سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران
بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین اسفند ۸۵

بررسي‌هاي تكميلي ژئوفيزيكي و ژئوشيميايي كانسار مس شيخ‌عالي

مهدي فلاحي‌پور ، كارشناسي ارشد اكتشاف معدن از دانشگاه صنعتي اصفهان۱۳۸۴ ، شركت عمليات اكتشاف نفت
نادر فتحيان پور، دكترى ژئوفيزيک اكتشافى از دانشگاه فليندرزدرآدلايداستراليای جنوبى۱۳۷۵، عضو هيئت علمى دانشگاه صنعتى اصفهان
سيد حسن طباطبائى ، دكترى ژئوشيمى اكتشافى از دانشگاه دولتى مسكو، ۱۳۸۳، عضو هيئت علمى دانشگاه صنعتي اصفهان

چكيده

كانسار مس شيخ‌عالى در كمربند افيوليت ملانژهاى جنوب‌شرق ايران و در ۳۰۰ كيلومترى جنوب كرمان واقع شده و از جمله معادن باستانى كشور محسوب مى‌شود. با توجه به مطالعات قبلى، اين كانسار جزو كانسارهاى ماسيوسولفيدى تيپ قبرسى شناخته شده است. مجموعه داده‌هاى اكتشافى در ناحيه مورد مطالعه شامل برداشتهاى ژئوفيزيكى پلاريزاسيون القايى و مقاومت سنجى، مغناطيس‌سنجى، برداشتهاى ليتوژئوشيميايى از سرتاسر ناحيه و همچنين تعداد ۸ حلقه گمانه اكتشافى ميباشد. جهت رسيدن به اهداف اكتشافي، ابتدا داده‌هاى پلاريزاسيون القايى با استفاده از تئورى بهينه‌سازى مدلسازى معكوس شد و پس از تبديل داده هاى آن بوسيله الگوريتم خاصى كه با برنامه مطلب تهيه گرديد،به مدل بلوكى (مدل سه‌بعدى) از منطقه تبديل گرديد. سپس براى داده‌هاى مغناطيس‌سنجى نيز پس از محاسبه مقادير باقيمانده و استفاده از تكنيكهاى گسترش رو به بالا و تبديل به قطب، مدلهاى معكوس سه‌بعدى ساخته شده است. همچنين بررسي داده هاي ژئوشيميايى با استفاده از تكنيكهاى آمار چند متغيره موید وجود آنومالیهای مثبت عناصر Cu , Zn , S و اكسيدهاى Fe_2O_3 , MnO , MgO از يك طرف و آنومالیهای منفى اكسيدهاى K_2O , Na_2O در اطراف ترانشه از طرف ديگر مى‌باشد. در مرحله بعد نتايج بدست آمده از روشهاى ژئوفيزيكى و ژئوشيميايى كه همبستگى بسيار بالايى را از خود نشان دادند، با نتايج حفاريها مقايسه شده و مشخص گرديد كه موقعيت، امتداد و شيب گمانه‌هاى حفر شده در منطقه بدرستى انتخاب نشده است. در نهايت براساس مدلهاى معكوس ساخته شده و توپوگرافى منطقه، پيشنهاد حفر سه حلقه گمانه اكتشافى با اولويت‌بندى، در منطقه شيخ عالى داده شده است.

Abstract:

Sheikh-Ali copper deposit located 300 km south of Kerman is one of the oldest mines in Iran operating since ancient time and is considered as an important archeological site. Based on previous ore type genetic studies it is considered to be of Cyprus type massive sulfide ore deposit. The available exploratory data sets include the apparent resistivity, induced polarization, magnetic geophysical data, litho-geochemical data and eight drill hole log data. In order to achieve the objectives drawn earlier the three geophysical data sets were inverted optimally to recover three dimensional distribution of petrophysical properties of subsurface mineralization including true resistivity, chargeability and susceptibility. In addition the geochemical samples were analyzed for major oxides, minor and trace elements which through using statistical multivariate analysis showed enrichment of Cu, Zn, S, MgO, MnO and Fe_2O_3 and deflection of Na_2O and K_2O at the main mine trench. Also the strong correlation between geochemical and geophysical data observed over the mineralized zone compared with the previously drilled boreholes indicates that the suggested boreholes were not precisely selected and consequently leading to the false conclusions and interpretations. Finally based on geophysical inverted models and topographic relief of the studied area and in order to check the presence of probable subsurface mineralization, drilling three boreholes has been suggested.

مقدمه

معدن مس شيخ‌عالي در كمربند افيوليت ملانژهاي جنوب ايران و در ۱۵۰ كيلومتري شمال شرق بندرعباس واقع شده است. محدوده مورد مطالعه در ورقه ۱:۲۵۰۰۰۰ حاجى آباد و ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ دولت‌آباد واقع شده است و مختصات جغرافيايي آن" ۳۰ ، ۴۶' ، ۵۶° شرقي و "۰۰ ،۰۹' ،۲۴ °شمالي ميباشد. راه ارتباطي اين معدن از طريق جاده آسفالته بافت به دولت آباد(۱۳۰ كيلومتر) و جاده شني دولت آباد به شيخ عالي(۲۷ كيلومتر) مي باشد. ارتفاع اين معدن از سطح دريا در حدود ۲۰۰۰ متر بوده و منطقه از آب و هواي گرم و خشك برخوردار است. توسط سبزه‌اي و ديگران نقشه زمين

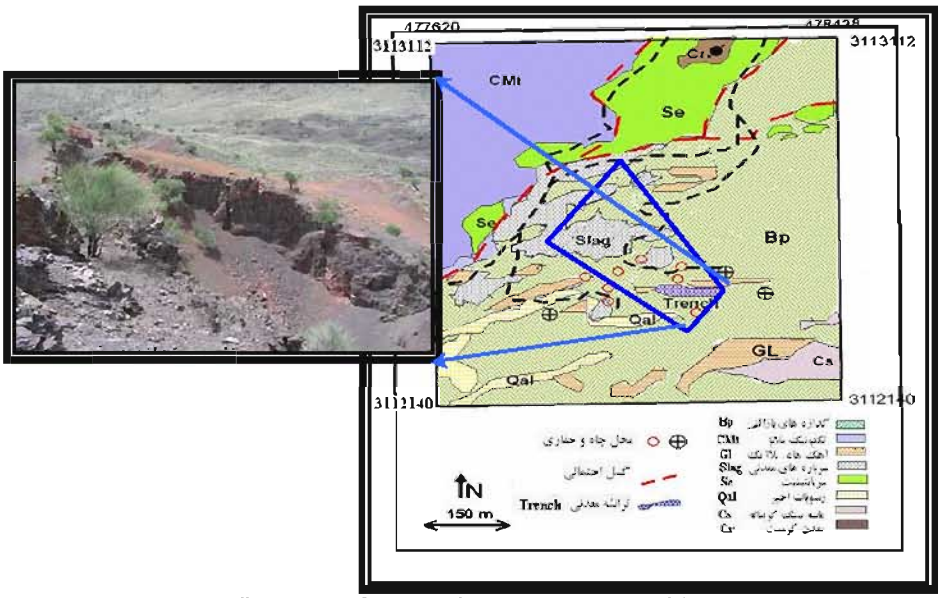
شناسي در مقياس ۲۵۰۰۰۰ :۱ حاجي آباد را تهيه شده كه در اين نقشه به اين كانسار اشاره شده است. منظمي ميرعليپور پايان نامه كارشناسي ارشد خود را در رشته زمين‌شناسي اقتصادي در مورد كاني‌شناسي و ژنز ماده معدني در كانسار شيخ عالي ارائه نموده است. راستاد در يك طرح تحقيقاتي در مورد كانسارهاي مس موجود در افيوليت ملانژهاي جنوب شرقي بافت، چندين اثر معدني و قديمي را معرفي نموده و زمين شناسي، كاني‌شناسي و ژنز برخي از آنها از جمله كانسار مس شيخ عالي را مورد بررسي قرارداده است. همچنين راستاد در مطالعات خود كانسار مذبور را از نوع كانسارهاى سولفيد توده‌اى مس، تيپ قبرسى معرفى مى‌كند. در سالهاي ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ كارشناسان سازمان زمين شناسي اقدام به برداشتهاي پلاريزاسيون القايي در سرتاسر ناحيه، بهمراه برداشتهاي مغناطيس‌سنجي و گراني‌سنجى در قسمتي از ناحيه، نمودند. در اين طرح كه با عنوان " گزارش زمين شناسي و ژئوفيزيك به روش پلاريزاسيون القايي در منطقه شيخ عالي " تهيه گرديده، عمليات IP انجام گرفته، اما نتايج آن بصورت خام و بدون هيچگونه مدلسازي ارائه گرديده است. قربانى نيز در سال ۱۳۸۲ پايان نامه خود را در مورد خاستگاه و محيط فوران بازالتهاى ناحيه شيخ عالى در دانشگاه شهيد باهنر كرمان ارائه نموده است.

بحث :

۱- زمين‌شناسي عمومي

محدوده موردنظر در بخشي از زون افيوليت ملانژ جنوب غرب ايران، در جنوب بافت و شرق حاجي آباد واقع است. زون مذكور با امتداد شمال غرب-جنوب شرق به موازات تراست زاگرس از شمالغرب به افيوليت ملانژهاي تركيه، سوريه و قبرس و از جنوب شرق به افيوليتهاي عمان منتهي مي‌شود. در برداشتهاي۱:۵۰۰۰ زمين شناسي معدني در گستره كانسار شيخ عالي واحدهاي زمين‌شناسي زير ديده مي شوند:

- گدازه‌هاي بالشي(Bp) : حجم عمده مجموعه آتشفشاني و رسوبي را گدازه‌هاي بالشي با تركيب بازالت و آندزيت بازالت اسپيليتي تشكيل مي‌دهند.



شكل ۱- نقشه زمين‌شناسي منطقه شيخ عالي

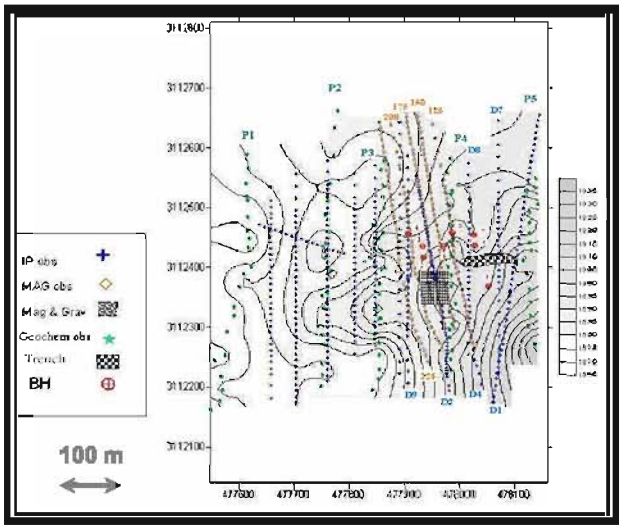
- آهكهاي پلاژيك(Gl) : اين واحدها شامل يكسري آهكهاي ميكريتي پلاژيك كرم تا صورتي رنگ بوده كه نازك تا متوسط لايه و حاوي ركچه‌هاي كلسيتي سفيدرنگ مي‌باشند. ضخامت اين آهكها بسيارمتغير، روند عمومي آنها شرقي- غربي و تغييرات شيب آنها بسيار زياد مي‌باشد. كنتاكت بازالتها با اين آهكها عادي و همشيب مي‌باشد. گونه‌هاي فسيلي يافت شده در اين آهكها مربوط به كرتاسه بالايي و اشكوب ماستريشتين مي‌باشند.
- مجموعه چرتهاي راديولاريتي و راديولاريتها: اين مجموعه شامل راديولاريتها و چرتهاي نواري گوشتي رنگ، قرمز تيره و گاهي سبز مي‌باشند كه باكنتاكت عادي و بصورت بين لايه‌اي با بازالتهاي بالشي و آهكهاي پلاژيك و هم روند با امتداد عمومي (شرقي- غربي) واحدها قرار مي‌گيرند.

- واحد تخريبي و ماسه سنگي(Cs): واحدهاي ماسه سنگي به رنگ سبز تا خاكستري و با مورفولوژي پست مي‌باشند. ضخامت اين واحدها بسيار متغير و بين ۱۰ تا ۴۰ متر در تغيير است[۲].

۲- بررسي‌هاي ژئوفيزيكي

۲-۱- مغناطيس سنجي

چون نوع كانسار مس شيخ عالي را از نوع سولفيد توده اي(قبرسي) مي‌دانند[۲]، لذا به منظور بررسي وجود كانيهاي سولفيدي كه خاصيت مغناطيسي دارند، پيشنهاد انجام عمليات مغناطيس سنجي در مرحله اول داده شد.



شكل۲- نقشه پروفيلهاي مورد برداشت در انواع روشهاي اكتشافي در منطقه شيخ عالي

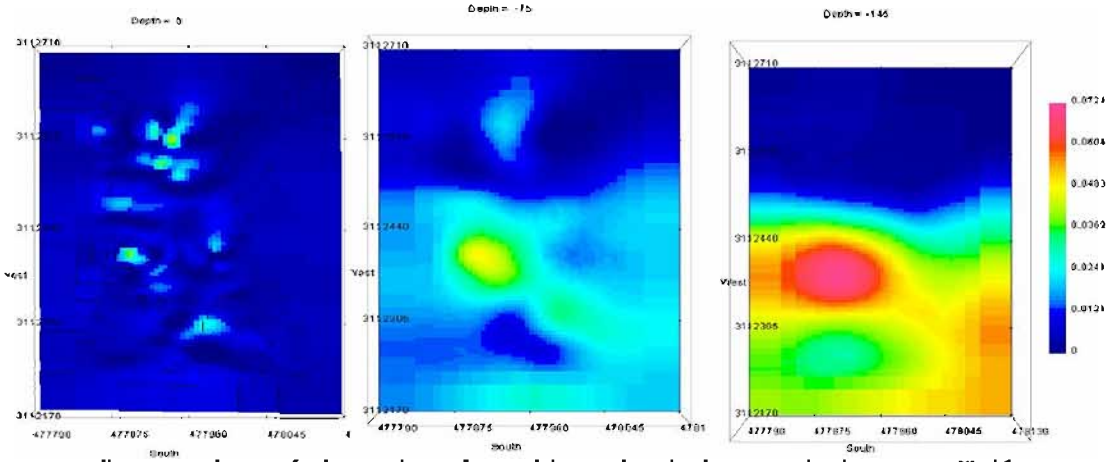
سه پروفيل در امتداد دايپلهاي DD5 , DD2 , DD4 و دو پروفيل ديگر در بين اين سه دايپل و با فاصله ۲۵ متري از هم مورد برداشت قرار گرفتند. فاصله هر كدام از اين پروفيل ها از نقطه صفرصفر(از ابتداي شرقي ترين قسمت ترانشه)بعنوان طول مختصاتي اين پنج پروفيل منظور گرديده است. در اين صورت طولهاي مختصاتي اين پنج پروفيل عبارتست از: ۱۲۵ كه برروي دايپل شماره ۴ و ۱۵۰ در بين دايپلهاي ۲- ۴ و ۱۷۵ بروي دايپل شماره ۲ و ۲۰۰ بين دو دايپل ۲- ۵ و ۲۲۵ بروي دايپل شماره ۵ قرار گرفته است(شكل ۲).

با داشتن طول و عرض جغرافيايي مركز ناحيه (E ۵۶ °۴۶ ′۳۰ ″ و N ۳۸° ۰۹ ′ ۰۰ ″) توسط نرم افزار Geomagix مشخصات ميدان مغناطيسي در منطقه تعيين گرديده و در مدلسازيهاي بكار رفته است. در ادامه داده‌هاي مغناطيسي كانسار شيخ عالي با توجه به فواصل بين ايستگاهي(۱۰ متر) به ارتفاع ۱۰ متر براي داده‌هاي مغناطيسي، با استفاده از نرم افزار Magpick به سمت بالا گسترش يافته است. اين كار باعث مي‌شود كه آنومالیهاي ناشي از پديده‌هاي سطحي كه داراي طول موج كوتاه هستند حذف شوند و آنومالیهاي توده‌هاي عميق‌تر به تصوير كشيده شوند. سپس با استفاده از تكنيك كاهش به قطب، داده هاي مغناطيسي گسترش داده شده برگردان به قطب شده و ميدان دو قطبي مغناطيسي زمين تبديل به يك ميدان قائم شده و عوامل انحرافي نظير شيب و آزيموت ميدان از ميان مي روند. در ادامه از اين داده ها براي مدلسازي سه بعدي استفاده شده است. براي مدلسازي معكوس داده‌هاي مغناطيسي در اين پروژه، از نرم‌افزار Mag-3D استفاده شده است. در اين نرم افزار تابع هدف بصورت زير تعريف مي شود:

$$\phi_m(m) = \alpha_s \int_v w_s \{w(z)[m(r) - m_0]\}^2 dv$$
$$+ \alpha_x \int_v w_x \left\{ \frac{\partial w(z)[m(r) - m_0]}{\partial x} \right\}^2 dv$$
$$+ \alpha_y \int_v w_y \left\{ \frac{\partial w(z)[m(r) - m_0]}{\partial y} \right\}^2 dv$$
$$+ \alpha_z \int_v w_z \left\{ \frac{\partial w(z)[m(r) - m_0]}{\partial z} \right\}^2 dv$$

(معادله ۱)

كـه در آن w_x, w_y, w_z توابـع وزنـي وابسـته و $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ ضـرايب بيـان كننـده اهميـت نسـبي مـؤلفه‌هاي مختلف تابع هدف هستند. در اينجا $w(z)$ تابع وزن‌دار عمقي است [۵]. همچنين ايـن نـرم افزار قادر است داده‌های اندازه‌گیری شده را با استفاده از وزن دهـی عمقـی و همچنـین انتخـاب ابعـاد شبکه‌ای، معکوس‌سازی کند. توپوگرافی محل نیز در نوع مدلسازی منظور شده که بدین ترتیب حداکثر ارتفاع اندازه گیری صفر و رو به پایین منفی در نظر گرفته شده است. همچنین وزن دهی کاهش پاسخ با عمق نیز بصورت نمایی و خودپذیری مغناطیسی زمینه صفر در نظر گرفته شده و سـپس مدلسازیها انجام شده است که در شکل ۳ مـشخص مـي باشـد. امـا همانگونـه كـه از مدلـسازيهاي مغناطيـسي مشخص مي شود، قسمت جنوب غربي ترانشه مكاني است كه خودپذيري مغناطيسي بالايي از خود نشان مي دهد. با توجه به حضور پيريت و پيروتين در اين كانسار به نظر می رسد كـه ايـن پاسـخ قـوی ناشـی از وجود اين دو كانی باشـد. ضمنا اين منطقه در بررسيهاي بعدي نيز مورد اهميت قرار گرفته و از احتمال بالايي براي حضور ماده معدني برخوردار می باشد(شكل شماره ۳).



شكل ۳- نقشه مدلسازي شده از داده‌هاي مغناطيسي(عمقهاي مختلف) در منطقه شيخ‌عالي

۲-۲- پلاريزاسيون القايي و مقاومت سنجي

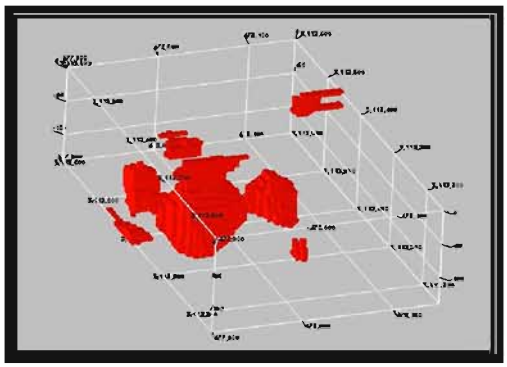
بـا توجـه بـه حـضور پيريـت و كالكوپيريـت در منطقـه و در مجمـوع كانيهـاي سـولفيدي، چنـدين پروفيـل پلاريزاسيون القايي و مقاومت سنجي در منطقه پياده گرديد. از ميان ۱۴ پروفيل پيـاده شـده، ۶ پروفيـل براي مدلسازي معكوس بـه روش بهينـه سـازي انتخـاب گرديـد، زيـرا ايـن پروفيلهـا بـر روي برداشـتهاي مغناطيس سنجي منطبق بوده و در نتيجه امكان مقايسه بين آنها در ادامه ميسـر مي شـود. برداشـتها بصورت دايپل- دايپل، با فواصل بين پروفيلی و بين ايـستگاهی بترتيـب ۵۰ و ۲۰ متـر و$n= ۱،۲،۳...۱۷$ و خطای استاندارد ۵% انجام شده است. با توجه به اينكه برای معكوس‌سازی نياز بـه مختـصات فـضايی الكترودها می باشد، لازم بود برای از بين بردن خطای مختصاتی الكترودها كه در اثر اندازه‌گيری فواصـل در شـيب احيانا ايجاد شـده بودند، مختصات واقعی در افق تعيين گردد. برای معكوس سـازی از ضـرايبي كه معرف ميزان انحراف از مدل مرجع و ميزان هموار بودن مدل در جهتهای افقی(x) و قائم (z)، استفاده شده است. مدلسازي سازي معكوس به روش بهينه‌سـازي بـا اسـتفاده از نـرم افـزارDCIP2D بـر روي پروفيلهاي مورد نظر، انجام شده و سپس با استفاده از برنامه اي ويژه كـه بـا نـرم افـزار مطلـب نوشـته شده بود، موقعيت هر نقطه از لحاظ طول، عرض، ارتفاع و باريذيری آنها بدست آمده و با استفاده از نرم افزار Rockworks يك مدل بلوكي از منطقه ساخته شده است. سپس برا ي اينكه موقعيت توده آنومـال بهتر مشخص شود با توجه به ميزان IP زمينه(كه حدودا ۱۰ در نظر گرفته شده) مقادير IP>۲۰ را رسم كرده و سپس اين ميزان را به$IP >۲۵$ و$IP <۳۰$ افزايش مي دهيم(شكل۴).

در اشكال مدل شده از منطقه ملاحظه مي شود كه توده‌اي نسبتا بزرگ در جنوب غربي ترانشه وجـود دارد كه بوسيله رگه‌اي باريك تا سطح امتداد پيدا مي كنـد. نكتـه ديگـر حـضور يـك منطقـه بـا IP نـسبتا بالاست كه در زير ترانشه با عمق زياد نسبت به سطح قرار دارد و ممكن است با كـاني سـازي همـراه باشـد.

۳- بررسيهاي ژئوشيميايي

با توجه به كامل بودن اطلاعات ژئوفيزيكي در منطقه شيخ عالي، بـراي تـشخيص احتمـالي هالـه هـاي آلتراسيوني و منطقه‌بندي عناصر در اطراف كانسار، اقـدام بـه برداشـت سيـستماتيك حـدود ۹۰ نمونـه ليتوژئوشيميايي از منطقه گرديد. از اين تعداد ۳۲ نمونه براي آناليز جذب اتمـي و ۱۷ نمونـه بـراي آنـاليز XRF با توجه به ناحيه‌اي كه بر روي پروفيلهاي ژئوفيزيكي قرار مي‌گرفت، انتخاب شدند.

شبکه اکتشاف با توجه به محدوده گسترش احتمالی زونهای عناصر با تیپ کانساری، انواع سنگهای در برگیرنده، محدوده مشاهده آثار کانی سازی و روند شکستگیهای موجود و نوع آنها، بصورت ۲۰*۱۰۰ تعیین گردیده و ۵ پروفیل شمالی- جنوبی در منطقه بر روی زمین پیاده گردیده است. ۳۲ نمونه با استفاده از روش جذب اتمی برا ی عناصر Cu و Zn آنالیز شده و سپس مطالعات ژئوشیمیایی بر روی آنها صورت گرفته است که بر این اساس تابع توزیع این دو عنصر از توزیع لگاریتمی پیروی کرده و تست نرمال شدگی نیز بوسیله روش کولموگروف-اسمیرنوف بر روی کاغذ احتمال حاکی از نرمال شدن توابع توزیع این عناصر بعد از تبدیل لگاریتمی است.



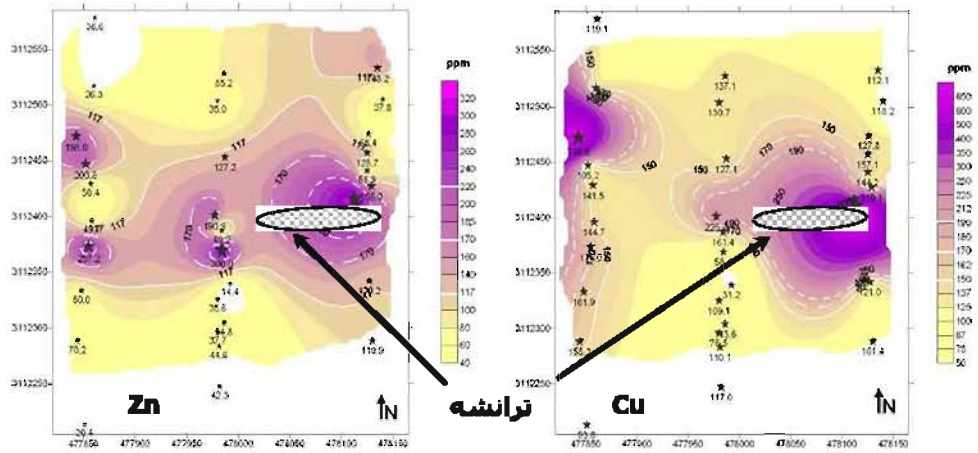
شکل ۴- نقشه مدلسازي شده از داده‌هاي بارپذيري در منطقه شيخ‌عالي (IP>۲۵)

با توجه به تعداد نمونه های کم آنومال، نمی توان به کمک روشهای جدایش جوامع دو مدی جوامع را جدا کرد. در این حالت از مقادیر زمینه برای تشخیص حدآستانه ای استفاده می شود و زمینه را می توان مقدار میانه داده های ژئوشیمیایی در نظر گرفت. اما برای تعیین حد آستانه ای نیاز به پارامتر دیگری بنام انحراف معیار است. با توجه به اینکه قسمت انتهايي تابع توزیع تحت اثر مقادیر آنومال می باشد لذا فقط از داده های موجود بین ۸۴-۱۶ درصد فراوانی استفاده شده است.
همانطور که در شکل ۵ دیده می شود، مقادیر مس و روی در منطقه دارای آنومالی هستند و این دو عنصر همبستگی خوبی با هم دارند. در اطراف ترانشه نیز مقادیر بالایی از هر دو عنصر دیده می شود. ضمنا در قسمت جنوب غربی نیز مقادیر بالایی از این دو عنصر دیده می شود. همچنین عنصر روی به دلیل تحرک بالا تر نسبت به عنصر مس، دارای محدوده آنومالی بزرگتری نسبت به عنصر مس می باشد که این با توجه به شیب توپوگرافی منطقه که به سمت غرب ناحیه می باشد، مشخص است.
اما در قسمت قبلی عنوان شد که تعداد ۱۷ نمونه برای آنالیز XRF مورد استفاده قرار گرفته است. از میان عناصر آنالیز شده بعضی بعلت عدم تغییرات در تمام نمونه ها حذف شدند. سپس توزیع عناصر باقی مانده در روی زمین مشخص گردید و معلوم شد که عناصر Cu, Zn, S و اکسیدهای Fe, Mn, Mg دارای آنومالی مثبت و اکسیدهای Na, K دارای آنومالی منفی بعد از نرمالیز سازی نسبت به SiO_2 هستند. همچنین می‌توان از نسبتهای دیگری بعد از اینکه مقادیر نسبت به SiO_2 نرمالایز شدند نیز استفاده کرد. در اینجا با توجه به نوع تیپ کانساری تصمیم گرفته شد که از نسبت $(Fe_2O_3+MgO)/(Na_2O+K_2O)$ استفاده شود و همانطور که در شکل ۷ مشخص می باشد این نسبت، معرفی بسیار عالی در اطراف ترانشه می باشد.
در ادامه از روشهای چند متغیره برای بررسی عناصر و نمونه ها استفاده گردید. این روشها شامل روش تحلیل خوشه ای، آنالیز مولفه های اصلی و روش آنالیز فاکتوری است که طی آن و در روش آنالیز خوشه ای، مشخص گردید که عناصر Cu, S, Zn, Pb, Co در کنار یکدیگر قرار می گیرند. در روش آنالیز مولفه های اصلی نیز پس از تشکیل ماتریس همبستگی، عناصری که همبستگی بالایي با یکدیگر دارند انتخاب شده و با انتخاب ۵ مولفه که بیش از ۹۰% تغییر پذیری را توجیه می کند، آنالیز مولفه های اصلی انجام شده است.
ضمنا آنالیز فاکتوری نیز در مرحله بعدي با استفاده از نتایج آنالیز مولفه‌های اصلی بر روی داده‌ها انجام شد که در پایان و با توجه به ضرایب مثبت فاکتور دوم برای عناصر کانسار ساز، فاکتور دوم بعنوان فاکتور کانی سازی در نظر گرفته شد. سپس مقدار متغیرها دوباره با استفاده از ضرایب فاکتوری محاسبه گردیده و نقشه فاکتور دوم رسم گردید.

۴- مقایسه بین داده‌های ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی

برای درک بهتر از موقعیت و چگونگی قرار گیری ماده معدنی در عمق، مدلسازیهای مغناطیسی و پلاریزاسیون القایی در عمق ۷۵ متری با یکدیگر مقایسه شدند. در این مقایسه یک منطقه با مقادیر بالا در هر دو روش دیده می شود. با تطابق طول و عرض این ناحیه با محل ترانشه مشخص می شود که دقیقا این ناحیه در قسمت جنوب غربی ترانشه که از قبل احتمال بالایی برای ماده معدنی داشت قرار دارد. بهرحال این ناحیه در هر دو روش در عمق ۷۵ متری تایید می شود.

برای بررسی بیشتر، داده های حاصل از روش آنالیز فاکتوری با مقادیر پلاریزاسیون القایی در سطح مقایسه شده و نتیجه بسیار جالبی از آن استخراج شده است. پس از محاسبه نسبی همبستگی ملاحظه می شود که همبستگی بسیار پایینی(۰/۱۹) بین این داده ها وجود دارد(در یک بررسی مشخص گردید که اولا داده های IP مدل شده معرف ساختارهای زیر سطحی است و ثانیا با بررسی موقعیت توپوگرافی مشخص می شود که اگر داده های ژئوشیمیایی را یک فاصله به سمت جنوب ببریم، همبستگی بین این دو نوع داده بسیار بالا می رود(۰/۶۸)).



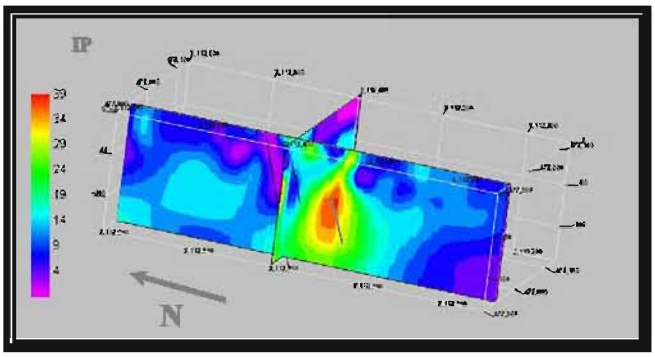
شکل ۵- نقشه مقادیر مس و روي در منطقه شیخعالي بهمراه محل ترانشه

اما با نگاه دقیقتر به شکل ۷ در می یابیم که در حقیقت نمونه ژئوشیمیایی که با مقدار فاکتور دوم بالا مشخص می گردد، از ادامه زونی برداشته شده است که از قسمتهای عمیقتر به سمت بالا نفوذ یافته و ادامه آن در قسمتهای جنوبی تر در درون يك آبراهه به سطح رسیده است که این آبراهه دقیقا از میان قسمتي از رگه عبور مي كند و به نظر مي رسد که بدین دلیل این نمونه، مقدار فاکتور دوم بالایی از خود نشان داده است.

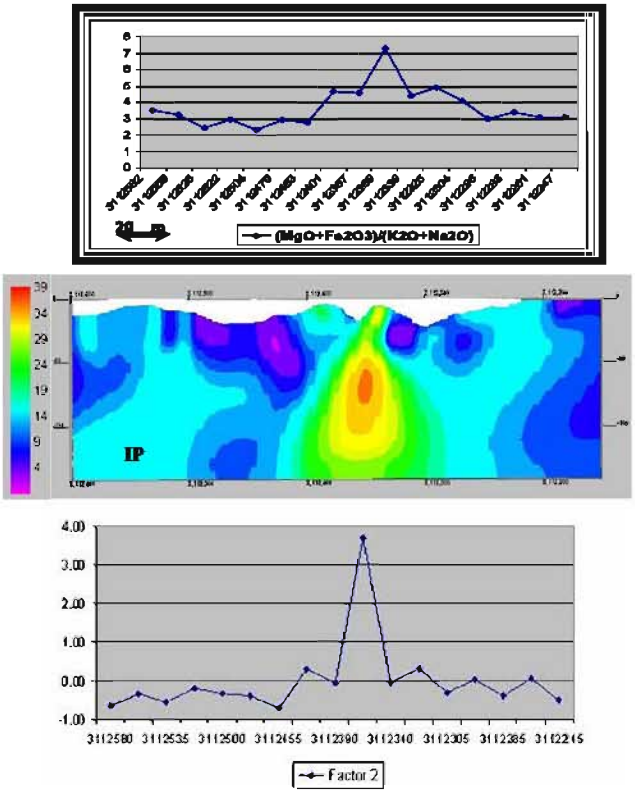
در حقیقت این اختلاف فاز با داده های IP به دلیل برداشتن نمونه در آبراهه جنوب ترانشه بوده است و این آبراهه رگه را در سطح پایینتری نسبت به امتداد رگه قطع کرده است. در حقیقت می توان گفت داده های سطحی IP با مقادیر فاکتور دوم همبستگی بسیار خوبی داشته که نشان از پتانسیل بالای این منطقه دارد. در روی سطح نیز در همین محل لایه ای از آهک پلاژیک صورتی رنگ که بیشترین احتمال برای حضور کانی سازی را داراست، مشاهده شده است.

نتیجه‌گیری :

نتایج مدلسازیهای مغناطیسی انجام شده نشان می دهد که محدوده ای در قسمت غربی ترانشه وجود دارد که خودپذیری مغناطیسی بالایی دارد. این امر را می توان به حضور پیریت و پیروتین در این کانسار نسبت داد که چنین پاسخ قوی از خود نشان داده است. در داده های IP نیز در همین محدوده بارپذیری بسیار بالاست. نتایج مدلسازیهای IP با کیفیت بهتر، شکل و عمق توده احتمالی کانساری را نمایان ساخته است. در مقطعی که از قسمت جنوب غربی ترانشه عبور می کند، بوضوح می توان وجود دو رگه از مواد سولفیدی را در سطح مشاهده نمود که رفته رفته در عمق به یکدیگر نزدیک شده و تشکیل توده ای بزرگ با ابعاد ۷۰*۱۰۰*۱۰۰ و با بارپذیری بیش از ۳۰ mv/m را می دهد(شکل شماره ۶). وجود گمانه ای در نزدیکی این منطقه که حدود ۳۰ متر افق حاوی کانیهای سولفیدی در آن مشاهده شده است می تواند صحت مدلسازیها را به تایید برساند و این در حالي است که در گمانه اي دیگر که با فاصله حدود ۲۰ متري از آن و در شمال آن وجود دارد، هیچ آثاري از کاني سازي دیده نمي شود. صحت این مطلب را مي توان در شکل ۶ که در آن محل گمانه ها و مقدار IP آنها مشخص است، مشاهده نمود.



شکل ۶- مقایسه بین محل گمانه های حفر شده و داده های مدلسازی شده IP



شکل۷- مقطع مدل شده از داده‌هاي باريذيري در كنار مقادير فاكتور دوم و نسبت گرفته شده در منطقه شيخ‌عالي

البته شاهد دیگری برای این ادعا، نتایج بدست آمده از بررسیهای ژئوشیمیایی در منطقه است. در بررسی به روش آنالیز فاکتوری بر روی برداشتهای لیتوژئوشیمیایی در منطقه نیز در محدوده ترانشه و محدوده جنوب غربی آن، آنومالیهایی از غنی شدگی عناصر Cu, S, Zn, Pb, Cr, Co دیده می شود که در قسمت جنوب غربی دارای شدت بیشتری است. مطالعات ژئوشیمیایی همچنین نشان دادند که در منطقه زون آلتراسیونی وجود دارد که طول آن حدود ۸۰-۱۰۰ متر است و با کاهش مقادیر در عناصر Na, K و افزایش مقادیر عناصر Mg, Fe, Mn مشخص می شود.

در مجموع با توجه به مدلسازیهای ژئوفیزیکی و مطالعات لیتوژئوشیمیایی انجام شده در منطقه شیخ عالی، می توان به افقهایی از ماده معدنی امیدوار بود. به همین این دلیل، پیشنهاد حفر سه حلقه گمانه اکتشافی بعد از بررسی مدلسازیها و توپوگرافی منطقه، با اولویت بندی در منطقه داده شده است.

- منابع فارسي:

۱. جوادي پور، ش، منظمي ميرعليپور، ع، ر، گزارش ژئوفيزيك تكميلي به روش پلاريزاسيون القايي در منطقه شيخ عالي بانضمام نتايج حفاري، گروه ژئوفيزيك سازمان زمين شناسي ايران،۱۳۷۹.
۲. جعفري زنگلانلو، م ، تعيين مشخصات هندسي كاني سازي مس شيخ عالي از طريق معكوس سازي و تلفيق داده هاي آن با نتايج حفاری، پايان نامه كارشناسي ارشد. دانشگاه صنعتي اصفهان،۱۳۷۹.
۳. سبزه اي، م، نقشه زمين شناسي ۲۵۰۰۰۰ :۱ حاجي آباد، سازمان زمين شناسي ايران.
۴. منظمي ميرعليپور، ع، ر، زمين شناسي، ژئوشيمي و ژنز كانسار سولفيد توده اي مس شيخ عالي، جنوب شرقي دولت آباد، پايان نامه كارشناسي ارشد، ۱۳۷۷.

- References:

5. Oldenburg, D, W., and Li, Y.,"3-D Inversion of Magnetic data", Geophysics, Vol. 61, P. 394-408, 1996.