



کاربرد نرم افزار DATAMINE در برآورد ذخیره کانسار انگوران

بانو کشمیری^{1*}، علی اصغر خدایاری²، احمد جعفری³

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه معدن - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

2- مربی گروه مهندسی معدن - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

3- استادیار گروه مهندسی معدن - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

bsnookeshmiri@hotmail.com

چکیده

برآورد ذخیره کانسارها بخصوص در معادن در حال بهره برداری، یکی از مهمترین پارامترهای لازم برای طراحی و برنامه ریزی تولید معدن است. روشهای زیادی جهت سرعت بخشیدن و افزایش دقت این مرحله از کارهای اکتشافی توسعه یافته است. نرم افزار Datamine از جمله نرم افزارهای موجود در این زمینه می باشد که در حال حاضر یکی از پر کاربردترین نرم افزارهای برآورد ذخیره به خصوص در ایران، به شمار می رود. در این مقاله برآورد ذخیره معدن سرب و روی انگوران با توجه به آخرین اکتشافات معدن توسط جدیدترین نسخه نرم افزار Datamine انجام شده است. در ابتدا پس از وارد کردن اطلاعات و طبقه بندی آنها مقاطع مورد نیاز تهیه و مدل هندسی کانسار تهیه شده است. سپس با بلوک بندی کانسار و ثبت مشخصات تمامی بلوکها در آنها ذخیره کانسار تعیین شد. بر اساس این پژوهش میزان ذخیره باقی مانده تقریباً برابر 17 میلیون تن با عیار متوسط 25/92 درصد روی و 4/76 درصد سرب برآورد شده است.

واژه های کلیدی: برآورد ذخیره، مدلسازی، معدن انگوران، نرم افزار Datamine.

مقدمه

بر اساس آمارهای جهانی، ایران با بهره مندی از 10 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 6 معدن سرب و روی و 4 معدن سرب فعال در ایران وجود دارد. از بین معادن فعال موجود معدن سرب و روی انگوران با ذخیره قطعی 16/98 میلیون تن بالاترین ذخیره را داراست [2و3].

* تهرانپارس، تقاطع خیابان 121 و 184 غربی، پلاک 87، طبقه پنجم، واحد 14.



معدن سرب و روی انگوران، در جنوب غربی زنجان و در فاصله 130 کیلومتری از این شهر واقع است. استخراج این معدن برای اولین بار در سال 1324 به روش زیرزمینی و غیر سیستماتیک شروع شده است. پس از آن استخراج معدن به روش روباز از سال 1352 آغاز و هم اکنون نیز به همین روش در حال بهره برداری است [4]. 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 [5]. در سالهای اخیر در ادامه فعالیتهای اکتشافات تکمیلی معدن، 5480 متر گمانه بدون مغزه و 5450 متر گمانه اکتشافی همراه با مغزه گیری حفر شده است [6]. آخرین گزارش برآورد ذخیره توسط کارشناسان شرکت معدن زمین در پایان سال 1379 ارائه شده که بر اساس آن کل ذخیره معدن بالغ بر 18/73 میلیون تن مواد معدنی با عیار متوسط 27/87 درصد روی و 4/26 درصد سرب گزارش شده است [7].

در سالهای اخیر با پیشرفتهایی که در زمینه علوم کامپیوتری به خصوص افزایش قابلیتهای نرم افزارها از جمله Datamine به وجود آمده است و با افزایش چگالی شبکه اکتشافات و لزوم بررسی طرحهای گذشته معدن با توجه به نوسانات بازار روی در جهان انگیزه های 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 کارخانه های موجود می باشد. بدین منظور با بررسی تاریخچه معدن، مطالعات گزارشهای موجود از فعالیتهای انجام شده در منطقه و آشنایی به تواناییهای نرم افزار Datamine، برآورد نهایی ذخیره کانسار انگوران مورد بررسی قرار گرفته است.

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 می شود. ماده معدنی تقریباً در بخش مرکزی یا هسته طاقدیس شکل گرفته است [9].



در محدوده معدن انگوران گسل‌های بزرگی دیده می‌شود که محل آنها منطبق بر دره های قدیمی منطقه می‌باشد. بر اساس آخرین فرضیات ارائه شده کانسار انگوران حالت توده ای داشته و بیش از 60 درصد کانسنگ از کانه های سولفور تشکیل شده است. این کانسار در درون یک لایه شیست و مرمر سفید رنگ واقع است و به این دلیل یک کانسار استراتاباند (Strataband) به شمار می‌رود. طول کانسار انگوران در حدود 700 متر و بیشترین عرض آن حدود 600 متر است. شکل هندسی کانسار به صورت یک عدسی تصور شده است [10].

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 لایه هایی از کالک شیست قرار گرفته است [10]. به طور کلی ماده معدنی از دو قسمت سولفور 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. عموماً در اثر فرآیند های تکتونیکی ساخت برشی نیز در آنها ایجاد شده است. به دلیل عمق زیاد بخش سولفور، در حال حاضر تنها بخش کربناته به صورت روباز استخراج می‌گردد. کانسار انگوران از نظر زمین شناسی به 8 بخش خیلی کم عیار، کالامین، کربناته نرم، کربناته برشی، کربناته سخت، مخلوط سولفور و کربناته، سولفور و شیست مینرالیزه تقسیم شده است [10].

روش تحقیق

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

توده معدنی انگوران، با توجه به پراکندگی عیاری زیاد کانسار از نظر زمین شناسی به 8 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 قطعه ها 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 مدل سازی و مراحل ساخت آن در ادامه شرح داده شده است.



مراحل ساخت مدل زمین شناسی

در حالت کلی روند ساخت یک مدل زمین شناسی توسط نرم افزار Datamine به پنج مرحله قابل تفکیک است :

الف - آماده سازی اطلاعات ورودی

ب - پردازش اطلاعات

ج - تهیه مقاطع زمین شناسی

د - تهیه مدل تور سیمی از مقاطع (وایرفریم)

ه - بلوک بندی مدل

الف - آماده سازی اطلاعات ورودی

برای تهیه مدل در ابتدا با بررسی لاگ گمانه ها، اطلاعات در چهار فایل قابل استفاده توسط نرم افزار Datamine بنامهای Geology, Collar, Assay و Survey ذخیره شدند که مشخصات آنها به شرح ذیل است.

1. فایل assay : اطلاعات این فایل شامل شماره گمانه ها، طول قسمتهای آنالیز شده و عیار عناصر و کانی های مهم کانسار (Zn ، Pb ، SiO₂ و ...) می باشد.

2. فایل Collar : اطلاعات این فایل شامل شماره گمانه و مختصات دهانه گمانه ها (X و Y و Z) است.

3. فایل Geology : اطلاعات این فایل شامل شماره گمانه ها، طول قسمتهای آنالیز شده و نوع سنگ در هر طول از گمانه می باشد. (نوع سنگ بر اساس درصد عیارهای روی در آن قسمت از گمانه تعیین شده است).

4. فایل Survey : اطلاعات این فایل شامل شماره گمانه ها، وضعیت قائم یا شیب دار بودن گمانه، آزمون گمانه شیب دار و شیب گمانه است.

ب - پردازش اطلاعات

پس از تهیه اطلاعات در نرم افزار EXCEL این اطلاعات به نرم افزار Datamine منتقل شدند. پس از آن همه اطلاعات با هم ترکیب شده و فایلی بر اساس کلیه اطلاعات موجود ساخته شده است. شکل 1 خروجی این مرحله را نشان می دهد که در آن گمانه ها با توجه به مختصات جغرافیایی آنها ترسیم شده اند. شماره

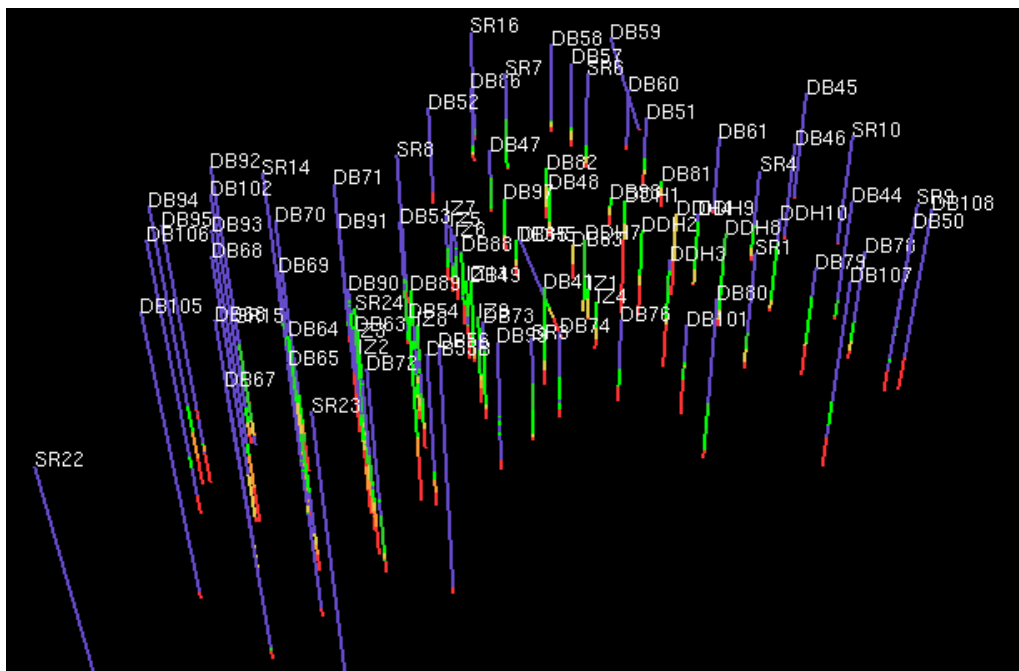


معرف هر گمانه نیز در بالای آن آمده است. لازم به ذکر است بخشهای زمین شناسی مختلف با نوشتن یک برنامه در محیط نرم افزار به رنگهای مختلف تفکیک شده اند [11].

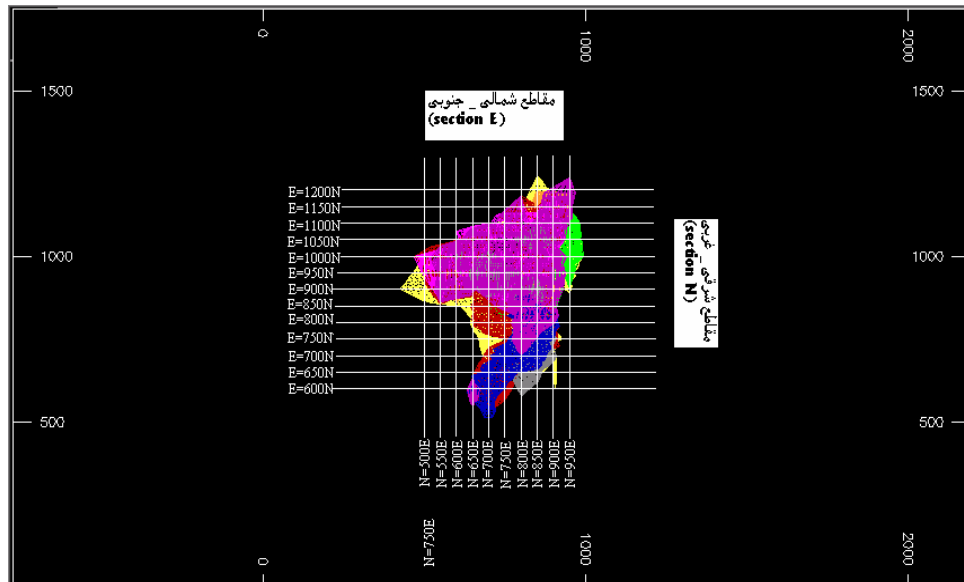
ج - تهیه مقاطع زمین شناسی

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 Datamine منتقل شده اند و سپس با توجه به مشخص بودن مرز بخشهای مختلف، مقاطع ترسیم شده اند. مقاطع ترسیم شده در نرم افزار Datamine اصطلاحاً مدل سیمی (String Model) نامیده می شوند.

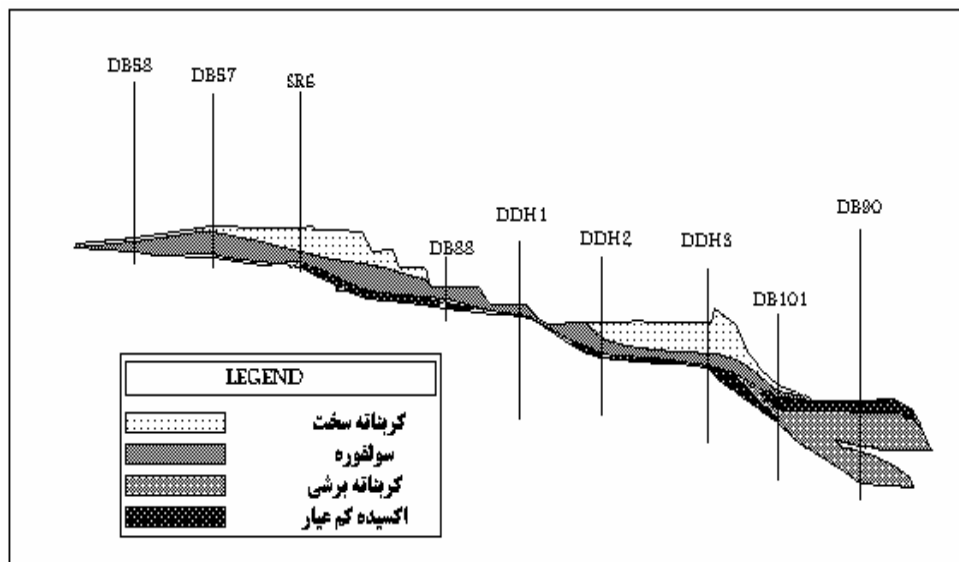
بدین ترتیب با توجه به گستردگی کانسار تعداد 13 مقطع شمالی جنوبی و 10 مقطع شرقی غربی از کانسار در فواصل 50 متری از هم تهیه شد. در شکل 2 شبکه مقاطع تهیه شده بر روی شکل ماده معدنی از بالا تصویر شده است. لازم بذکر است این فواصل با توجه به شبکه اکتشافی اصلی معدن که به صورت 50×50 متر مربع می باشد تعیین شده است. شکل 3 نمایش مقطع 1000 N را نشان می دهد.



شکل 1 - نمای سه بعدی از ترکیب چهار فایل ورودی نرم افزار Datamine



شکل 2 - شبکه مقاطع تهیه شده بر روی تصویر ماده معدنی از بالا



شکل 3 - مقطع 1000 N (شرقی- غربی) ترسیم شده در نرم افزار Datamine

د - مثلث بندی مقاطع و تعیین حجم مدل

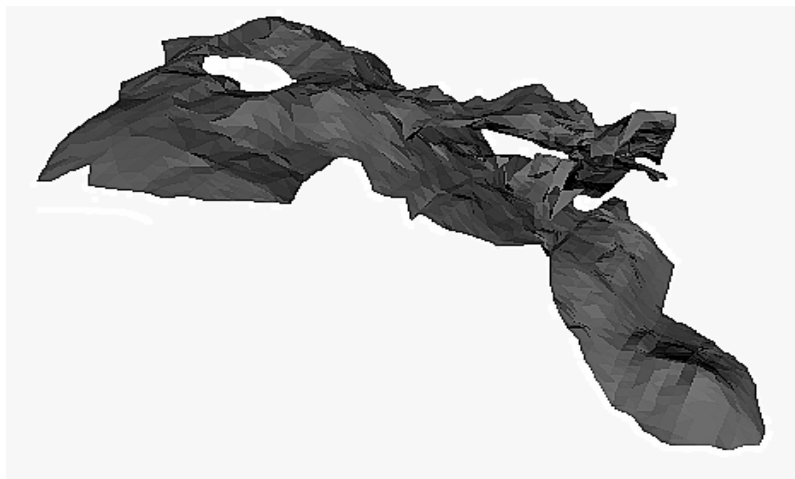


برای تهیه مدل ابتدا لازم است هر یک از بخشها به صورت یک مدل سیمی مجزا تهیه شوند. بنابراین با جداسازی فایل مقاطع بر اساس رنگ، بخشهای زمین شناسی به صورت 8 فایل سیمی مجزا تهیه شده است. در مرحله بعد با مثلث بندی تک تک بخشها هر بخش به صورت یک پوسته تو خالی (Wirefram Model) به نمایش گذاشته می شود که حجم آن قابل محاسبه است. در شکل 4 نمایشی از مثلث بندی بخش کربناته برشی آمده است.

ه - بلوک بندی مدل

یک مدل زمین شناسی از یکسری بلوکهای منظم یا غیر منظم تشکیل شده است که به هر کدام خصوصیتی از قبیل عیار، نوع سنگ و کدهای مشخصاتی دیگر نسبت داده شده است. این بلوکها می توانند اشکال مختلفی داشته باشند از قبیل چند ضلعی، مربعی، نامنظم، سطوح محاسبه ای و مثلثی که امکان دارد در محل کامل نباشند [32].

بنابراین انواع گوناگونی از مدلهای بلوکی قابل تعریف است اما مدل بلوکی ثابت و منظم سه بعدی که در آن همه بلوکها دارای ابعاد مشابهی هستند از ساده ترین و متداولترین مدلهایی است که به کار می رود و به آن مدل دکارتی گفته می شود [11]. در این نوع مدل معمولاً ارتفاع قائم هر یک از بلوکها را برابر ارتفاع پله های معدن می گیرند و وجه افقی بلوکها غالباً مربع یا مستطیل شکل است.

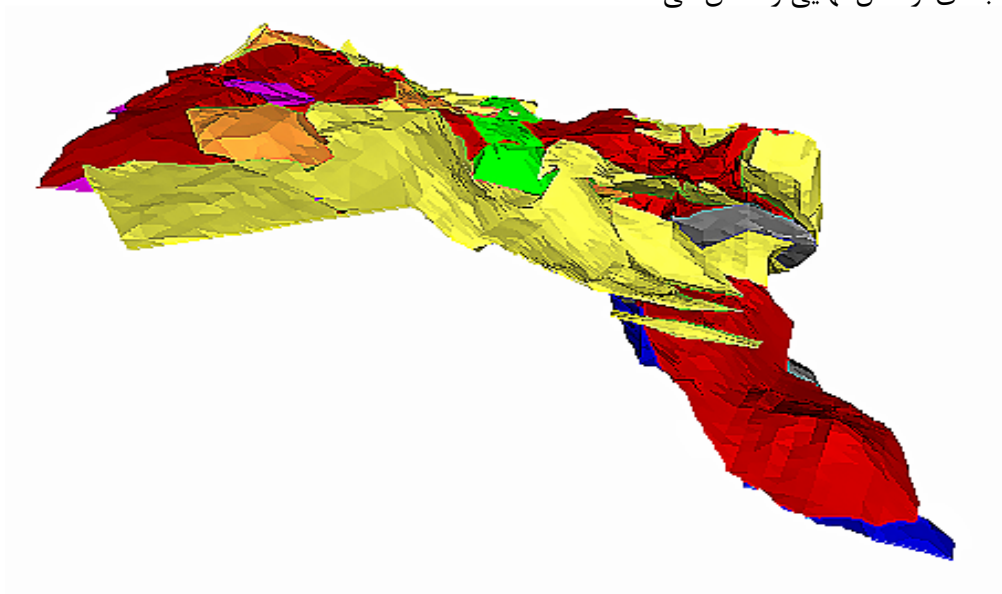


شکل 4 - نمایشی از مثلث بندی بخش کربناته برشی



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 می شود.

در برنامه تعریف شده برای بلوک بندی کانسار انگوران محدوده تعریف شده در جهات X و Y و Z به ترتیب $400 \times 1400 \times 1400$ می باشد. همچنین ابعاد بلوکها جهت مدلسازی $20 \times 20 \times 10$ انتخاب شده است. در اجرای دستور بلوک بندی از ریز بلوکهای $2 \times 2 \times 2$ نیز برای بالا بردن دقت بلوک بندی مناطق مرزی کانسار و قسمتهایی که فضا جهت قرار گرفتن مکعبهای $20 \times 20 \times 10$ کافی نیست استفاده شده است. بعد از بلوک بندی، بخشهای مختلف کانسار به ترتیب اولویت حجم به هم اضافه شده اند. شکل 5 نمای سه بعدی از مدل نهایی را نشان می دهد.



شکل 5 - نمای سه بعدی از مدل نهایی

و - فرآیندهای آماری

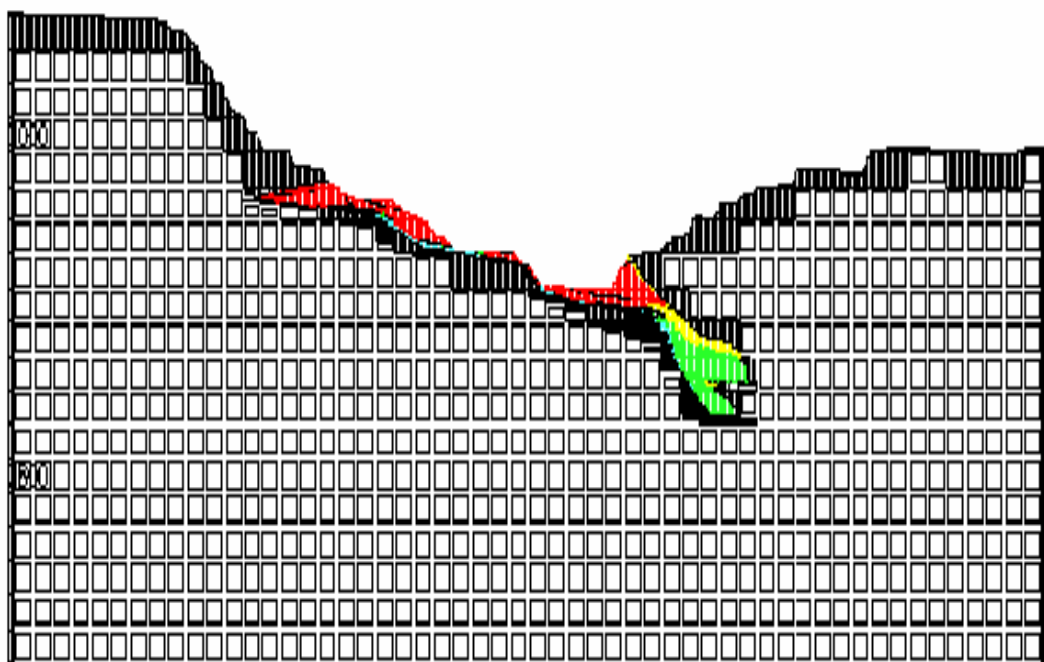
تا این مرحله مدل کانسار از قطعه هایی پر شده است که هر کدام دارای مشخصاتی از جمله مختصات مبدأ مدل، ابعاد بلوکها، مختصات مرکز ثقل بلوکها و ijk که رمزی است که برنامه مدلسازی به هر بلوک می دهد و



جهت شناسایی بلوک در داخل مدل مفید است، می باشند. در مرحله بعد برای عیاردار کردن بلوکها مجدداً از اطلاعات فایل اولیه استفاده شده است [11].
در این مرحله برای تخمین عیار از روش عکس مجذور فاصله استفاده شده است. شکل 7 یک مقطع بلوک بندی شده از ماده معدنی را نشان می دهد.

برآورد ذخیره

با توجه به نتایج به دست آمده از این مدلسازی، میزان ذخیره باقی مانده معدن انگوران 16/98 میلیون تن با عیار متوسط 25/92 درصد روی و 4/76 درصد سرب برآورد شده است. وضعیت تناژ ذخیره برای بخش‌های مختلف تعریف شده برای کانسار انگوران در جدول 1 آورده شده است [2].



شکل 6 - مقطع N 1000 از مدل بلوک بندی شده ماده معدنی

جدول 1- ذخیره بخشهای مختلف کانسار انگوران



ردیف	نوع سنگ	میزان ذخیره (تن)	سرب (درصد)	روی (درصد)
1	کم عیار	2110117	1/07	7/96
2	کالامین	1551642	0/96	31/09
3	کربناته نرم	628337.4	5/25	16/79
4	کربناته برشی	5498038	7/91	28/44
5	کربناته سخت	1353838	7/72	40/19
6	مخلوط سولفور و کربناته	1732429	7/2	34/46
7	سولفور	3002221	3/4	41/57
8	شیست مینرالیزه	1109151	1/78	14/37
9	جمع کل	16985773	-	-

نتایج بدست آمده



گمانه های اکتشافی کانسار انگوران به غیر از منطقه کوچکی در قسمت جنوب غرب با آرایش مربعی به فواصل 50 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 دسته های مناسب کافی نیست، چنانچه بخش اکسیده کانسار به دلیل نامنظم بودن تغییرات ظاهری شدیدی را در فواصل بسیار نزدیک از خود نشان می دهند. 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، مثلث ها به هم برخورد کرده و مدلی حاصل نمی شد. البته جهت رفع این مشکل می توان از یکسری خطوط که اصطلاحاً تگ (Tag) نامیده می شوند بعضی از موارد را برطرف نمود اما این کار نیازمند قضاوت صحیح زمین شناسی است و همیشه منتج به راه حل صحیح نمی شود. در این خصوص لازم است با بازنگری 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 بررسی های آماری چگالی مناسب برای حفاریهای اکتشافی تعیین شده و حفر گمانه در نقاط مورد نیاز انجام شود.

نتیجه گیری کلی

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

جهت انجام این مطالعات در ابتدا اطلاعات گمانه ها، توپوگرافی و مقاطع عمودی و افقی از معدن اخذ و تمام فرآیندهای محاسباتی لازم، توسط نرم افزار Datamine انجام گرفته است. با توجه به اینکه توده معدنی انگوران دارای پراکندگی عیاری زیادی می باشد کانسار از نظر زمین شناسی به 8 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 17 میلیون تن با عیار متوسط 25/92 درصد روی و 4/76 درصد سرب می باشد.

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 صمیمانه سپاسگزاری می نمایند.

منابع

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