رگچه کوارتز (با خوردگی خلیجی شکل) در سنگ پورفیری دانه‌ریز تأخیری..... ۱۰۲
- شکل ۱۰-۴- تصاویر مربوط به درشت‌بلور کوارتز در سنگ پورفیری دانه‌ریز تأخیری در نمونه‌ای متفاوت با نمونه نشان داده شده در شکل (۹-۴)..... ۱۰۴
- شکل ۱۱-۴- تصاویر مربوط به یک دانه کوارتز از رگچه کوارتزی موجود در سنگ پورفیری دانه‌ریز تأخیری..... ۱۰۵
- شکل ۱۲-۴- تصاویر مربوط به یک دانه کوارتز (به صورت پراکنده) در سنگ استوک پورفیری سرچشمه..... ۱۱۰
- شکل ۱۳-۴- تصاویر مربوط به یک رگه کوارتز در سنگ استوک پورفیری سرچشمه..... ۱۱۱
- شکل ۱۴-۴- تصاویر مربوط به یک دانه کوارتز در سنگ گرانودیوریتی استوک پورفیری سرچشمه..... ۱۱۳
- شکل ۱۵-۴- تصاویر مربوط به یک رگچه کوارتز در سنگ استوک پورفیری سرچشمه (گرانودیوریت)..... ۱۱۴
- شکل ۱۶-۴- تصاویر مربوط به کوارتز در سنگ کوارتز چشمی..... ۱۱۶
- شکل ۱۷-۴- تصویری از درشت‌بلور کوارتز در نور انعکاسی. این شکل تشکیل پیریت و کالکوپیریت را در نسل دوم (شکستگی‌های دیر هنگام) نشان می‌دهد..... ۱۱۷
- شکل ۱۸-۴- تصاویر مربوط به کوارتز در سنگ گرانیتی..... ۱۱۹
- شکل ۱۹-۴- تصاویر مربوط به کوارتز و فلدسپات پتاسیم در سنگ گرانیتی نشان داده شده در شکل ۴-۱۶..... ۱۲۰
- شکل ۲۰-۴- تصاویر مربوط به پدیده تبلور مجدد در کوارتز (سنگ گرانیتی)..... ۱۲۱
- شکل ۲۱-۴- تصاویر SEM-CL از دانه‌های کوارتز با رنگ CL آبی که تبلور مجدد را به نمایش می‌گذارد..... ۱۲۲

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۵۹	جدول ۱-۳- پاراژنز تقریبی کانی‌های موجود در کانسار مس سرچشمه.....
۶۲	جدول ۲-۳- تجزیه شیمیایی پیریت توسط دستگاه (EPMA).....
۶۵	جدول ۳-۳- تجزیه شیمیایی کالکوپیریت توسط دستگاه (EPMA).....
۶۸	جدول ۴-۳- تجزیه شیمیایی کوولیت توسط دستگاه (EPMA).....
۶۹	جدول ۵-۳- تجزیه شیمیایی دیژنیت توسط دستگاه (EPMA).....
۷۱	جدول ۶-۳- تجزیه شیمیایی کالکوسیت توسط دستگاه (EPMA).....
۷۳	جدول ۷-۳- تجزیه شیمیایی بورنیت توسط دستگاه (EPMA).....
۷۵	جدول ۸-۳- تجزیه شیمیایی تنانتیت توسط دستگاه (EPMA).....
۷۷	جدول ۹-۳- تجزیه شیمیایی انارژیت توسط دستگاه (EPMA).....
۷۸	جدول ۱۰-۳- تجزیه شیمیایی کوبانیت توسط دستگاه (EPMA).....

علائم اختصاری

Py	پیریت	Q	کوارتز
Cov	کوولیت	Bio	بیوتیت
Chc	کالکوسیت	Hlb	هورنبلند
Bor	بورنیت	Fel	فلدسپار
Dyg	دیژنیت	K-Fel	فلدسپات پتاسیم
Ten	تنانتیت	Plg	پلاژیوکلاز
Mo	مولیبدنیت	Ser	سرسیت
Goe	گوتیت	Cc	کلسیت
SiO <sub>2</sub>	سیلیس	Chl	کلریت
SE	الکترونی ثانویه	Amph	آمفیبول
CL	کاتدولومینسانس	SCP	استوک پورفیری سرچشمه
SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی	LFP	پورفیری دانه ریز تأخیری
Q1	کوارتز نوع اول	EHP	دایک هورنبلند پورفیری پیشین
Q2	کوارتز نسل دوم	LHP	دایک هورنبلند پورفیری پسین
Q3	کوارتز نسل سوم	FP	دایک فلدسپار پورفیری
Q4	کوارتز نسل چهارم	BP	دایک بیوتیت پورفیری
LA-ICP-MS	ذوب القایی لیزری همراه با طیف سنجی جرمی پلاسما	QEP	کوارتز چشمی پورفیری
EPMA	مطالعات ریزکاوا الکترونی	BSE	الکترونی پس پرکنش یافته
SEM-CL	کاتدولومینسانس - میکروسکوپ الکترونی روشی	Cp	کالکوپیریت



## فصل اول

### کلیات

## ۱-۱- مقدمه

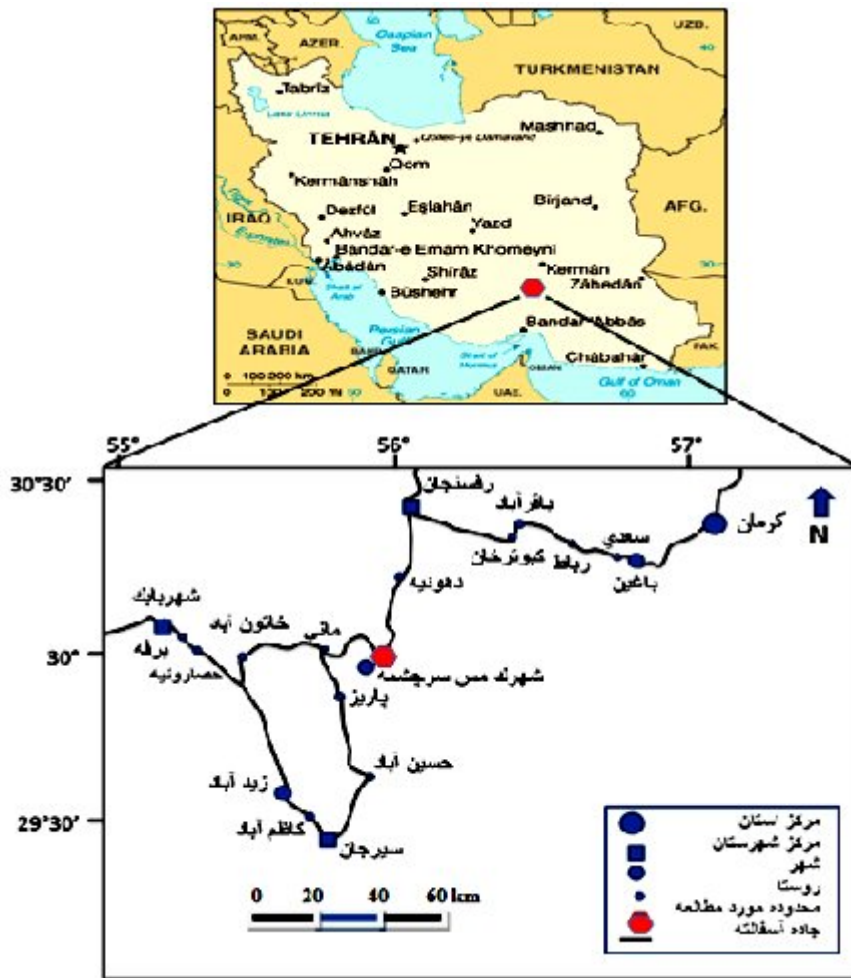
روش کاتدولومینسانس- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM-CL)، بافت‌هایی را در کوارتز مشخص می‌کند که با استفاده از میکروسکوپ نوری معمولی و تصاویر الکترونی پس پراکنش یافته قابل مشاهده نیستند. این بافت‌های مخفی اطلاعاتی را در مورد شرایط فیزیکی رشد کوارتز به بار می‌آورد (گوتز و همکاران، ۲۰۰۱؛ پاگل و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین روش میکروسکوپ الکترونی روبشی- کاتدولومینسانس می‌تواند کمکی در جهت تشخیص و شناسایی فابریک‌های مختلف در کوارتز از قبیل منطقه‌بندی رشد، مراکز موروثی، شکستگی‌های ریز ترمیم‌یافته و انحلال (شکستگی‌های دیرهنگام) باشد. کوارتز یکی از مهم‌ترین کانی‌های موجود در کانسارهای مس پورفیری است. این کانی نه تنها در انواع توده‌های نفوذی پورفیری دیده می‌شود بلکه در تمام مراحل کانی‌زایی مس و دگرسانی‌ها تشکیل می‌شود. با این روش می‌توان بافت (فابریک)، منطقه‌بندی، نسل‌بندی و مراحل رشد را در کوارتزهای پراکنده و رگچه‌ای تشخیص داد. در این پژوهش تلاش می‌شود تا فابریک‌های مختلف انواع کوارتز را با هدف تعیین نسل‌بندی آنها و آگاهی از شرایط فیزیکی و شیمیایی که انواع نسل‌های کوارتز در آن رشد کرده‌اند، مورد بررسی قرار گیرد. در این فصل جزئیات انجام این پایان‌نامه به طور کامل شرح داده می‌شود.

## ۲-۱- موقعیت جغرافیایی

معدن مس سرچشمه با مختصات  $55^{\circ} 52' 20''$  طول شرقی و  $29^{\circ} 56' 40''$  عرض شمالی در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان و ۵۰ کیلومتری جنوب رفسنجان قرار دارد. ارتفاع این ناحیه از سطح دریا به طور متوسط ۲۶۲۰ متر است و بلندترین نقطه آن از سطح دریا ۳۲۸۰ متر ارتفاع دارد. راههای دسترسی به معدن مس سرچشمه، از طریق جاده‌های آسفالتی کرمان- رفسنجان- شهربابک، کرمان- رفسنجان- پاریز- سیرجان می‌باشد. شکل (۱-۱) موقعیت راههای دسترسی به معدن را نشان می‌دهد.

---

1-Scanning electron microscope-cathodoluminescence



شکل ۱-۱- نقشه راههای دسترسی منطقه مطالعاتی.

### ۳-۱- توپوگرافی و وضعیت آب و هوایی منطقه

منطقه سرچشمه در قسمت مرکزی نوار دهج- ساردوئیه و در جوار سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی مربوط به دوران سوم قرار گرفته است. این سنگ‌ها به علت اعمال تکتونیکی چین‌خورده و خرد شده هستند. این منطقه در یک ناحیه کوهستانی مرتفع دارای توپوگرافی ناهموار می‌باشد. ارتفاع آن در بعضی جاها تپه‌های شنی را به وجود آورده است. به طور کلی دارای سه حالت مرتفع، تپه ماهور و دشت می‌باشند. معدن مس سرچشمه، به علت قرار گرفتن در مناطق کوهستانی، منطقه‌ای سردسیر و معتدل محسوب می‌شود. طول دوره سرما در منطقه، طولانی همراه با بارش برف، باران و بارش بادهای سرد می‌باشد، و تابستان ملایم و معتدل دارد. حداقل درجه حرارت منطقه در زمستان ۲۰- درجه سانتیگراد و در تابستان به حداکثر ۳۵+ درجه سانتی-گراد می‌رسد.

#### ۴-۱- پیشینه مطالعاتی

کانسار سرچشمه از قدیم الایام مور توجه بوده به طوری که قدیمی‌ترین فعالیت‌های معدنکاری در ناحیه سرچشمه مربوط به حدود سه هزار سال گذشته به صورت حفاری در مناطق عیار بالای مس و هم چنین آثار سرباره‌های قدیمی و آثار استخراجی می‌باشد. شرح مراحل اکتشاف و استخراج کانسار سرچشمه به موضوع این تحقیق چندان ارتباطی ندارد. مطالعاتی که جهت چگونگی تشکیل کانسار سرچشمه انجام شده نیز قابل توجه است که در اینجا به بعضی از آنها اشاره می‌شود: یکی از مطالعات کلیدی توسط واترمن و همیلتون در سال ۱۹۷۵ صورت گرفته که منجر به گزارش مفصلی از زمین‌شناسی اقتصادی کانسار و تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، و سنگ‌شناسی، دگرسانی و عیاری گردید. قرشی‌زاده (۱۹۷۸) پایان‌نامه خود را تحت عنوان توسعه و گسترش دگرسانی سوپرژن و هیپوژن و الگوی کانی‌زایی مس در کانسار مس سرچشمه به انجام رسانده است. شهاب‌پور (۱۹۸۲) در پایان‌نامه دکتری خود که موضوع آن کانسار مس سرچشمه بود مطالعات جامعی را انجام داده است. هزارخانی (۲۰۰۶) با استفاده از مطالعات سیالات درگیر مراحل کانی‌زایی و منشأ محلول‌های گرمایی را از یکدیگر تفکیک کرد. عطاپور و آفتابی در سال ۲۰۰۷ ژئوشیمی گوسان‌های موجود در کانسار مس سرچشمه را مورد مطالعه قرار دادند. بومری و همکاران (۲۰۱۰)، مشخصات سیالات گرمایی را با استفاده از مقدار فلئور و کلر در بیوتیت مورد بررسی قرار دادند. در ایران هنوز مقاله یا تحقیق منتشر شده‌ای از مطالعات کاتدولومینسانس بر روی کوارتز در کانسارهای مس پورفیری وجود ندارد. در معدن مس سرچشمه نیز مطالعاتی در این زمینه انجام نشده است. ولی در مقیاس جهانی مطالعات معدودی در این زمینه وجود دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- پنیستون درلند (۲۰۰۱)، با استفاده از درخشندگی کاتدولومینسانس بافت‌های کوارتز را در انواع رگه‌های معدنی موجود در کانسار مس پورفیری در مجموعه آذرین گراسبرگ در اندونزی مورد بررسی قرار داد.

۲- راسک و همکارانش در سال ۲۰۱۰ با استفاده از SEM-CL، بافت کوارتزهای رگه‌ای را در کانسار مس پورفیری بوت در مونتانا بررسی کردند.

۳- لندوینگ و همکارانش (۲۰۰۵) با استفاده از SEM-CL چگونگی ارتباط تشکیل مس را با چگونگی انحلال و ته‌نشست کوارتز در کانسار بینگهام مشخص کردند.