

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی معدن

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن
گرایش اکتشاف معدن

مطالعه آنالیزهای چند متغیره در اکتشافات هاله ثانویه لیتوژئوشیمیایی
کانسار سونگون

مؤلف:

سامان آرین نمازی

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا رحیمی پور

شهریورماه ۱۳۹۲

تقدیم به پدر و مادرم:

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نسیم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان ییاسیم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند....

تقدیر و تشکر

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و دورد بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است ...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ " :

از پدر و مادر عزیزم... این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور یی چشم داشت برای من بوده اند؛

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر رحیمی پور که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند؛

و همچنین از تمامی اساتید فرزانه و دلسوز بخش مهندسی معدن که مرا در رسیدن به هدف یاری نمودند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده:

مطالعات ژئوشیمیایی به عنوان یکی از کارآمدترین روش ها برای پی جویی کانسارها و روشی قدرتمند و ارزان قیمت جهت تعیین و شناسایی مناطق امید بخش کانی سازی بشمار می رود. در این پایان نامه به مطالعه لیتوژئوشیمیایی اکتشافی داده های سطحی کانسار مس سونگون که شامل آنالیز تک متغیره و چندمتغیره داده های سطحی لیتوژئوشیمیایی کانسار منطقه سونگون می شود، پرداخته شده است. روش های آماری چند متغیره که بخش عمده این مطالعه را در بر می گیرد، امکان آنالیز همزمان چندین متغیر را فراهم نموده و در نتیجه ریسک وابسته به تصمیم گیری از نتایج حاصل از این روش ها به مقدار زیادی کاهش می یابد. در این پژوهش نتایج آنالیز ۸ عنصر برای ۱۴۴۵ نمونه برداشت شده از کانسار سونگون توسط تکنیک های تک متغیره و چندمتغیره آماری (ضریب همبستگی، آنالیز فاکتوری، آنالیز خوشه ای و آنالیز مولفه های اصلی غیرخطی) تعبیر و تفسیر شده است و با بررسی نتایج آنالیزهای چندمتغیره می توان نتیجه گرفت روش های مرسوم آنالیز چندمتغیره در تائید اهمیت منطقه مطالعه نقش مهمی دارند و در مرحله پایانی برای تفکیک بهتر منطقه مورد مطالعه روش آنالیز مولفه های اصلی غیرخطی نتیجه بهتری در اختیار قرار می دهد. از دیدگاه علمی نیز مطالعات لیتوژئوشیمیایی کانسار های معدنی، گامی موثر در بهبود و ارتقاء روش های آنالیز نتایج می باشد.

کلمات کلیدی: آنالیز آماری چندمتغیره، آنالیز فاکتوری، آنالیز خوشه ای، آنالیز مولفه های اصلی غیرخطی، کانسار مس سونگون.

۲۲	..... ۳-۲-۱- مقدمه
۲۳	..... ۳-۲-۲- پارامترهای آماری داده‌های خام
۲۳	..... ۳-۲-۳- رسم هیستوگرام داده‌های خام لیتوژئوشیمیایی کانسار سونگون
۲۴	..... ۳-۲-۴- نرمال‌سازی داده‌های خام و بررسی پارامترهای آماری داده‌های نرمال
۳۳	..... ۳-۲-۵- جدایش مقادیر خارج از رده
۴۲	..... ۳-۳- نقشه‌های پراکندگی متغیرهای لیتوژئوشیمیایی منطقه سونگون
۴۷	..... ۳-۴-۴- مطالعات آماری چند متغیره
۴۷	..... ۳-۴-۱- مقدمه
۴۷	..... ۳-۴-۲- آنالیز چند متغیره داده‌های لیتوژئوشیمیایی کانسار سونگون
۴۸	..... ۳-۴-۳- آنالیز همبستگی
۴۸	..... ۳-۴-۴- محاسبه و رسم ضرایب همبستگی عناصر
۴۸	..... ۳-۴-۱- مقدمه
۵۱	..... ۳-۴-۲- شرح ماتریس ضرایب همبستگی
۵۲	..... ۳-۴-۵- آنالیز خوشه‌ای
۵۴	..... ۳-۴-۶- آنالیز فاکتوری
۶۲	..... ۳-۴-۷- آنالیز مولفه‌های اصلی غیرخطی
	فصل چهارم: نتیجه‌گیری
۷۰	..... نتیجه‌گیری

فصل پنجم: پیشنهادات

پیشنهادات ۷۳

فصل ششم: منابع و مأخذ

منابع و مأخذ ۷۵

فصل هفتم: پیوست ۷۷

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه	۴
شکل ۲-۱- وضعیت راه های دسترسی به منطقه	۵
شکل ۳-۱- نقشه زمین شناسی منطقه سونگون	۶
شکل ۴-۱- آثار معدن کاری های قدیمی در منطقه سونگون	۸
شکل ۱-۲- نمایی از یک دایک پلاژیوکلاز پورفیری	۱۱
شکل ۲-۲- نمایی از رگه های تیره رنگ در توده پورفیری سونگون	۱۱
شکل ۳-۲- ترک خوردگی های شدید در توده پورفیری سونگون	۱۳
شکل ۴-۲- رگه های مالاکیت در توده پورفیری سونگون	۱۴
شکل ۵-۲- نهشته های مالاکیت در کانال رودخانه	۱۴
شکل ۶-۲- نمایی عمومی از آلتراسیون در ناحیه سونگون	۱۷
شکل ۷-۲- نمایی از رگه های پیریت در توده پورفیری سونگون	۱۹
شکل ۱-۳- هیستوگرام فراوانی عنصر مس	۲۵
شکل ۲-۳- هیستوگرام فراوانی عنصر سرب	۲۵
شکل ۳-۳- هیستوگرام فراوانی عنصر روی	۲۶
شکل ۴-۳- هیستوگرام فراوانی عنصر آرسنیک	۲۶
شکل ۵-۳- هیستوگرام فراوانی عنصر آنتیموان	۲۷
شکل ۶-۳- هیستوگرام فراوانی عنصر مولیبدن	۲۷

- شکل ۳-۷- هیستوگرام فراوانی عنصر نقره ۲۸
- شکل ۳-۸- هیستوگرام فراوانی عنصر طلا ۲۸
- شکل ۳-۹- هیستوگرام فراوانی عنصر مس پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۲۹
- شکل ۳-۱۰- هیستوگرام فراوانی عنصر سرب پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۲۹
- شکل ۳-۱۱- هیستوگرام فراوانی عنصر روی پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۰
- شکل ۳-۱۲- هیستوگرام فراوانی عنصر آرسنیک پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۰
- شکل ۳-۱۳- هیستوگرام فراوانی عنصر آنتیموان پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۱
- شکل ۳-۱۴- هیستوگرام فراوانی عنصر مولیبدن پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۱
- شکل ۳-۱۵- هیستوگرام فراوانی عنصر نقره پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۲
- شکل ۳-۱۶- هیستوگرام فراوانی عنصر طلا پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۲
- شکل ۳-۱۷- نمودار Box Plot عنصر مس پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۴
- شکل ۳-۱۸- نمودار P-P Plot عنصر مس پس از تبدیل داده ها ۳۴
- شکل ۳-۱۹- نمودار Box Plot عنصر سرب پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۵
- شکل ۳-۲۰- نمودار P-P Plot عنصر سرب پس از تبدیل داده ها ۳۵
- شکل ۳-۲۱- نمودار Box Plot عنصر روی پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۶
- شکل ۳-۲۲- نمودار P-P Plot عنصر روی پس از تبدیل داده ها ۳۶
- شکل ۳-۲۳- نمودار Box Plot عنصر آرسنیک پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۷
- شکل ۳-۲۴- نمودار P-P Plot عنصر آرسنیک پس از تبدیل داده ها ۳۷

- شکل ۳-۲۵- نمودار Box Plot عنصر آنتیموان پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۸
- شکل ۳-۲۶- نمودار P-P Plot عنصر آنتیموان پس از تبدیل داده ها ۳۸
- شکل ۳-۲۷- نمودار Box Plot عنصر مولیبدن پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۳۹
- شکل ۳-۲۸- نمودار P-P Plot عنصر مولیبدن پس از تبدیل داده ها ۳۹
- شکل ۳-۲۹- نمودار Box Plot عنصر نقره پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۴۰
- شکل ۳-۳۰- نمودار P-P Plot عنصر نقره پس از تبدیل داده ها ۴۰
- شکل ۳-۳۱- نمودار Box Plot عنصر طلا پس از تبدیل لگاریتمی داده ها ۴۱
- شکل ۳-۳۲- نمودار P-P Plot عنصر طلا پس از تبدیل داده ها ۴۱
- شکل ۳-۳۳- نقشه هم عیار پراکندگی لیتوژئوشیمیایی عنصر مس در منطقه سونگون ۴۲
- شکل ۳-۳۴- نقشه هم عیار پراکندگی لیتوژئوشیمیایی عنصر مولیبدن در منطقه سونگون ۴۳
- شکل ۳-۳۵- نقشه هم عیار پراکندگی لیتوژئوشیمیایی عنصر سرب در منطقه سونگون ۴۴
- شکل ۳-۳۶- نقشه هم عیار پراکندگی لیتوژئوشیمیایی عنصر روی در منطقه سونگون ۴۴
- شکل ۳-۳۷- نقشه هم عیار پراکندگی لیتوژئوشیمیایی عنصر طلا در منطقه سونگون ۴۵
- شکل ۳-۳۸- نقشه هم عیار پراکندگی لیتوژئوشیمیایی عنصر نقره در منطقه سونگون ۴۵
- شکل ۳-۳۹- نقشه هم عیار پراکندگی لیتوژئوشیمیایی عنصر آرسنیک در منطقه سونگون ۴۶
- شکل ۳-۴۰- نقشه هم عیار پراکندگی لیتوژئوشیمیایی عنصر آنتیموان در منطقه سونگون ۴۶
- شکل ۳-۴۱- نمودار دندروگرام عناصر منطقه سونگون به روش وارد ۵۴
- شکل ۳-۴۲- نمودار صخره ای مربوط به آنالیز فاکتوری به روش بیشترین شباهت ۵۷

- شکل ۳-۴۳- نمودار صخره ای مربوط به آنالیز فاکتوری به روش مولفه های اصلی ۵۷
- شکل ۳-۴۴- نقشه ایزوگرید مقادیر فاکتور اول در منطقه سونگون ۶۱
- شکل ۳-۴۵- نقشه ایزوگرید مقادیر فاکتور دوم در منطقه سونگون ۶۲
- شکل ۳-۴۶- نقشه مولفه اول حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۶۴
- شکل ۳-۴۷- مقادیر بردارهای ویژه مربوط به مولفه اول ۶۴
- شکل ۳-۴۸- نقشه مولفه دوم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۶۵
- شکل ۳-۴۹- مقادیر بردارهای ویژه مربوط به مولفه دوم ۶۵
- شکل ۳-۵۰- نقشه مولفه سوم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۶۶
- شکل ۳-۵۱- مقادیر بردارهای ویژه مربوط به مولفه سوم ۶۶
- شکل ۳-۵۲- نقشه مولفه چهارم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۶۷
- شکل ۳-۵۳- مقادیر بردارهای ویژه مربوط به مولفه چهارم ۶۷
- شکل ۳-۵۴- نقشه مولفه پنجم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۶۸
- شکل ۳-۵۵- مقادیر بردارهای ویژه مربوط به مولفه پنجم ۶۸
- شکل ۷-۱- نقشه مولفه ششم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۷۸
- شکل ۷-۲- مقادیر بردارهای ویژه مربوط به مولفه ششم ۷۸
- شکل ۷-۳- نقشه مولفه هفتم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۷۹
- شکل ۷-۴- مقادیر بردارهای ویژه مربوط به مولفه هفتم ۷۹
- شکل ۷-۵- نقشه مولفه هشتم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۸۰

- شکل ۷-۶- مقادیر بردارهای ویژه مربوط به مولفه هشتم ۸۰
- شکل ۷-۷- نقشه Post Map مولفه اول حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۸۱
- شکل ۷-۸- نقشه Post Map مولفه دوم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۸۱
- شکل ۷-۹- نقشه Post Map مولفه سوم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی ۸۲
- شکل ۷-۱۰- نقشه Post Map مولفه چهارم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی..... ۸۲
- شکل ۷-۱۱- نقشه Post Map مولفه پنجم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی .. ۸۳
- شکل ۷-۱۲- نقشه Post Map مولفه ششم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی .. ۸۳
- شکل ۷-۱۳- نقشه Post Map مولفه هفتم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی..... ۸۴
- شکل ۷-۱۴- نقشه Post Map مولفه هشتم حاصل از روش آنالیز مولفه های اصلی غیر خطی .. ۸۴

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- ضرائب همبستگی بین متغیرهای لیتوژئوشیمیایی کانسار سونگون به روش پیرسون ۴۹	
جدول ۳-۲- ضرائب همبستگی بین متغیرهای لیتوژئوشیمیایی کانسار سونگون به روش اسپرمن ۵۱	
جدول ۳-۳- نتایج آنالیز فاکتوری داده های نرمال شده هاله ثانویه لیتوژئوشیمیایی سونگون ۵۶	
جدول ۳-۴- جدول بلوک بندی های آنالیز فاکتوری به روش بیشترین شباهت ۵۶	
جدول ۳-۵- جدول بلوک بندی های آنالیز فاکتوری به روش مولفه های اصلی ۵۷	
جدول ۳-۶- جدول تعبیر واریانس کل آنالیز فاکتوری به روش بیشترین شباهت ۵۸	
جدول ۳-۷- جدول تعبیر واریانس کل آنالیز فاکتوری به روش مولفه های اصلی ۵۸	
جدول ۳-۸- جدول ماتریس ضرائب دوران آنالیز فاکتوری به روش بیشترین شباهت ۵۹	
ادامه جدول ۳-۸- جدول ماتریس ضرائب دوران آنالیز فاکتوری به روش بیشترین شباهت ۵۹	
جدول ۳-۹- جدول ماتریس ضرائب دوران آنالیز فاکتوری به روش مولفه های اصلی ۶۰	
ادامه جدول ۳-۹- جدول ماتریس ضرائب دوران آنالیز فاکتوری به روش مولفه های اصلی ۶۰	

فصل اول

«کلیات»

۱-۱- مقدمه:

ژئوشیمی به معنای وسیع آن، علم شیمی کره زمین بوده و اکتشاف ژئوشیمیایی به صورت هر روش اکتشافی که اساس آن اندازه گیری سیستماتیک یک یا چند ویژگی شیمیایی موجود در یک ماده طبیعی استوار است، تعریف می گردد.

کوشش اصلی ژئوشیمی اکتشافی یافتن نهشته های جدید فلزی، غیرفلزی بوده و انگیزه این کوشش ها یافتن تمرکزهایی از یک یا چند عنصر با غلظتی بالاتر از حد مقدار زمینه است. شکی نیست که با گذشت زمان نهشته های کانساری با عیار کم، اقتصادی می گردند. در واقع ژئوشیمی اکتشافی بیشتر برای کشف نهشته های کم عیار و پنهان توسعه پیدا کرده است [۱].

روش های جدید ژئوشیمی اکتشافی در اوایل سال ۱۹۳۰ برای اولین بار در اتحاد جماهیر شوروی و بعد در کشورهای اسکاندیناوی به ویژه در سوئد به کار گرفته شد. در کشور ما ژئوشیمی اکتشافی از اواسط دهه ۱۳۴۰ به عنوان روشی برای کشف توده های کانساری در سازمان های دولتی و بخش خصوصی پیداش و توسعه یافته است.

روش های آنالیز آماری چند متغیره در تفسیر داده های ژئوشیمیایی اکتشافی کاربرد زیادی دارند. هر گروه معینی از عناصر نسبت به یک سری از شرایط محیطی، کم و بیش به طور مشابه حساسیت نشان می دهند. شناخت ارتباط و بستگی های ژنتیکی متقابل موجود بین عناصر گوناگون می تواند در شناخت دقیقتر تغییرات موجود در محیط های ژئوشیمیایی بکار گرفته شود. ضمناً تجمع ژنتیکی بعضی عناصر ممکن است به عنوان راهنمای مستقیمی در تفسیر نوع نهشته ای که احتمالاً در ناحیه وجود دارد بکار رود و برعکس، تجمع بعضی از عناصر نیز ممکن است دلالت بر وجود آنومالی های داشته باشند که بی اهمیت بوده و گمراه کننده اند. روی هم رفته، شناخت بستگی های ژنتیکی که در بین عناصر وجود دارد، اطلاعات لازم را در جهت تفسیر هر چه صحیح تر داده های ژئوشیمیایی در اختیار می گذارد. در این میان، آمار چند متغیره می تواند پاسخگوی مسائل فوق باشد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه:

معدن مس سونگون در استان آذربایجان شرقی، ۱۰۵ کیلومتری شمال شرقی تبریز، ۷۰ کیلومتری شمال غرب اهر و ۲۸ کیلومتری شمال ورزقان در همسایگی جمهوری های آذربایجان و ارمنستان قرار دارد. مختصات جغرافیایی منطقه، ۴۶ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی می باشد [۲].

۱-۳- توپوگرافی منطقه سونگون:

این کانسار در یک منطقه کوهستانی با متوسط ارتفاع ۲۰۰۰ متر بالای سطح دریا واقع شده و در شمال باختری ایران بر روی کمربند ماگمایی البرز- آذربایجان قرار دارد. روستا و توده نفوذی سونگون، بر روی رشته کوه های قره داغ و ارسباران قرار گرفته اند. این رشته کوه ها با ۸۰ کیلومتر عرض بخشی از کمربند آندزیتی آلپ- هیمالیا می باشند. رشته کوه های مزبور از سمت شرقی از انتهای کوه های تالش، جنوب شهرستان گرمی شروع شده و با روند غربی - شرقی از سوی غرب به رشته کوه های قفقاز در جمهوری ارمنستان و نیز آناتولی در ترکیه ملحق می شوند. در واقع این رشته کوه ها دنباله رشته کوه های قفقاز می باشند. بلندترین و مرتفع ترین نقطه ۲۴۶۰ متر و پست ترین نقطه ۱۷۰۰ متر می باشد، بدین ترتیب اختلاف ارتفاع در محدوده معدن حدود ۷۵۰ متر می باشد که سبب ایجاد توپوگرافی شدید و دامنه های پرشیب شده است [۲].

محدود کننده های کانسار مس سونگون شامل: رود خانه سونگون چای در شرق کانسار و رود خانه پخیر در شمال کانسار می باشد، که پس از پیوستن به هم در میان کافه به رود خانه ایلگینه چای می پیوندد که نهایتا به رود خانه ارس می ریزد.

۱-۴- شرایط آب و هوایی منطقه:

بخاطر اینکه معدن در منطقه کوهستانی واقع شده است. شاهد زمستانهایی سرد و یخبندان و تابستانهای معتدل هستیم.

میانگین حداکثر درجه حرارت در تابستان ۳۳ درجه سانتیگراد و در زمستان ۲۲ - درجه سانتیگراد ثبت شده است. مقدار حداکثر بارندگی در محل حدود ۳۵۰ میلیمتر در سال می‌باشد و مقدار رطوبت نسبی در سال بین ۵۲ تا ۸۲ درصد متغیر است، جهت غالب وزش باد، جنوب غربی است. اکثر روزهای بهار و تابستان، معدن مه آلود دیده می‌شود [۲].



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه [۳]

۱-۵- راه های دسترسی:

راه دسترسی اصلی معدن از طریق جاده آسفالتی تبریز - ورزقان - سونگون می‌باشد. راه دسترسی دوم از طریق جاده تبریز - اهر - ورزقان می‌باشد [۲].



شکل ۱-۲- وضعیت راه های دسترسی به منطقه [۳]

۱-۶- داده های مورد استفاده:

برای بررسی هاله لیتوژئوشیمیایی ثانویه کانسار سونگون بر روی هشت عنصر بررسی انجام شده که این عناصر به قرار زیر می باشند:

مس (Cu)، سرب (Pb)، روی (Zn)، آرسنیک (As)، آنتیموان (Sb)، طلا (Au)، مولیبدن (Mo)، نقره (Ag).

در این کانسار برای بررسی هاله ثانویه ۱۴۴۵ نمونه از الوویم _ دلوویم در شبکه ۲۰×۱۰۰ متر برداشت شده و برای ۸ عنصر بالا مورد آنالیز جذب اتمی قرار گرفته اند.