

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم زمین

گروه آموزشی زمین شناسی

رساله جهت اخذ درجه دکتری Ph. D.

رشته

زمین شناسی اقتصادی

عنوان

ژئوشیمی، شناخت منشأ سیالات کانه ساز و نحوه تشکیل کانسار

مس چهل کوره (شمال غرب زاهدان)

استاد راهنما

جناب آقای دکتر ایرج رساء

استاد مشاور

جناب آقای دکتر سعید علیرضایی

نگارنده

محمد معانی جو

نیمسال اول سال تحصیلی ۸۷ - ۸۶

۱۰۲۵۰۴

مجلس اطلاعات و اسناد  
کتابخانه مرکزی

۱۳۸۷ / ۱ / ۱۸

بسمه تعالی  
وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری  
دانشگاه شهید بهشتی  
دانشکده علوم زمین  
گروه آموزشی زمین شناسی  
تأییدیه دفاع از رساله دکتری

این رساله توسط آقای محمد معانی جو دانشجوی دوره دکتری رشته زمین شناسی  
گرایش اقتصادی تحت عنوان : ژئوشیمی ، شناخت منشاء سیالات کانه ساز و مکانیسم  
تشکیل مس چهل کوره ( شمال غرب زاهدان ) در تاریخ ۱۳۸۶/۸/۸ مورد دفاع قرار  
گرفت و براساس رأی هیأت داوران با نمره ۸۹٫۰۰ ( نوزده ) و درجه عالی پذیرفته شد .

استاد راهنما آقای دکتر ایرج رساء

استاد مشاور آقای دکتر سعید علیرضائی

داور از دانشگاه آقای دکتر احمد خاکزاد

داور از دانشگاه آقای دکتر مهرداد بهزادی

داور خارج از دانشگاه آقای دکتر عبدالمجید یعقوب پور

داور خارج از دانشگاه آقای دکتر فیروز علی نیا

تقدیم به

پدر و مادر عزیز،  
همسر گرامی و  
فرزند دلبندم (شایان)

## تشکر و سپاس:

خداوند را سپاس می‌گوییم که مرا در تمامی مراحل انجام رساله یاری رساند و توفیق عطا فرمود تا آن را به پایان برسانم. از جناب آقای دکتر ایرج رساء بسیار تشکر می‌نمایم که راهنمایی این رساله را به عهده داشته و در مراحل مختلف، مطالب زیادی به من آموختند و همواره مشوق بنده بودند. از جناب آقای دکتر سعید علی‌رضایی بسیار سپاسگزارم که مشاورت این رساله را به عهده داشته و زحمات زیادی در این رابطه متحمل شدند. از آقای پروفسور دیوید لنتز، استاد دانشگاه نیوبرونزویک کشور کانادا بسیار سپاسگزارم که در این راه کمک‌های فراوان مبذول داشتند. از تمامی مسئولین دانشگاه شهید بهشتی و شرکت ملی صنایع مس ایران متشکرم که در این زمینه کمک و مساعدت نموده‌اند. از مسئولین دانشگاه نیوبرونزویک کانادا قدردانی می‌نمایم که اجازه استفاده از امکانات خود را در مدت شش ماه اقامت بنده دادند و میزبان بسیار خوبی برایم بودند. از آقای دکتر بابک آل‌طه متشکرم که در این امر کمک و مساعدت فراوان نمودند. و سرانجام از همسر و فرزند عزیزم تشکر می‌نمایم که با صبر و بردباری مرا همراهی نمودند و همواره مشوق من بودند.

کانسار مس چهل کوره با طول جغرافیایی  $28^{\circ}18'N$ ،  $07^{\circ}06'E$  و عرض جغرافیایی  $30^{\circ}N$ ،  $14^{\circ}$ ،  $9/3''$  در  $120$  کیلومتری شمال باختر زاهدان (جنوب خاور ایران) قرار دارد. سنگ‌های میزبان کانی‌سازی، توربیدیت‌های ائوسن، شامل گری-وک، سیلت‌استون و شیل است و چندین استوک و دایک گرانودیوریتی، کوارتز مونوزودوئوریتی و گرانیتی (با سن الیگوسن) در درون نهشته‌های توربیدیتی نفوذ کرده‌اند و به‌طور محلی هورنفلس ایجاد شده است.

توده معدنی در چهل کوره به صورت عدسی‌ها و رگه‌های متعدد با شکل نامنظم است. محدوده ذخیره مس دارای امتداد کلی  $N23^{\circ}W$  با طول  $1350$  متر می‌باشد و توسط گسل‌های خاوری-باختری جابجا گشته است. کانی‌سازی در مناطق شکستگی و گسلی صورت گرفته و شامل کوارتز، دولومیت، آنکريت، منیزیت، سیدریت و کلسیت، همراه با پیرویت، پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، سلنین گالن (Selenian galena)، مارکازیت، نوسکیت (Nevskite)، پاراگواناژوتیت (Paraguanajuatite)، مولیبدنیت، ایلمنیت و روتیل است. دو مرحله کانی‌سازی اولیه مس - روی - سرب در منطقه کانی‌سازی چهل کوره وجود دارد که مرحله دوم همراه با کانی‌سازی اصلی است. علیرغم مقادیر بالای میانگین عیار فلزات پایه شامل  $1/4\%$  مس،  $1/77\%$  روی،  $0/85\%$  سرب (Cu+Zn+Pb  $4/1\%$ ) با توجه به داده‌های حاصل از  $35$  گمانه و نقره با مقدار متوسط  $22$  ppm، مقدار طلا با متوسط  $0/14$  ppm (در  $45$  نمونه) پایین است.

با توجه به مطالعات EPMA (Electron Probe Microanalysis) نسبت پایین S/Se (تا  $2400$ ) در سولفیدهای مختلف کانسار چهل کوره، بیانگر منشأ آذرین است. مقدار  $X_{FeS}$  اسفالریت که همراه پیریت و پیرویت رشد کرده‌اند، بین  $9/2$  تا  $14/75$  درصد مولی (میانگین  $11/31$ ) تغییر می‌کند، که بیانگر  $Loga_{S2}$  متوسط، به‌میزان  $5-$  تا  $8-$  است. علاوه بر این مطالعات EPMA نشان داده است که مقادیر Sr و Mn از دولومیت به سیدریت، با کاهش همراه است که این امر منجر به افزایش REE و U در محلول باقیمانده گشته و سرانجام محلول هیدروترمال تکامل یافته موجب تشکیل کانی‌های REE نظیر موناژیت می‌گردد.

محاسبات موازنه جرم (Mass balance) در دگرسانی کلریتی نشانگر یک افزایش جرم در  $Fe_2O_3^T$  و  $MgO$  و یک کاهش جرم در  $CaO$ ،  $Na_2O$ ،  $SiO_2$  و  $K_2O$  است. دگرسانی کربناتی با افزایش  $Fe_2O_3^T$  و  $MgO$  و کاهش  $SiO_2$  و  $Na_2O$  همراه بوده است که دلالت بر چیرگی آنکريت، سیدریت و دولومیت از میان کانی‌های کربناتی دارد.

شواهد تکتونیکی مبنی بر حضور منشورافزایی و موقعیت فرورانش حاشیه قاره‌ها برای منطقه چهل کوره است. گرانیتوئیدهای منطقه چهل کوره دارای خصوصیات نوع I است. میانگین درجه حرارت تشکیل کانسار، با روش‌های مطالعه سیالات درگیر ( $410^{\circ}C$ )، ایزوتوپ‌های اکسیژن ( $450^{\circ}C$ ) و بافت کانه‌ها ( $400^{\circ}C$ ) انطباق معقولی با یکدیگر دارند و بیانگر سیالی با درجه-حرارت بالا هستند. سیالات درگیر موجود در کوارتز طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده با روش Cryogenic SEM-EDS غنی از Na، K و Cl می‌باشند.

$\delta^{18}O_{water}$  و  $\delta D_{water}$  سیالی که در تعادل با کلریت (نمونه 8) می‌باشند، به‌ترتیب بین  $5/6$  تا  $10/6$  ‰ و  $23-$  تا  $31-$  ‰ قرار دارد.  $\delta^{18}O_{water}$  کوارتز (نمونه 8) به مقدار  $10/22$  -  $8/12$  ‰ می‌باشد. مقادیر  $\delta^{18}O$  و  $\delta D$  اندازه‌گیری شده برای کاتولینیت (نمونه 3) کانسار چهل کوره به‌ترتیب بین  $6/1$  تا  $12/6$  ‰ و  $62-$  تا  $99-$  ‰ قرار دارد. از این مقادیر می‌توان نتیجه گرفت که قسمت مهمی از آب سیال کانی‌ساز توسط ماگما تأمین شده است و بخشی نیز از مخلوط شدن با آب دگرگونی فراهم گشته است.

مقادیر ایزوتوپ کربن کربنات‌ها (نمونه 14) بین  $10/1-$  تا  $0/9-$  ‰ قرار می‌گیرد، در صورتی که مقادیر  $\delta^{18}O$  بین  $1/8$  تا  $9/3$  ‰ هستند. کربن موجود در رگه‌های گرمایی کانسار چهل کوره می‌تواند دارای منشأ ماگمایی باشد، که تغییرات موجود در مقدار  $\delta^{13}C$  از واکنش سیال با سنگ‌های کربناتی رسوبی غنی از  $^{13}C$  حاصل شده است و موجب جابجایی  $\delta^{13}C$  به‌سمت مقادیر مثبت گشته و کاهش  $O_2$  فرا در پی داشته است. مقادیر  $\delta^{34}S$  کانی‌های سولفیدی (در  $25$  نمونه) مربوط به کانسار چهل کوره بین  $1/95$  ‰ تا  $4/07$  ‰ با میانگین  $3$  در هزار است، که بیانگر یک منشأ ماگمایی برای آن‌ها می‌باشد.

افزایش pH که در اثر واکنش سیالات با کربنات‌ها یا جوشش گازهای اسیدی ایجاد می‌شود، خود عامل مهمی برای ته-نشینی سولفیدها در چهل کوره است. یک رابطه مکانی و زمانی بین توده‌های آذرین و کانسار چهل کوره وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، گوگرد، قسمتی از کربن، سلنیوم، قسمت عمده فلزات پایه و بخشی از آب، از توده‌های ماگمایی فراهم شده است. کانسار چهل کوره از لحاظ تیپ، یک کانسار رگه‌ای فلزات پایه در ارتباط با توده‌های نفوذی فلسیک، با درجه حرارت بالا و سنگ میزبان رسوبی (توربیدیت) است و قابل مقایسه با کانسار ماگما در آریزونا است.

## فهرست مطالب

|    |  |
|----|--|
| ۱  | مقدمه.....   |
| ۲  | فصل اول- کلیات.....  |
| ۲  | ۱-۱- طرح موضوع و هدف.....  |
| ۳  | ۱-۲- موقعیت جغرافیایی کانسار مس چهل کوره.....                          |
| ۳  | ۱-۳- وضعیت آب و هوای منطقه.....  |
| ۷  | ۱-۴- نیروی انسانی منطقه چهل کوره.....                                  |
| ۷  | ۱-۵- مطالعات قبلی انجام شده.....                                       |
| ۹  | ۱-۶- روش کار.....  |
| ۱۶ | فصل دوم- زمین شناسی منطقه چهل کوره.....                                |
| ۱۶ | ۱-۲- زمین شناسی ناحیه‌ای.....  |
| ۱۸ | ۲-۲- زمین شناسی منطقه چهل کوره.....                                    |
| ۱۹ | بخش افیولیتی.....  |
| ۲۰ | بخش آذرین.....   |
| ۲۱ | بخش رسوبی.....   |
| ۲۱ | زمین شناسی ساختمانی.....   |
| ۲۴ | ۲-۳- زمین شناسی کانسار چهل کوره.....                                   |
| ۳۰ | ۲-۴- موقعیت ژئوتکتونیک توده‌های آذرین در منطقه چهل کوره.....           |
| ۳۴ | فصل سوم - سنگ‌نگاری محدوده کانسار چهل کوره.....                        |
| ۳۴ | ۳-۱- مقدمه.....  |
| ۳۴ | ۳-۲- سنگ‌های آذرین.....  |
| ۴۰ | ۳-۳- سنگ‌های رسوبی.....  |
| ۴۲ | ۳-۴- سنگ‌های دگرگونی.....  |
| ۴۳ | فصل چهارم - دگرسانی در کانسار چهل کوره.....                            |
| ۴۳ | ۴-۱- انواع دگرسانی در کانسار چهل کوره.....                             |
| ۴۶ | ۴-۲- ژئوشیمی سنگهای میزبان و دگرسانی‌های موجود در کانسار چهل کوره..... |
| ۵۱ | ۴-۳- رفتار عناصر اصلی و فرعی در دگرسانی‌های مختلف.....                 |
| ۵۴ | ۴-۳-۱- منشأ عناصری مثل آهن و منیزیوم در دگرسانی سنگ دیواره.....        |
| ۵۴ | ۴-۴- محتوی REE گریوک و شیل در چهل کوره.....                            |
| ۵۵ | ۴-۵- رفتار REE در حین دگرسانی گرمایی در کانسار چهل کوره.....           |

|     |   |
|-----|---|
| ۶۰  | فصل پنجم-ژئوشیمی سنگ‌های آذرین.....                             |
| ۶۰  | ۱-۵- ژئوشیمی عناصر اصلی.....                                    |
| ۶۳  | ۲-۵- سری‌های ماگمایی.....                                       |
| ۶۶  | ۳-۵- ژئوشیمی REE و عناصر نادر.....                              |
| ۷۰  | ۴-۵- خصوصیات گرانیتوئیدها.....                                  |
| ۷۴  | فصل ششم-ژئوشیمی اکتشافی.....                                    |
| ۷۴  | ۱-۶- مقدمه.....   |
| ۷۴  | ۲-۶- اکتشاف تفصیلی.....   |
| ۷۹  | ۳-۶- حفاری اکتشافی.....   |
| ۸۶  | فصل هفتم - کانی‌شناسی کانسنگ در کانسار چهل کوره.....            |
| ۸۶  | ۱-۷- مقدمه.....   |
| ۸۶  | ۲-۷- کانی‌شناسی.....  |
| ۹۹  | ۳-۷- مطالعه XRD.....  |
| ۱۰۳ | فصل هشتم - مطالعات میکروآنالیز در کانسار چهل کوره.....          |
| ۱۰۳ | ۱-۸- مقدمه.....   |
| ۱۰۳ | ۲-۸- میکروآنالیز در کانی‌های سولفیدی.....                       |
| ۱۱۴ | ۳-۸- زمین فشارسنجی (Geobarometry) اسفالریت.....                 |
| ۱۱۸ | ۴-۸- میکروآنالیز در کربنات‌ها.....                              |
| ۱۲۷ | فصل نهم- مطالعه ایزوتوپ‌های پایدار و سیالات درگیر.....          |
| ۱۲۷ | ۱-۹- مقدمه.....   |
| ۱۲۸ | ۲-۹- ایزوتوپ‌های O و H.....                                     |
| ۱۳۱ | ۳-۹- ایزوتوپ‌های کربن.....                                      |
| ۱۳۴ | ۴-۹- ایزوتوپ‌های گوگرد.....                                     |
| ۱۳۷ | ۵-۹- ژئوترمومتری با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار.....          |
| ۱۳۸ | ۶-۹- مطالعه سیالات درگیر.....                                   |
| ۱۴۳ | ۷-۹- مطالعه کریوژنیک SEM-EDS.....                               |
| ۱۴۷ | فصل دهم- نتیجه‌گیری.....  |
| ۱۴۷ | ۱-۱۰- مقدمه.....  |
| ۱۴۹ | ۲-۱۰- موقعیت ژئوتکتونیکی کانسار چهل کوره.....                   |
| ۱۵۰ | ۳-۱۰- منشأ سیالات کانه‌ساز و نحوه تشکیل کانسار مس چهل کوره..... |
| ۱۵۶ | ۴-۱۰- پیشنهادات.....  |



منابع..... ۱۵۸

فهرست پیوست‌ها

- پیوست ۱- فهرست نمونه های صحرایی برداشته شده و موقعیت جغرافیایی آنها..... ۱۶۹
- پیوست ۲- نمودارهای XRD..... ۱۸۰
- پیوست ۳- آنالیز شیمیایی مغزه‌های حفاری در کانسار مس چهل کوره ..... ۱۸۹
- پیوست ۴- نتایج آنالیز میکروپروب سولفیدها..... ۱۹۳
- پیوست ۵- نتایج حاصل از تجزیه میکروپروب کربنات‌ها..... ۲۰۵
- پیوست ۶- نتایج آنالیز SEM-EDS کانی‌های مختلف..... ۲۱۸
- پیوست ۷- نتایج آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن، هیدروژن و کربن..... ۲۲۳
- پیوست ۸- نتایج آنالیز ایزوتوپ‌های گوگرد در نمونه‌های سولفید..... ۲۲۴
- پیوست ۹- نتایج آنالیز شیمیایی سنگ‌های منطقه چهل کوره..... ۲۲۶
- پیوست ۱۰- لوگ‌های حفاری کانسار چهل کوره ..... ۲۳۶

## مقدمه:

ایران کشوری است که دارای ذخایر متنوع و متعدد فلزی و غیرفلزی است، از کانسارهای آهن، مس، طلا، سرب و روی گرفته تا ذخایر سنگ‌های تزئینی و صنعتی. اما از میان مواد معدنی به‌جرات می‌توان گفت که مس از لحاظ فراوانی، مقدار ذخایر معدنی، و ارزش اقتصادی مهمترین ماده معدنی کشور است. اطلاعات ما از این ماده معدنی در کشور بیشتر به‌صورت کانسارهای مس پورفیری است. اطلاعات در مورد کانسارهای نوع رگه‌ای مرتبط با سنگ‌های آذرین حدواسط و فلسیک در کشور بسیار محدود است.

در این پایان‌نامه بر روی یک نمونه از این نوع کانسارها پژوهش صورت گرفته‌است و سعی بر این است که با مطالعات سنگ‌نگاری، کانی‌شناسی، ژئوشیمی، ایزوتوپ‌های پایدار، سیالات درگیر و EPMA (Electron Probe Microanalysis) به منشأ و نحوه تشکیل کانسار مس، سرب و روی چهل‌کوره پی برده شود. بدیهی است با افزایش دانش اندوزی در این حیطه از علوم زمین‌شناسی و معدن، درک جامع‌تری از ذخایر معدنی مس کشور احراز می‌شود و از این دانش می‌توان در آینده جهت استفاده‌های علمی و یا برنامه‌ریزی‌های اکتشافی و معدنی سود جست.

این رساله در ده فصل تدوین شده است و در هر فصل از جنبه‌های مختلف زمین‌شناسی اقتصادی بر روی کانسار چهل‌کوره بحث به‌عمل آمده، و در انتها یک مدل ژنتیک برای کانسار ارائه شده‌است.

## فصل اول - کلیات:

### ۱-۱- طرح موضوع و هدف:

گستره ایران زمین ذخائر مس فراوانی را در دل خویش نهفته دارد. این انباشتگی های مس، از گذشته های بسیار دور، عاملی برای رونق معدنکاری در این مرز و بوم بوده است. کانسار مس چهل کوره یکی از ذخایر مهم مس کشور است که از دیرباز توسط پیشینیان شناخته شده بود. این کانسار با طول جغرافیایی  $28/8^{\circ}$ ،  $07^{\circ}$ ،  $E=06^{\circ}$  و عرض جغرافیایی  $9/3^{\circ}$ ،  $14^{\circ}$ ،  $N=30^{\circ}$ ، در ۱۲۰ کیلومتری شمال غربی زاهدان در رشته کوه لونکا قرار دارد.

رشته کوه لونکا در ناحیه مرزی بین بلوک لوت و ناحیه فلش شرق ایران واقع است. در حاشیه شمالی و شمال خاوری این رشته کوه، لایه هایی از شیل و ماسه سنگ وجود دارد که کمی دگرگون شده اند و نمادی در خشان دارند. سن این سنگ ها ائوسن پیشین می باشد. طبقات موجود شیبی تند دارند که چین خوردگی های فشرده و گسلش طولی در آنها رخ داده است. در بعضی مناطق دایک ها و توده های کوچکی از سنگ های گرانیتوئیدی که دارای جهت شمالی- جنوبی است (موازی گسل های اصلی ناحیه) دیده می شود.

سنگ های میزبان کانسار چهل کوره از جنس ماسه سنگ، سیلت استون، شیل و ماسه سنگ آهکی (همراه با مقدار کمی اجزاء آتشفشانی) می باشد که رخساره فلشی دارند. ماسه سنگ ها در آنجا که پذیرای دگرسانی نشده اند، به رنگ سبز و گاهی سبز تیره اند.

امتداد کلی کانی سازی در چهل کوره، شمالی - جنوبی می باشد و نواحی کانی سازی را می توان از روی نواحی گسلی و کلاک های آهنی که دارای رنگ قرمز جگری هستند، پی گیری نمود. کانه های موجود در این ناحیه همگی دانه بندی ریز تا متوسط دارند و کالکو پیریت، اسفالریت، گالن و پیریت از کانی های اصلی هستند. سیلیسی شدن همراه با کانی سازی در نزدیکی کارهای قدیمی بخوبی قابل تشخیص است.

در ناحیه چهل کوره وجود کانسنگ تا عمق ۲۶۵ متری به وسیله حفر گمانه به اثبات رسیده است که ۵۰ تا ۷۰ متر آن را بخش اکسیدی تشکیل می دهد. در افق ۱۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، طول کانسار ۱۳۰۰ متر و عرض آن از ۸۰ تا ۲۸۰ متر تغییر می کند. بین سال های ۱۳۵۰ تا ۱۳۵۴ حدود ۷۰۰۰ متر حفاری توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده، که منجر به کشف نزدیک به ۱۴ میلیون تن کانسنگ مس، سرب و روی با عیار ۱/۵٪ مس، ۰/۱۸۸٪ سرب و ۱/۸۱٪ روی شده است.

مطالعاتی که تا کنون بر روی کانسار انجام شده بیشتر از دیدگاه اقتصادی بوده و بسیاری از مسائل زمین شناسی مشخص نیست. عدم وجود شناخت کافی از کانی شناسی، سنگ شناسی، دگرسانی های مختلف، منشا سیالات کانه ساز، درجه حرارت تشکیل، ژئوشیمی عناصر کمیاب و تیپ کانسار، حائز اهمیت بودن پژوهش بیشتر در منطقه را توجیه می کند.

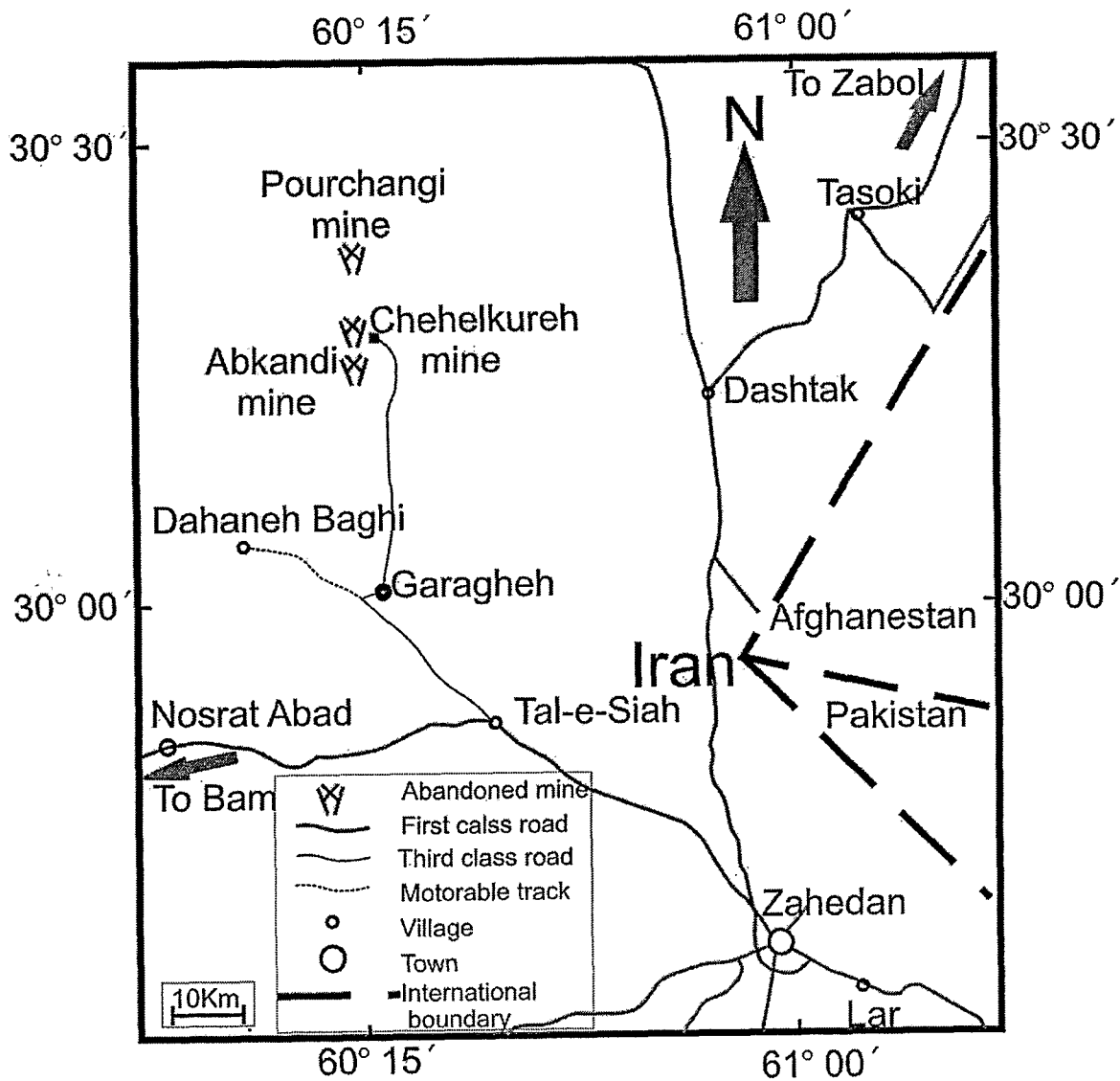
هدف از اجرای این پایان نامه آن است که با بررسی های مختلف زمین شناسی شامل سنگ شناسی، کانی شناسی، ژئوشیمی و دگرسانی بتوان به منشا سیالات کانه ساز و نحوه تشکیل این کانسار پی برد. از آنجا که سنگ میزبان این کانسار رسوبی است، از این جهت می توان آن را درخور توجه دانست چرا که دانسته های ما در مورد ذخایر مس با سنگ میزبان رسوبی در ایران بسیار کم و محدود است. از این رو جا دارد با پژوهش بر روی این کانسار، محدوده دانش خود را در این زمینه گسترش دهیم. احتمالاً در آینده می توان از این دانش در جهت کشف ذخایر معدنی مشابه در منطقه و سایر نقاط ایران استفاده کرد.

### ۱-۲- موقعیت جغرافیایی کانسار مس چهل کوره:

معدن مس-روی-سرب چهل کوره در استان سیستان و بلوچستان واقع است و یکی از معادن باستانی ایران است. این معدن در ۱۲۰ کیلومتری شمال باختر زاهدان، در طول جغرافیایی  $28^{\circ} 28' 07''$  و  $E=60^{\circ} 07' 09''$  و عرض جغرافیایی  $30^{\circ} 14' 09''$  قرار دارد. ارتفاع بلندترین نقطه در محدوده معدن ۱۷۰۵m و پست ترین نقطه ۱۵۹۵m است. دسترسی به کانسار از طریق جاده آسفالت زاهدان-نصرت آباد، به طول ۵۰ کیلومتر و سپس جاده خاکی به طول ۷۰ کیلومتر میسر است. این راه از آغاز جاده خاکی (تل سیاه) تا روستای اسلام آباد گراغه ۳۵ کیلومتر و از روستای اسلام آباد گراغه تا معدن چهل کوره ۳۵ کیلومتر طول دارد (شکل ۱-۱). کانسارهای پورچنگی و آبکندی، کانسارهای دیگری هستند که در منطقه وجود دارند. مناظر کانسارهای منطقه که مهمترین آن، کانسار چهل کوره است در شکل های ۱-۲ و ۱-۳ دیده می شود.

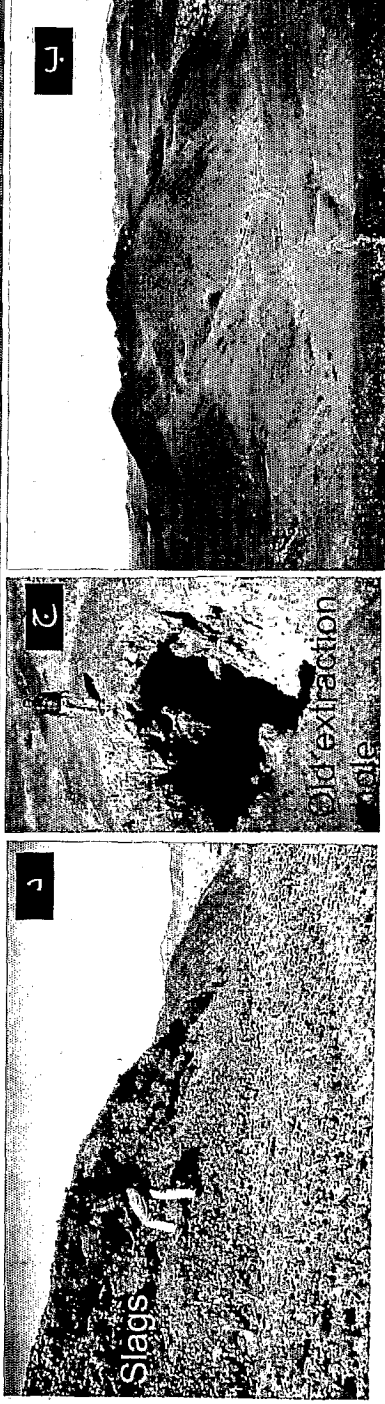
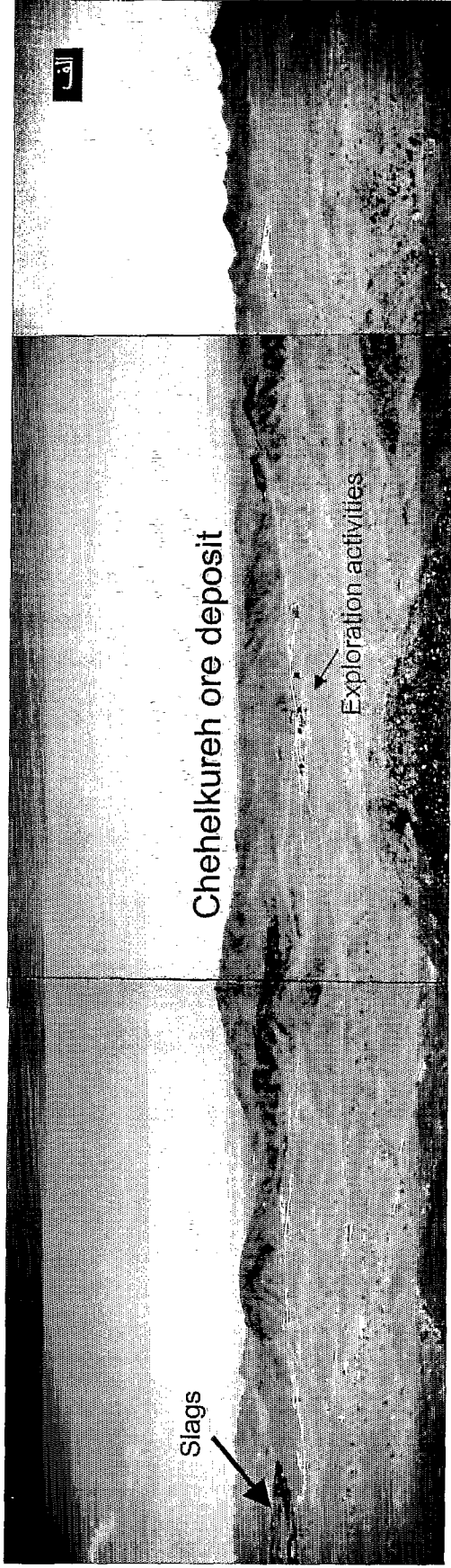
### ۱-۳- وضعیت آب و هوای منطقه:

منطقه مورد مطالعه در عرصه های بیابانی کشور و در مجاورت کویر لوت واقع شده است. این منطقه دارای تابستان های گرم و خشک بوده و حداکثر شدت دما در ماه های تیر و مرداد می باشد. زمستان ها نیز بسیار سرد و خشک بوده و بارندگی به صورت رگبارهای محلی همراه با رعد و برق در بهار و پائیز رخ می دهد. بارش برف در زمستان های سرد، دیده می شود. تغییرات دمای هوا در فصول مختلف بسیار شدید است، به طوری که اختلاف دمای شبانه روز در

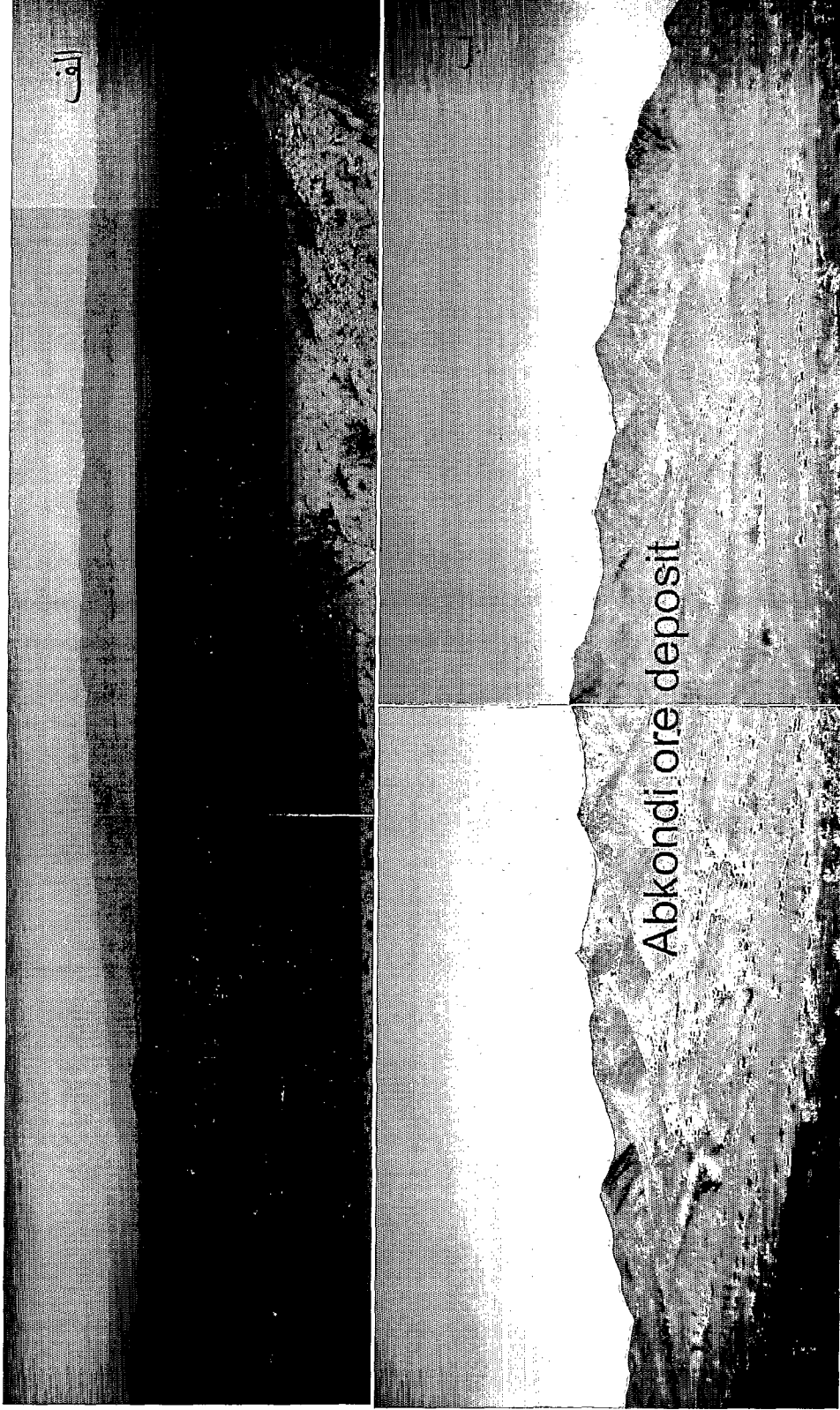


شکل ۱-۱- راه‌های دسترسی به کانسار چهل کوره.

تابستان بین ۲۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد و در زمستان از ۱۵ درجه زیر صفر تا ۲۰ درجه بالای صفر در نوسان است. منطقه فاقد رودخانه دائمی و فصلی می‌باشد. ذخایر آب منطقه شامل آب زیرزمینی است و با چاه‌هایی که توسط ساکنین بومی حفر شده‌اند، بهره‌برداری می‌شوند. چاه‌هایی که به ارتفاعات نزدیک‌تر هستند دارای آب شیرین تا لب شور بوده ولی چاه‌های حفر شده در دشت اغلب شور می‌باشند. در نزدیکی معدن چهل کوره یک چشمه وجود دارد که چند خانوار به صورت فصلی از آن برای شرب و همچنین دامداری استفاده می‌نمایند.



شکل ۱-۲- عکس‌هایی از کانسار چهل کوره. الف) چشم‌انداز کانسار چهل کوره (دید به سمت خاور). فعالیت اکتشافی (۱۳۸۴) به صورت حفر یک حلقه چاه اکتشافی مشاهده می‌شود، ب) چشم‌انداز کانسار چهل کوره (دید از مرکز کانسار به جنوب)، ج) نمونه‌ای دیگر از چاه استخراجی قدیمی، د) سرباره‌های انباشته شده در کانسار از زمان باستان، که خود ذخیره‌ای قابل توجه را تشکیل داده‌اند.



شکل ۱-۳- چشم انداز کانسارهای الف (پورچنگی (دید به سمت جنوب خاوری)، ب (آب کندی (دید به سمت خاوری).

استان سیستان و بلوچستان و به خصوص بخش شمالی آن که محدوده مورد مطالعه نیز در آن واقع شده است، در دهه اخیر با پدیده خشکسالی مواجه بوده و این امر لطمات شدیدی به پوشش گیاهی و آب و هوا وارد نموده و سبب افت شدید آب‌های زیرزمینی گردیده و تغییرات زیادی در اقلیم منطقه به وجود آمده است. مهم‌ترین تغییری که از خشک شدن آب‌های جاری و دریاچه‌های فصلی و دائمی (دریاچه هامون) در منطقه بروز نموده است، گسترش شن‌های روان و پراکندگی آنها در بخش‌های وسیعی از ناحیه شمالی استان می‌باشد. علاوه بر این، کمبود آب و خشکسالی موجب تلف شدن قسمت عمده دام‌های منطقه شده است و از آنجا که شغل اصلی مردم منطقه دامداری است، این مسئله اقتصاد سکنه را دچار آسیب‌های جدی نموده است.

#### ۴-۱- نیروی انسانی منطقه چهل کوره:

محدوده مورد مطالعه در تقسیمات اقوام و قبایل بلوچ ساکن در استان سیستان و بلوچستان در قلمرو نارویی و دوتازهی قرار دارد. مهم‌ترین مراکز تمرکز این جوامع انسانی روستاهای دهانه باغی، اسلام‌آباد گراغه و سبزپوشان می‌باشد. تجمعاتی نیز به صورت چادرنشین در اطراف چاه‌های آب شیرین و مراتع فصلی به خصوص منطقه چهل کوره حضور دارند. روستاهای دهانه باغی و اسلام‌آباد گراغه بزرگ‌ترین آبادی‌های منطقه بوده و ساکنین آنها به کشاورزی و دامداری اشتغال دارند. اخیراً یک معدن سنگ گرانیت در غرب روستای اسلام‌آباد گراغه به مرحله استخراج رسیده است. سکنه محدوده چهل کوره مشتمل بر چند خانوار چادرنشین بوده که محل استقرار بیلاق آنها دره مرکزی چهل کوره و آبکندی است.

#### ۵-۱- مطالعات قبلی انجام شده:

معادن مس چهل کوره و همچنین مس نسق‌پورچنگی (۱۰ کیلومتری شمال چهل کوره) از معادن باستانی ایران هستند که در محل آنها آثار شدادی فراوان و سرباره‌های (Slags) زیادی مشاهده شده است. وجود ۴۳۶۰۰ تن سرباره با عیار ۱/۲۷٪ مس و ۱/۹۹٪ سرب و ۲/۵۳٪ روی در شمال ناحیه معدنی چهل کوره مؤید این مطلب است (Movahhed Ava1, 1974). با استفاده از سن‌سنجی کربن ۱۴ ( $^{14}\text{C}$ ) بر روی بقایای زغال چوب‌های موجود در سرباره‌های معدن، سن معدن‌کاری در چهل کوره به سال‌های ۶۶۰ تا ۸۸۰ بعد از میلاد مسیح، یعنی حدوداً ۱۱۰۰ تا ۱۳۵۰ سال پیش برمی‌گردد (Movahhed Ava1, 1974).

نظر به حجم کارهای شدادی و سرباره‌های موجود، این معدن پیوسته مورد توجه قرار گرفته و گروه‌های مختلفی در زمینه‌های متفاوت در این منطقه کار کرده‌اند. در سال ۱۹۵۹، یک شرکت ایتالیایی (Italconsult Co.) نام چهل کوره را در یک نقشه ثبت و گزارش نمود. در سال



۱۹۶۰ معادن قدیمی توسط شرکت معدنی دولتی مورد بازبینی قرار گرفت ولی هیچ‌گونه تصمیمی در مورد توسعه معدن چهل کوره صورت نگرفت.

در سال ۱۹۶۶ کارشناسان سازمان زمین‌شناسی ایران، این منطقه را در پی‌جویی استان سیستان و بلوچستان بررسی کردند و پیشنهاد تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی را نمودند (Chazan and Taghizadeh, 1966). چند سال بعد پیشنهاد اکتشافات ژئوفیزیکی با روش‌های الکترومگنتیک و SP صورت پذیرفت (Bazin & Hubner, 1969) تا مکان نهایی مناسب، برای چاه‌های اکتشافی مشخص شود. در دسامبر ۱۹۷۰، نمونه‌برداری مقدماتی در هنگام پی‌جویی مواد معدنی در سیستان و خراسان جنوبی انجام شد (Movahed Aval and Ghasemipour, 1971). نتایج نمونه‌برداری آنها بسیار امیدبخش بود و از این رو پیشنهاد گردید که اکتشاف ژئوفیزیکی به روش‌های IP، Rs، SP و EM در مناطق با دگرسانی شدید صورت پذیرد. در آوریل ۱۹۷۱ تیم ژئوفیزیک سازمان زمین‌شناسی کشور این اکتشافات را انجام دادند. پس از آن کارشناسان زمین‌شناسی پیشنهاد حفر سه چاه آزمایشی در مناطق دارای آنومالی IP، Rs و EM را نمودند (Movahed Aval and Nicholas, 1971). گروه حفاری شرکت پرومتال (انستیتو اکتشافات زمین‌شناسی و معدنی بلگراد، یوگسلاوی) سه حلقه چاه را حفر نمودند که یکی از آنها توده معدنی را با کانی‌سازی قوی Cu-Pb-Zn به ضخامت ۱۰۰ m قطع نمود.

متعاقباً براساس تقاضای موحداول گروه ژئوفیزیک سازمان زمین‌شناسی کشور برای بار دوم کار اکتشافی خود را انجام دادند که به دنبال آن کارهای حفاری آغاز گشت. کارهای حفاری در سه مرحله در فصل‌های کاری صورت پذیرفت. تا فوریه ۱۹۷۴، تعداد ۳۹ چاه حفاری با طول ۷۲۵۶/۱۰ m در مناطق چهل کوره، مناطق آب‌کندی و نسق‌پورچنگی حفر گردید. عمق حفاری‌ها از ۱۳۰ m تا ۳۰۰ m متغیر بوده و به‌طور میانگین ۲۰۰ m است.

آقای مرتضوی (۱۳۴۹) از گروه نقشه‌برداری سازمان زمین‌شناسی کشور نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰ از چهل کوره، و نقشه‌های توپوگرافی چهل کوره، آب‌کندی و نسق‌پورچنگی را به مقیاس ۱:۱۰۰۰ تهیه نمود. کارشناسان زمین‌شناسان بار دیگر از منطقه بازدید به‌عمل آوردند و کانسار مس چهل کوره را از نوع کانسار مس پورفیری دانسته و نمونه‌برداری ژئوشیمیایی از خاک را پیشنهاد نمودند (Ziegler and Sadrzadeh, 1971).

وثوق‌زاده و تدین (۱۳۵۱) بررسی‌های ژئوشیمیایی را انجام دادند و بر این اساس نظر پورفیری بودن کانسار مس چهل کوره را رد نمودند. پس از آن نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۵۰۰۰ با استفاده از نقشه توپوگرافی تهیه شد (Valeh and Ghorashie, 1973). آنها ماسه‌سنگ‌ها و سیلت استون‌های منطقه را براساس ضخامت و رنگ‌آمیزی ظاهری تقسیم‌بندی نمودند. چندی بعد نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰ از چهل کوره، آب‌کندی و

نسق‌پور چنگی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی تهیه شد (Movahhed Aval, 1974). در حال حاضر از گزارش‌ها و نقشه‌های تهیه شده قبلی، فقط گزارش اکتشافی معدن مس، روی و سرب (Movahhed Aval, 1974) و تعداد کمی از نقشه‌ها با کیفیت پائین در دست است.

در سال ۱۳۸۲ شرکت ملی صنایع مس ایران، داده‌های حاصل از حفر چاه‌های حفاری قبلی را مورد بررسی مجدد قرار داده و ذخیره کانسار چهل کوره را مجدداً با استفاده از روش‌های زمین آماری محاسبه نمود.

در راستای سیاست سرمایه‌گذاری خارجی دولت جمهوری اسلامی ایران در بخش معدن، شرکت کانادایی زرکن قراردادی با وزارت معادن و فلزات ایران در ماه مه ۱۹۹۸ منعقد نمود. برطبق این قرارداد محدوده‌ای به مساحت ۳۰۸۰۰ کیلومتر مربع در بخش شمالی استان سیستان و بلوچستان مورد عملیات اکتشافی و شناسایی قرار گرفت. شرکت زرکن نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ را از سرتاسر محدوده چهل کوره تهیه کرده است. علاوه بر آن نقشه زمین‌شناسی و آلتراسیون به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ نیز از محدوده معدن قدیمی تهیه نمود. از عمده فعالیت‌های اکتشافی دیگر در محدوده چهل کوره اخذ نمونه رسوب رودخانه‌ای فشرده از معدن قدیمی می‌باشد که منجر به معرفی دو آنومالی طلا در موقعیت مختلف گردیده است. همچنین عملیات ژئوفیزیک به روش EM MAX MIN در محدوده‌ای به ابعاد ۱۶۸۰ × ۱۶۴۰ متر که در برگیرنده محدوده معدن قدیمی چهل کوره می‌باشد به انجام رسیده است.

در سال ۱۳۸۲ شرکت ملی صنایع مس ایران حفاری اکتشافی جدیدی را در محدوده معدن چهل کوره آغاز نمود. در مرحله اول تعداد ۴ چاه حفاری و در مرحله دوم تعداد ۱۲ چاه حفاری حفر نمود. با توجه به تمام کارهای اکتشافی انجام شده وجود یک ذخیره اقتصادی در چهل کوره به اثبات رسید. هم‌اکنون (۱۳۸۶) معدن چهل کوره در مرحله طراحی جهت استخراج ماده معدنی است.

### ۱-۶- روش کار:

در ابتدا اطلاعات موجود در مورد زمین‌شناسی عمومی و کانسارهای منطقه جمع آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ موجود از منطقه و نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰ و عکس‌های هوایی به مقیاس ۱:۲۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰ نیز تهیه شد. آنگاه بررسی‌های صحرایی و نمونه‌برداری از واحد‌های مختلف کانسار صورت پذیرفت.

بازدیدهای اولیه از کانسار در تاریخ شهریور ۱۳۸۲ صورت پذیرفت. عملیات صحرایی و نمونه برداری سطحی در فروردین واردیبهشت ۱۳۸۳ انجام شد و نمونه برداری تکمیلی در شهریور همین سال صورت پذیرفت. روند عمومی کانی‌سازی منطقه چهل کوره تقریباً شمالی-جنوبی می‌باشد. نمونه برداری در امتداد عمود بر روند عمومی منطقه یعنی تقریباً شرقی-غربی به

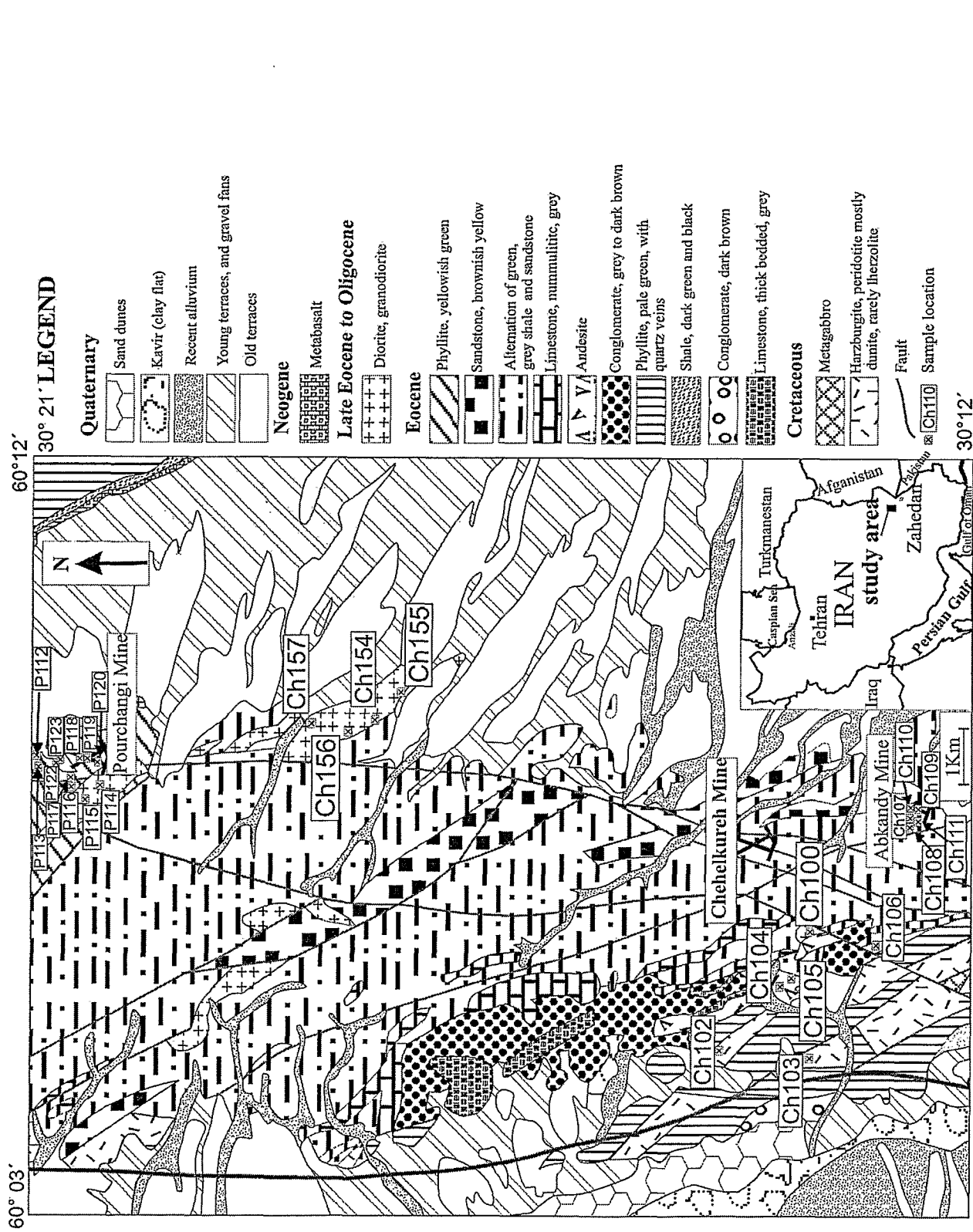
عمل آمد و در این راستا در امتداد ۱۱ مقطع که به فاصله ۱۰۰ متری از یکدیگر قرار دارند، تعداد ۱۱۵ نمونه سطحی، از واحدهای مختلف سنگ شناسی و معدنی برداشته شد. موقعیت جغرافیایی نمونه‌ها توسط دستگاه GPS ثبت شده است. مشخصات و مختصات این نمونه‌ها در ضمیمه ۱ آمده است. فاصله نمونه برداری در امتداد هر مقطع بسته به تغییرات سنگ‌شناسی و معدنی موجود بوده، و از ۵ تا ۵۰ متر است. موقعیت نمونه‌های سطحی در دونقشه، یعنی نقشه‌های زمین‌شناسی ناحیه (شکل ۱-۴) و کانسار چهل کوره (شکل ۱-۵) آورده شده است.

اولین مرحله از نمونه برداری از گمانه‌های قدیمی در آبان ماه ۱۳۸۲ انجام شد. دومین مرحله از نمونه برداری زیرسطحی در اواخر شهریور و اوایل مهر ۱۳۸۳ به عمل آمد. در این خصوص از واحدهای مختلف زمین‌شناسی و معدنی گمانه‌های قدیمی (۱۵ گمانه باقیمانده از گذشته) و تعداد چهار گمانه جدید حفر شده توسط شرکت ملی صنایع مس ایران، نمونه برداری شد. فاصله نمونه برداری بسته به تغییرات سنگ‌شناسی و کانسنگ است، به طوری که در برخورد با تغییرات سریع، فاصله نمونه برداری کم بوده است. به این ترتیب فاصله نمونه برداری بین ۱ تا ۱۰ متر متغیر بوده است. برای نمونه برداری، مغزه‌ها را نصف نموده و نصف آن را برداشته و مورد استفاده قرار داده‌ایم. تعداد نمونه‌های برداشته شده زیرسطحی ۱۰۰ عدد می باشد. شماره نمونه‌های مربوط به گمانه‌ها (drill hole) به صورت «شماره گمانه - عمق نمونه» آورده شده است. مثلاً A1-8 به معنی گمانه A1 عمق ۸ متری است.

از واحدهای مختلف زمین‌شناسی معدن منطقه چهل کوره تعداد ۵۰ مقطع نازک و ۲۵ عدد صیقلی تهیه شد، و مطالعه میکروسکپی روی آنها صورت پذیرفت.

آنالیز اشعه ایکس بر روی پودرهای تهیه شده از سنگ یا کانی‌های مختلف، توسط دستگاه Bruker D8 Advance Solid-state Powder Diffraction XRD در دانشگاه نیوبرونزویک کشور کانادا انجام پذیرفت. در این راستا تعداد ۲۵ نمونه از معدن چهل کوره مورد آنالیز واقع شد.

برای جلوگیری از آلودگی‌های احتمالی، تمامی نمونه‌های ژئوشیمیایی با آسیاب آگات پودر شدند. آنگاه این نمونه‌ها (۳۰ نمونه) توسط آزمایشگاه ALS Chemex در کشور کانادا آنالیز شیمیایی گشتند. عناصر اصلی در نمونه‌ها توسط روش XRF و با استفاده از ذوب لیتیم بورات (Lithium Borate Fusion) اندازه‌گیری شدند. عناصر نادر و REE شامل مجموعاً ۳۸ عنصر نیز توسط ذوب لیتیم بورات و ICP-MS اندازه‌گیری شدند. جیوه توسط روش Aqua Regia digestion/Cold vapor, AAS آنالیز شده است. جهت تست صحت اندازه‌گیری‌ها در استاندارد GM (آلمانی) و GBW07106 (چینی) مورد استفاده قرار گرفتند و نشان دادند که



نقشه ۱-۴- موقعیت نمونه‌های برداشته شده سطحی بر روی نقشه زمین‌شناسی ناحیه‌ای چهل کوره.