نشریه بین‌المللی علوم مهندسی، شماره ۳، جلد۱۷، پاییز ۱۳۸۵، صفحه ۹۴ - ۸۷
دانشگاه علم و صنعت ایران

برآورد ذخیره معدن انگوران با استفاده از مدل‌سازی سه بعدی

احمد جعفری، بانو کشمیری و علی اصغر خدایاری

چکیده: برآورد ذخایر کانسارها به خصوص در معادن در حال بهره برداری یکی از مهمترین پارامترهای لازم برای طراحی و برنامه ریزی تولید معدن است و لازم است با تکمیل اکتشافات به دفعات بازنگری و به روز شود. با توجه به حساس بودن این مرحله از کارهای اکتشافی، تاکنون روش‌های زیادی جهت سرعت بخشیدن و افزایش دقت برآورد ذخیره کانسارها توسعه یافته است. نرم افزار دیتاماین از جمله نرم افزارهای موجود در این زمینه می‌باشد که در حال حاضر در زمره پر کاربردترین نرم افزارهای برآورد ذخیره به خصوص در ایران به شمار می‌رود. در این مقاله برآورد ذخیره معدن سرب و روی انگوران با توجه به آخرین اکتشافات معدن توسط جدیدترین نسخه نرم افزار دیتاماین انجام شده است. در ابتدا پس از وارد کردن اطلاعات و طبقه‌بندی آن‌ها به صورت فایل‌های ورودی نرم افزار دیتاماین، مقاطع مورد نیاز تهیه و مدل هندسی کانسار ارائه شده است. در مرحله بعد با بلوک بندی کانسار مشخصات تمامی بلوک‌ها در آن‌ها ثبت شده است. بلوک‌بندی کانسار در سه اندازه با در نظر گرفتن ابعاد مختلف انجام شده و در پایان مدل نهایی با توجه به نتایج انتخاب شده است. بر اساس این پژوهش میزان ذخیره برابر ۱۶/۹۸ میلیون تن با عیار متوسط ۲۵/۹۲ درصد روی و ۴/۷۶ درصد سرب برآورد شده است.

واژه‌های کلیدی: برآورد ذخیره، مدل‌سازی، معدن انگوران، دیتاماین

۱. مقدمه

بر اساس آمارهای جهانی، ایران با بهره مندی از ۱۰ درصد از منابع روی جهان جایگاه چهارم را در بین کشورهای دارای منابع عظیم روی به خود اختصاص داده است[1]. در حال حاضر تعداد ۶ معدن سرب و روی و ۴ معدن سرب فعال در ایران وجود دارد. از بین معادن فعال موجود معدن سرب و روی انگوران با ذخیره قطعی ۱۶/۹۸ میلیون تن بالاترین ذخیره را داراست[۲و۳].

معدن سرب و روی انگوران، در جنوب غربی زنجان و در فاصله ۱۳۰ کیلومتری از این شهر واقع است. استخراج این معدن برای اولین بار در سال ۱۳۲۴ به روش زیرزمینی و غیر سیستماتیک شروع شده است. پس از آن استخراج معدن به روش روباز از سال ۱۳۵۲ آغاز و هم اکنون نیز به همین روش در حال بهره برداری است[۴]. در طی سال‌های بهره برداری و قبل از آن فعالیت‌های اکتشافی زیادی بر روی کانسار انگوران و محدوده آن انجام شده است و بر اساس اطلاعات اکتشافی حاصله در هر مرحله ذخیره کانسار برآورد شده است [۵]. در سال‌های اخیر در ادامه فعالیت‌های اکتشافات تکمیلی معدن، ۵۴۸۰ متر گمانه بدون مغزه و ۵۴۵۰ متر گمانه اکتشافی همراه با مغزه گیری حفر شده است [6]. آخرین گزارش برآورد ذخیره توسط کارشناسان شرکت معدن زمین در پایان سال ۱۳۷۹ ارائه شده که بر اساس آن کل ذخیره معدن بالغ بر ۱۸/۷۳ میلیون تن مواد معدنی با عیار متوسط ۲۷/۸۷ درصد روی و ۴/۲۶ درصد سرب گزارش شده است [۷].

در سال‌های اخیر با پیشرفت‌هایی که در زمینه علوم کامپیوتری به خصوص افزایش قابلیت‌های نرم‌افزارها از جمله دیتاماین به وجود آمده است و با افزایش چگالی شبکه اکتشافات و لزوم بررسی طرح‌های گذشته معدن با توجه به نوسانات بازار روی در جهان انگیزه‌های زیادی برای برآورد مجدد ذخیره کانسار انگوران بوجود آمده است.

هدف از انجام این تحقیق تهیه یک مدل بلوکی سه بعدی از کانسار انگوران و تخمین ذخیره باقی مانده معدن بمنظور امکان یابی انجام طراحی محدوده نهایی جدیدی با توجه به وضعیت فعلی بازار جهانی روی و کارخانه‌های موجود می‌باشد. بدین منظور با بررسی تاریخچه معدن، مطالعات گزارش‌های موجود از فعالیت‌های انجام شده در

نسخه اصلی مقاله در تاریخ ۱۳۸۲/۹/۱۶ واصل، و پس از بازنگری‌های لازم، در تاریخ ۱۳۸۳/۲/۳ به تصویب نهایی رسیده است.
سرپرستی داوری‌ها توسط دبیر تخصصی، دکتر گلستانی‌فرد صورت گرفته و مقاله توسط ایشان برای چاپ توصیه شده است.
دکتر احمد جعفری، استادیار گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه تهران
ajafari@ut.ac.ir
بانو کشمیری، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه معدن، دانشگاه تهران،
banookeshmiri@ime.org.ir
علی اصغر خدایاری، مربی گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه تهران،
khodaiar@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

منطقه و آشنایی با توانایی‌های نرم افزار دیتاماین، برآورد نهایی ذخیره کانسار انگوران مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مشخصات عمومی کانسار

از نظر زمین شناسی، معدن انگوران قسمتی از زون ارومیه - پل دختر است که بین بخش زاگرس و غرب حوزه ایران مرکزی واقع شده است[8]. این معدن به لحاظ ساختاری در بخش مرکزی طاقدیس برگشته انگوران قرار گرفته و قسمت عمده طبقات سنگی آن از آهک‌های دگرگون شده گرافیت دار تشکیل شده است. در این محدوده با عبور از بخش کربناته به طرف غرب و به سوی سنگ‌های متابازیک آثار چین خوردگی، کمتر می‌شود. ماده معدنی تقریباً در بخش مرکزی یا هسته طاقدیس شکل گرفته است. این طاقدیس سپس طی حرکات کوهزایی آلپ پایانی به صورت یک طاقدیس برگشته تغییر وضعیت داده، بطوری‌که میل آن به سوی شمال‌غرب و روند محور چین تقریباً به صورت شرقی و غربی توجیه شده است[9].

در محدوده معدن انگوران گسل‌های بزرگی دیده می‌شود که محل آن‌ها منطبق بر دره‌های قدیمی منطقه می‌باشد. بر اساس آخرین فرضیات ارائه شده کانسار انگوران حالت توده ای داشته و بیش از ۶۰ درصد کانسنگ از کانه‌های سولفوره تشکیل شده است. این کانسار در درون یک لایه شیست و مرمر سفید رنگ واقع است و به این دلیل یک کانسار استراتاباند[1] به شمار می‌رود. طول کانسار انگوران در حدود ۷۰۰ متر و بیشترین عرض آن حدود ۶۰۰ متر است. شکل هندسی کانسار به صورت یک عدسی تصور شده است [۱۰].

سنگ‌های کمر بالای کانسار نوعی آهک دگرگون شده گرافیت دار و کمر پایین آن نوعی شیست با درصد قابل توجهی کوارتز (سریسیت کلریتوشیست) است. در بعضی موارد شیست کمر پایین به صورت بین انگشتی میان لایه‌هایی از کالک شیست قرار گرفته است [۱۰]. به طورکلی ماده معدنی از دو قسمت سولفوره در پایین و اکسیده (کربناته و سیلیکاته) در بالا تشکیل شده است. قسمت کربناته کانسار عمدتاً حالت لایه لایه ای داشته و گاهی حالت متراکم دارد. عموما در اثر فرآیندهای تکتونیکی ساخت برشی نیز در آن‌ها ایجاد شده است. به دلیل عمق زیاد بخش سولفوره، در حال حاضر تنها بخش کربناته به صورت روباز استخراج می‌گردد. کانسار انگوران از نظر زمین شناسی به ۸ بخش خیلی کم عیار، کالامین، کربناته نرم، کربناته برشی، کربناته سخت، مخلوط سولفوره و کربناته، سولفوره و شیست مینرالیزه تقسیم شده است [۱۰].

[1] Strataband

۳. روش تحقیق

جهت انجام این مطالعات در ابتدا اطلاعات تمامی گمانه‌ها، توپوگرافی و مقاطع عمودی و افقی مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت به صورت فایل‌های قابل استفاده توسط نرم افزار دیتاماین مرتب شدند.

تقریبا در تمام روش‌های کامپیوتری برآورد ذخیره، لازم است ابتدا یک مدل سه بعدی که معرف وضعیت هندسی بخش‌های تفکیک شده کانسار است تهیه شود[11].

توده معدنی انگوران، با توجه به پراکندگی عیاری زیاد کانسار از نظر زمین شناسی به ۸ بخش تقسیم شده است. سپس هر یک از بخش‌ها به صورت یک پوسته توخالی تهیه شده و در مراحل بعدی از قطعات کوچکتری با ابعاد منظم پر شده است. در نهایت با اضافه کردن این بخش‌ها به هم مدل نهایی تهیه شده و اطلاعات مربوط به هر قطعه به آن اختصاص داده شده است. ابعاد این قطعه‌ها با توجه به پارامترهای فنی معدن و شبکه اکتشافی موجود روی کانسار تعیین شده اند. از آنجایی‌که اندازه این ابعاد ممکن بود حساسیت زیادی بر روی نتایج ایجاد کند، مدل بلوکی در سه مرحله و با در نظر گرفتن ابعاد متفاوت بلوک‌ها ساخته شد. نحوه مدلسازی و مراحل ساخت آن در ادامه شرح داده شده است.

۴. مراحل ساخت مدل زمین شناسی

الف- آماده سازی اطلاعات ورودی

در ابتدا با بررسی لاگ گمانه‌ها، اطلاعات در چهار دسته تدوین شده است که مشخصات آن‌ها به شرح ذیل است:

۱- دسته اول اطلاعات شامل شماره گمانه‌ها، طول قسمت‌های آنالیز شده و عیار عناصر و کانی‌های مهم کانسار (ZN، PB، SiO2 و ...) می‌باشد.

۲- دسته دوم اطلاعات شامل شماره گمانه و مختصات ابتدای گمانه‌ها (XوYوZ) است.

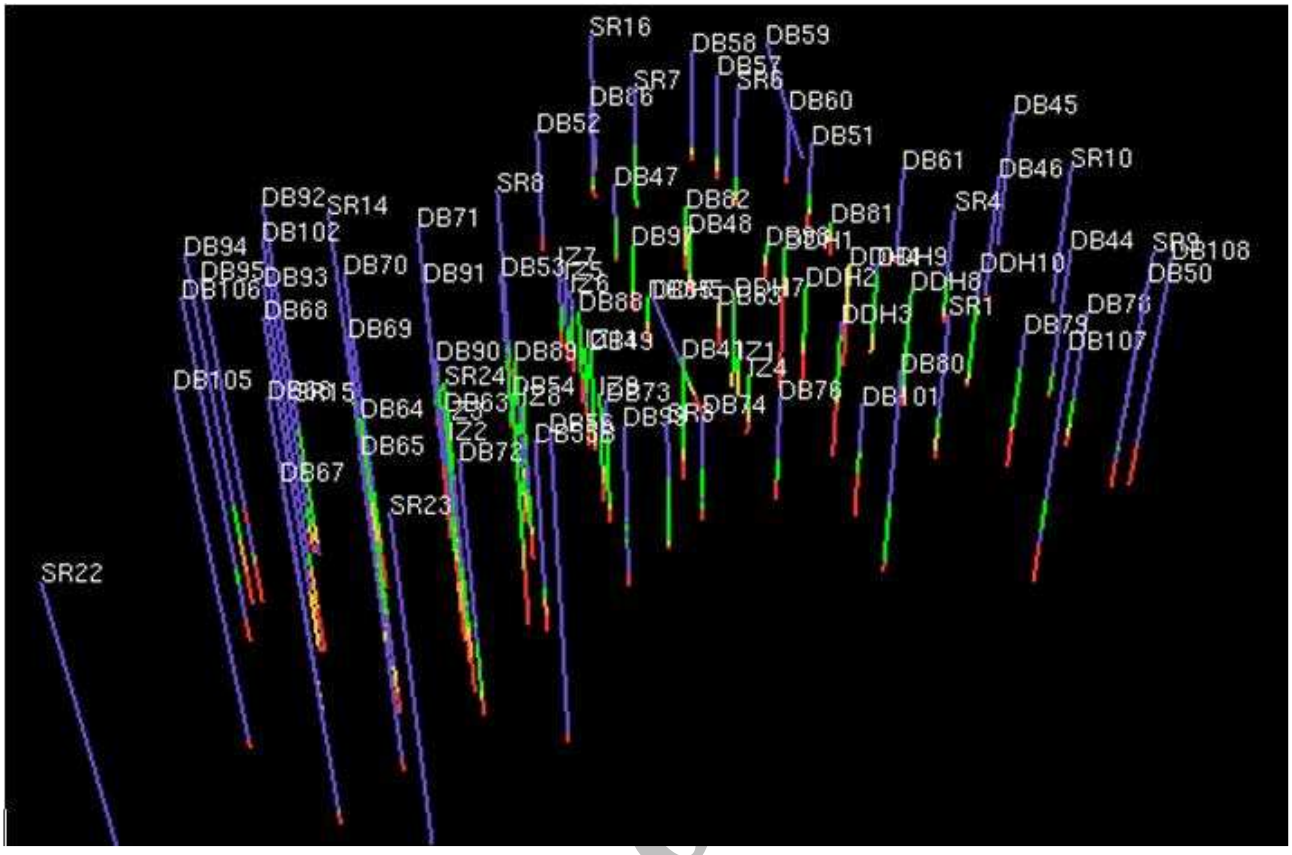
۳- دسته سوم اطلاعات شامل شماره گمانه‌ها، طول قسمت‌های آنالیز شده و نوع سنگ در آن طول از گمانه می‌باشد (نوع سنگ بر اساس درصد عیارهای روی در آن قسمت از گمانه تعیین شده است).

۴- دسته چهارم اطلاعات شامل شماره گمانه‌ها، قائم یا شیب دار بودن گمانه، آزیموت گمانه شیب دار و شیب گمانه است.

ب- پردازش اطلاعات

پس از تهیه اطلاعات در یک نرم افزار صفحات گسترده مانند EXCEL این اطلاعات به نرم افزار دیتاماین منتقل شدند. پس از آن همه اطلاعات با هم ترکیب شده و فایلی بر اساس کلیه اطلاعات موجود ساخته شده است. شکل۱خروجی این مرحله را نشان می‌دهد که در آن گمانه‌ها با توجه به مختصات جغرافیایی آن‌ها ترسیم

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۱. نمای سه بعدی از ترکیب چهار فایل ورودی نرم افزار دیتاماین

شده اند. شماره معرف هر گمانه نیز در بالای آن آمده است. لازم به ذکر است بخش‌های زمین شناسی مختلف با نوشتن یک برنامه در محیط نرم افزار به رنگ‌های مختلف تفکیک شده‌اند[12].

ج – تهیه مقاطع زمین شناسی

برای ساخت مدل زمین شناسی کانسار لازم است در ابتدا مقاطع زمین شناسی در فواصل مشخصی ترسیم شوند. بدین منظور ابتدا مقاطع تهیه شده توسط زمین شناسان از نرم افزار اتوکد به نرم افزار دیتاماین منتقل شده اند و سپس با توجه به مشخص بودن مرز بخش‌های مختلف، مقاطع ترسیم شده اند. مقاطع ترسیم شده در نرم افزار دیتاماین اصطلاحاً مدل سیمی[1] نامیده می‌شوند.

بدین ترتیب با توجه به گستردگی کانسار تعداد ۱۳ مقطع شمالی جنوبی و ۱۰ مقطع شرقی غربی از کانسار در فواصل ۵۰ متری از هم تهیه شد. لازم بذکر است این فواصل با توجه به شبکه اکتشافی اصلی معدن که به صورت ۵۰×۵۰ متر مربع می‌باشد تعیین شده است. شکل۲ نمایش مقطع 1000N را نشان می‌دهد.

د – مثلث بندی مقاطع و تعیین حجم مدل

برای تهیه مدل ابتدا لازم است هر یک از بخش‌ها به صورت یک مدل سیمی مجزا تهیه شوند. بنابراین با جداسازی فایل مقاطع بر اساس رنگ، بخش‌های زمین شناسی به صورت ۸ فایل سیمی مجزا تهیه شده است. شکل۳ مدل سیمی ترسیم شده از بخش کربناته برشی را نشان می‌دهد.

در مرحله بعد با مثلث بندی تک تک بخش‌ها هر بخش به صورت یک پوسته توخالی[2] به نمایش گذاشته می‌شود که حجم آن قابل محاسبه است. در شکل ۴ نمایشی از مثلث بندی بخش کربناته برشی آمده است.

ه – بلوک بندی مدل

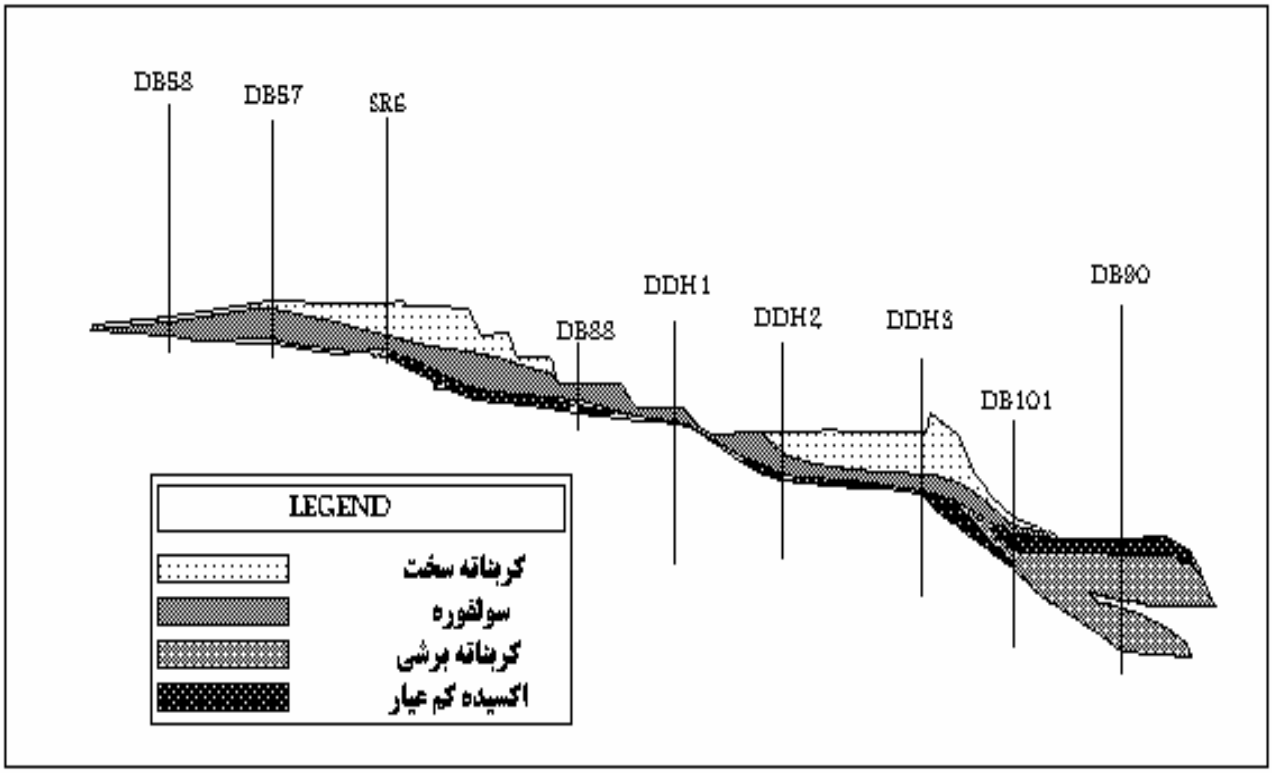
پس از تهیه پوسته تمامی بخش‌ها، لازم است هر کدام به طور مجزا بلوک بندی شوند. برای مدل نمودن هر بخش ابتدا لازم است یک مکعب که دربرگیرنده کل محدوده ماده معدنی است، تعریف شود. در مرحله بعد این مکعب به بلوک‌های کوچکتر در سه جهت تقسیم می‌شود.

[1] String Model

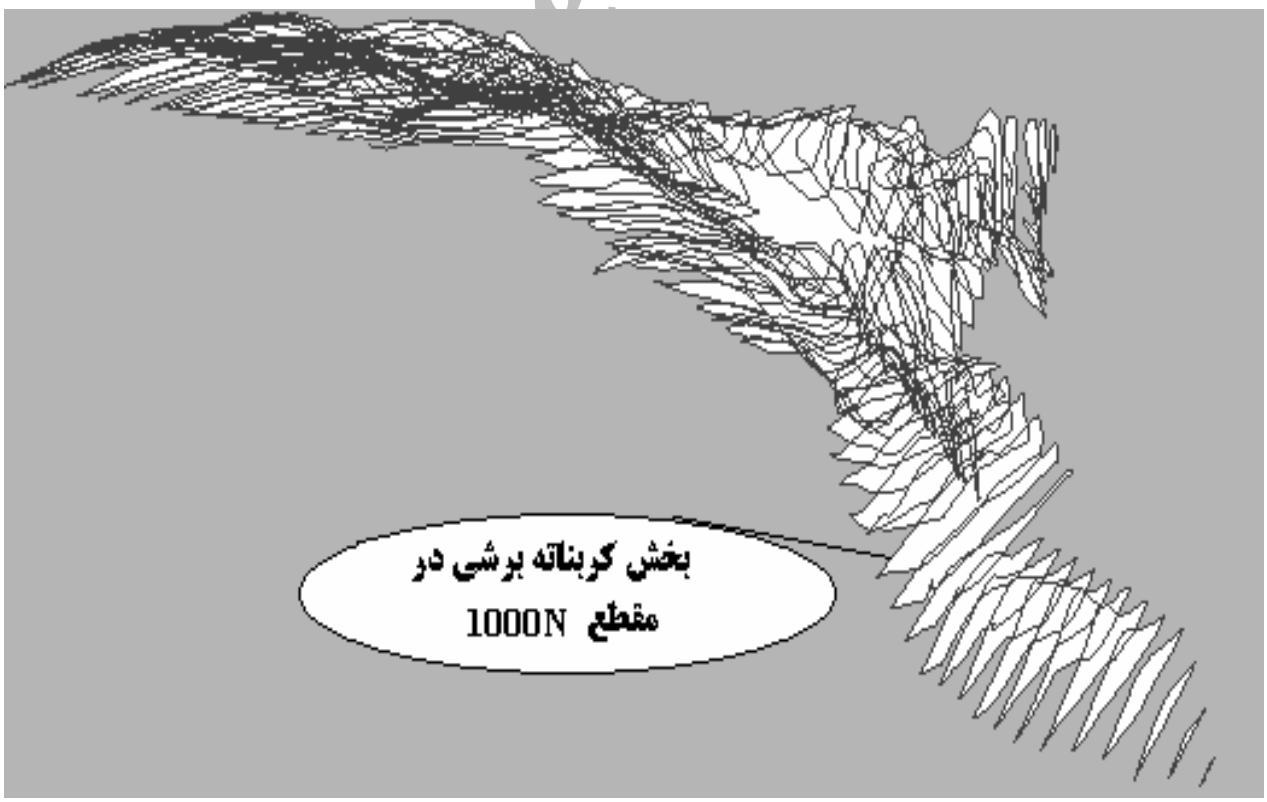
[2] Wireframe Model

Archive of SID

www.SID.ir

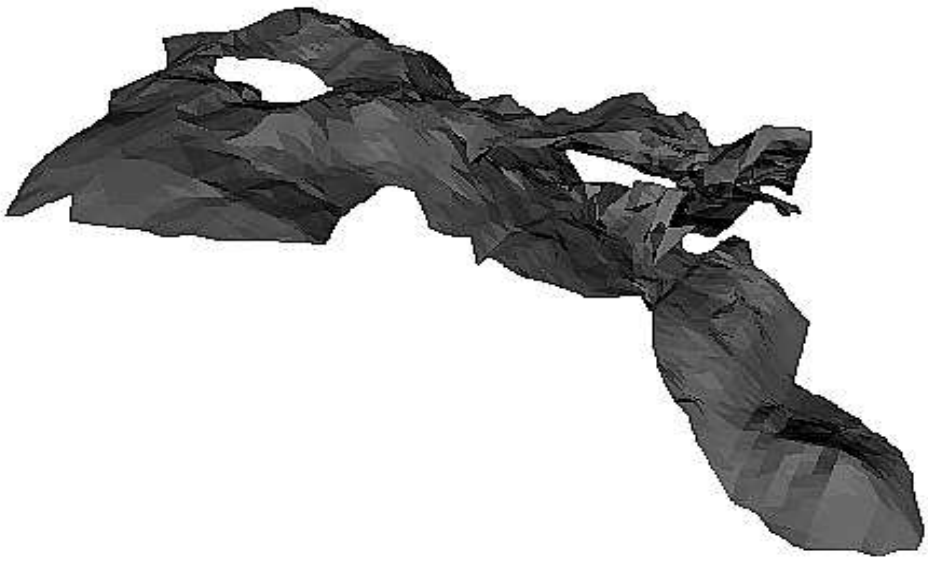


شکل۲. مقطع N ۱۰۰۰ (شرقی- غربی) ترسیم شده در نرم افزار دیتاماین



شکل۳. مدل سیمی تهیه شده از بخش کربناته برشی

www.SID.ir



شکل۴. نمایشی از مثلث بندی بخش کربناته برشی

در برنامه تعریف شده برای بلوک بندی کانسار انگوران محدوده تعریف شده در جهات X و Y و Z به ترتیب ۱۴۰۰×۱۴۰۰×۴۰۰ می‌باشد. همچنین ابعاد بلوک‌ها جهت مدلسازی ۱۰×۲۰×۲۰ انتخاب شده است. در اجرای دستور بلوک بندی از ریز بلوک‌های ۲×۲×۲ نیز برای بالا بردن دقت بلوک بندی مناطق مرزی کانسار و قسمت‌هایی که فضا جهت قرار گرفتن مکعب‌های ۱۰×۱۰×۱۰ کافی نیست استفاده شده است. بعد از بلوک بندی، بخش‌های مختلف کانسار به ترتیب اولویت حجم به هم اضافه شده اند. شکل۵ نمای سه بعدی از مدل نهایی را نشان می‌دهد.

تا این مرحله مدل کانسار از قطعه‌هایی پر شده است که هر کدام دارای مشخصاتی از جمله مختصات مبدا مدل، ابعاد بلوک‌ها، مختصات مرکز ثقل بلوک‌ها و ijk که رمزی است که برنامه مدلسازی به هر بلوک می‌دهد و جهت شناسایی بلوک در داخل مدل مفید است، می‌باشند. در مرحله بعد برای عیاردارکردن بلوک‌ها مجدداً از اطلاعات فایل اولیه استفاده شده است[12].

در این مرحله برای تخمین عیار از روش عکس مجذور فاصله استفاده شده است. شکل۶ یک مقطع بلوک بندی شده از ماده معدنی را نشان می‌دهد.

۵. برآورد ذخیره

در این برآورد ذخیره غیر از مدل ۱۰×۲۰×۲۰ دو مدل دیگر نیز در ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ و ۲۰×۲۰×۲۰ تهیه شد که با مبنا قرار دادن مدل اول و مقایسه تناژهای به دست آمده، مدل‌های ۱۰×۱۰×۱۰ و ۲۰×۲۰×۲۰ به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۲۸ درصد اختلاف را با مدل مبنا نشان دادند. این درصد کم اختلافات نشان دهنده انطباق زیاد مدل مثلث بندی با مدل بلوکی[1] است. در نتیجه مدل ۱۰×۲۰×۲۰ از نظر ذخیره ای که به دست می‌دهد قابل تایید است. در نهایت هم با توجه به مواردی مانند:

۱- ابعاد شبکه اکتشافی مستقر در معدن (۵۰×۵۰ متر مربع)

۲- ارتفاع پله‌های معدن (۱۰ متر)

۳- حجیم شدن فایل با کوچکتر شدن ابعاد قطعه‌ها

مدل ۱۰×۲۰×۲۰ به عنوان مدل نهایی انتخاب شد. با توجه به نتایج به دست آمده از این مدلسازی، میزان ذخیره باقی مانده معدن انگوران ۱۶/۹۸ میلیون تن با عیار متوسط ۲۵/۹۲ درصد روی و ۴/۷۶ درصد سرب برآورد شده است. وضعیت تناژ ذخیره برای بخش‌های مختلف تعریف شده برای کانسار انگوران در جدول۱ آورده شده است[۲].

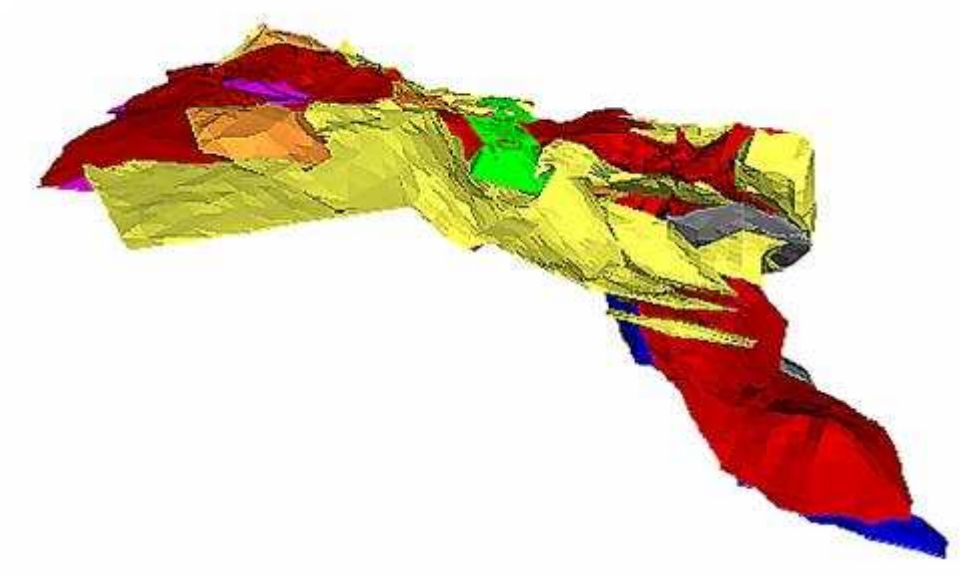
۶. نتایج بدست آمده

گمانه‌های اکتشافی کانسار انگوران به غیر از منطقه کوچکی در قسمت جنوب غرب با آرایش مربعی به فواصل ۵۰ متر از یکدیگر حفر شده اند. چنین شبکه ای با توجه به پیچیدگی ساختاری و توزیع عیار کانسار، برای ترسیم دقیق مقاطع جهت برآورد ذخیره در دسته‌های مناسب کافی نیست، چنانچه بخش اکسیده کانسار به دلیل نامنظم بودن تغییرات ظاهری شدیدی را در فواصل بسیار نزدیک از خود نشان می‌دهند. به همین علت روند تحقیق در زمان ترسیم و ارتباط مقاطع با مشکلات فراوانی مواجه بوده که عمدتاً رفع این مشکلات با عملیات تکرار زیادی نیز همراه بوده است. بطور مثال هنگام اجرای فرآیند مثلث بندی مقاطع و تهیه پوسته مدل، مثلث‌ها به هم برخورد کرده و مدلی حاصل نمی‌شد. البته جهت رفع این

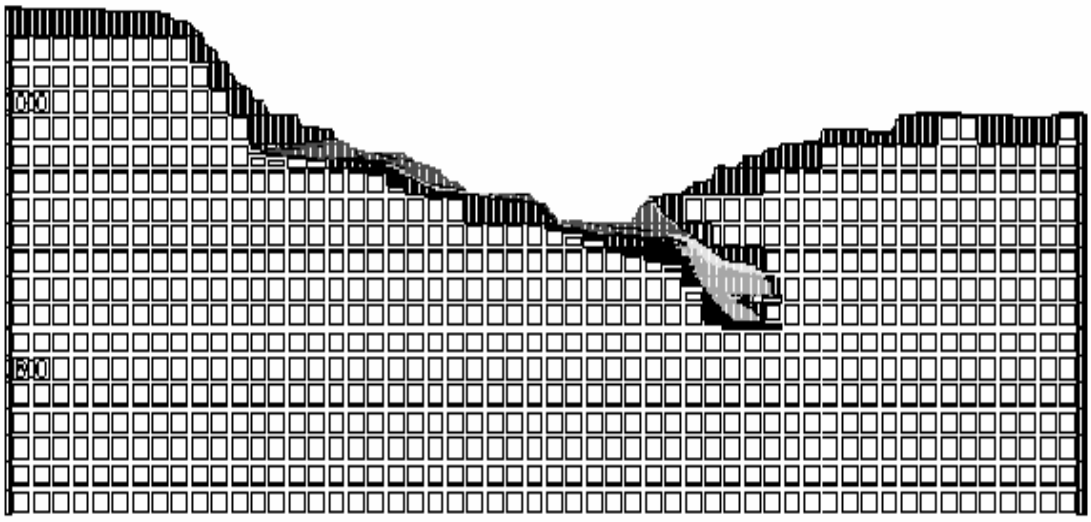
[1] Block Model

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۵. نمای سه بعدی از مدل نهایی



شکل۶. مقطع N 1000 از مدل بلوک بندی شده مـاده معـدنی

مشکل می‌توان از یکسری خطوط که اصطلاحاً تگ[1] نامیده می‌شوند بعضی از موارد را برطرف نمود اما این کار نیازمند قضاوت صحیح زمین شناسی است و همیشه منتج به راه حل صحیح نمی‌شود. در این خصـوص لازم است با بازنگـری نرم افزار توسط تهیه کنندگان آن مشکلات مسایل ارتباطی در این گونه کانسارها بررسی و راه حل مناسبی برای آن‌ها ارائه شود. همچنین لازم است با مطالعه دقیق و بررسی‌های آماری چگالی مناسب برای حفاری‌های اکتشافی تعیین شده و حفر گمانه در نقاط مورد نیاز انجام شود.

تقریبا در تمام مواردی‌که ساخت یک مدل بلوکی از کانسار ضروری است لازم است ابعاد قطعات پر کننده مدل با توجه به هدف نهایی که از مدلسازی انتظار می‌رود تعیین شود. بالطبع این ابعاد می‌توانند متفاوت باشند بطور مثال ابعاد قطعات مورد استفاده در مدلی که برای تخمین ذخیره به کار می‌رود خیلی کوچک‌تر از ابعاد قطعاتی است که با هدف طراحی و تحلیل حساسیت مدل به کار برده می‌شود.

در این پژوهش برای تعیین ابعاد بهینه قطعات در مدلسازی، سه مدل با قطعاتی در اندازه‌های متفاوت ساخته شد. نتایج بر آورد ذخیره بدست آمده از سه مدل با اختلاف اندکی مشابه بودند اما

[1] tag

www.SID.ir

جدول۱. ذخیره بخش‌های مختلف کانسار انگوران

ردیف	نوع سنگ	میزان ذخیره (تن)	سرب (درصد)	روی (درصد)
۱	کم عیار	۲۱۱۰۱۱۷	۱/۰۷	۷/۹۶
۲	کالامین	۱۵۵۱۶۴۲	۰/۹۶	۳۱/۰۹
۳	کربناته نرم	۶۲۸۳۳۷،۴	۵/۲۵	۱۶/۷۹
۴	کربناته برشی	۵۴۹۸۰۳۸	۷/۹۱	۲۸/۴۴
۵	کربناته سخت	۱۳۵۳۸۳۸	۷/۷۲	۴۰/۱۹
۶	مخلوط سولفوره و کربناته	۱۷۳۲۴۲۹	۷/۲	۳۴/۴۶
۷	سولفوره	۳۰۰۲۲۲۱	۳/۴	۴۱/۵۷
۸	شیست مینرالیزه	۱۱۰۹۱۵۱	۱/۷۸	۱۴/۳۷
۹	جمع کل	۱۶۹۸۵۷۷۳	-	-

آنچه مهم به نظر می‌رسید انتخاب مدلی بود که بتوان مراحل بعدی را براحتی روی آن انجام داد. اجرای فرآیندهای بعدی نرم افزار دیتاماین روی فایل‌های پر حجم بسیار وقت گیر و اکثرا با مشکل روبرو است بدین معنی که انجام این فرآیندها به خصوص فرآیندهای محاسباتی آتی در توان نرم افزار نبوده و تنها در حافظه‌های خیلی بالا و با احتساب زمان محاسباتی زیاد قابل اجرا هستند.

۷. نتیجه گیری کلی

این برآورد ذخیره با توجه به افزایش چگالی اکتشافات در چند سال اخیر و همچنین افزایش قابلیت‌های آخرین نسخه نرم افزار دیتاماین و آموزش تخصصی کاربران آن بسیار حائز اهمیت است.

برای انجام این مطالعات در ابتدا اطلاعات گمانه‌ها، توپوگرافی و مقاطع عمودی و افقی از معدن اخذ و تمام فرآیندهای محاسباتی لازم، توسط نرم افزار دیتاماین انجام گرفته است. با توجه به اینکه توده معدنی انگوران دارای پراکندگی عیاری زیادی می‌باشد کانسار از نظر زمین شناسی به ۸ بخش تقسیم شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از مدلسازی اخیر کانسار انگوران که با توجه به کارهای اکتشافی جدید انجام شده است، میزان ذخیره باقی مانده در حدود ۱۷ میلیون تن با عیار متوسط ۲۵/۹۲ درصد روی و ۴/۷۶ درصد سرب می‌باشد.

نظر به اینکه علاوه بر تعیین مقدار ذخیره، اطمینان از صحت جواب نیز مهم است، سه مدل با قطعاتی در ابعاد متفاوت ساخته شد. در نهایت با توجه به مواردی از جمله ارتفاع پله‌های معدن، ابعاد شبکه اکتشافی و میزان حجیم بودن مدل، مدلی که ابعاد قطعه‌ها در آن ۱۰×۲۰×۲۰ انتخاب شده بود بعنوان مدل نهایی انتخاب شد.

تشکر و قدردانی

انجام این تحقیق در قالب یک طرح پژوهشی از طرف شرکت توسعه معادن روی ایران صورت گرفته است که بدین‌وسیله نگارندگان این مقاله از همکاری آن شرکت صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

مراجع

[1] 2000, LEAD AND ZINC STATISTICS, Monthly bulletin of the international lead and zinc study group, VOL 40, NO 8.

[۲] تیر ۱۳۷۹، وضعیت صنعت روی، اداره کل امور صنعتی، وزارت معادن و فلزات، ۲۱ صفحه.

[۳] مرداد ۱۳۷۹، وضعیت صنعت سرب، اداره کل امور صنعتی، وزارت معادن و فلزات، ۲۳ صفحه.

Archive of SID

www.SID.ir

[۴] گروه کارشناسی معدن انگوران، تیر ۱۳۷۱، اصلاحیه طرح بهره برداری معدن انگـوران (۱۰ ساله)، ۸۴ صفحه.

[۵] شرکت معدن زمین، ۱۳۸۰، بانک اطلاعات پایه معدن انگوران، ۹۵۱ صفحه.

[6]SRK Consulting Engineers and Scientists, July 2003, ANGOURAN ZINC MINE FEASIBILITY STUDY, MINING SECTION, p25.

[۷] شرکت توسعه معادن روی ایران و شرکت معدن زمین، ۱۳۷۹، ارزیابی ذخیره معدن انگـوران با استفاده از نرم افزار دیتاماین ۵، ۶۳ صفحه.

[8] Mitchell, P.R., 1976, *Geology of Angouran Mine*, p38.

[9] Horita, A. , 1973 , *Summary Report Of Angouran, Ore Deposit*, p51.

[۱۰] غضنفری، فرشید، ۱۳۷۰، *پتروژنز سنگ‌های دگرگونه در شمال شرق تکاب با نگرشی ویژه به کانه سازی سرب و روی در معدن انگوران*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۵۳۰ صفحه.

[11] Stuart, n.j, *"PIT optimization Using Solid Modeling and The Learchs Grossman Algorithm"*, 1992, International Journal Of Surface Mining, pp 470 _475

[12] Mineral industries computing limited, 1998, Datamine Reference Manuals User Guides and Tutorials, Edition 2.2.

.

Archive of SID

www.SID.ir