

تهیه مدل کانسار معدن گل‌بینی ۸ از معادن بوکسیت جاجرم به وسیله نرم افزار DATA MINE

محسن جمشیدی^۱، عباس دفتری بشلی^۲، روح الله احمدی^۱

۱. دانشکده معدن و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

Email: msn_Jamshidi@yahoo.com

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی استخراج معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات

چکیده

به منظور طراحی معدن، در ابتدا باید مراحل طراحی بررسی شود و آنگاه هر یک از عناصر موثر در طراحی به طور جداگانه مد نظر قرار گیرد. وقتی که عناصر به حالت مجزا بررسی شد، آنگاه می‌توان آنها را به حالت تلفیقی در نظر گرفت و مراحل پیچیده تر طراحی را دنبال کرد. شناسایی و تعیین شکل کانسار در امر طراحی معدن و انتخاب روش استخراج امری پر اهمیت و تاثیر گذار است. در گذشته تهیه مدل سه بعدی از کانسار امری مشکل، پیچیده و وقت‌گیر بود ولی امروزه با پیشرفت تکنولوژی، نرم افزارهای مختلفی تهیه شده است که با استفاده از آنها می‌توان مدل کانسار را با دقت و سرعت مناسب تهیه کرد. یکی از پرکاربردترین این نرم افزارها در امر تهیه مدل کانسار و مدل بلوکی، نرم افزار DATAMINE است. در این مقاله با استفاده از این نرم افزار طراحی معدن گل‌بینی ۸ از معادن بوکسیت جاجرم صورت گرفته که شامل مدل سه بعدی کانسار و سطح زمین، مدل بلوکی کانسار و باطله، نمایش گمانه‌های اکتشافی و ... می‌باشد.

کلمات کلیدی: مدل کانسار، طراحی معدن، نرم افزار DATAMINE، مدل بلوکی

Production The Orebody Model Of Golbini No.8 Of Jajarm Bauxite Mine By DATAMINE Software

Mohsen Jamshidi, Abbas Daftari Besheli, Rohollah Ahmadi

In order to designing a mine, it's important that the mine engineer know the shape of orebody. By achieving the orebody mode the mine engineer can do the other part of mine design. In past, creating the model of deposit was a really time consuming and hard work to do but now there are some software that developed for this purpose, one of these software that find extensive use is DATAMINE. This software produced by MICL Company. In this research the deposit model of Golbini No.8 of Jajarm bauxite mine produced by DATAMINE software that contain the block model, 3D model of deposit, exploration boreholes and

۱- مقدمه

تخمین صحیح شکل، موقعیت، اندازه و مشخصات مواد سنگی قابل استخراج، به منظور برنامه‌ریزی مالی و تکنیکی معادن امری حیاتی می‌باشد. از طریق مدل‌سازی شکل و خواص مواد موجود در ذخیره معدنی و نمایش نتایج آن در قالبی که به راحتی در

* تهران، میدان رسالت، خیابان هنگام، خیابان فرجام شرقی، پلاک ۵۷، واحد پنجم

دسترس مهندسیین طراح معدن قرار بگیرد می توان این امر را محقق نمود. مدل، بیان کننده توصیفی از یک واقعیت است که بر مبنای اندازه گیری های ثبت شده و یا مشاهدات دیگر می باشد و می تواند برای پیشگویی اندازه گیری ها یا مشاهدات آینده استفاده شود. هدف از ساخت یک مدل زمین شناسی تعیین عیار، مرزها و ساختارهای مختلف زمین شناسی است. نوع، صحت و دقت مدل های زمین شناسی ساخته شده بستگی به نوع و میزان اطلاعات در دسترس دارد [۱].

نرم افزار DATAMINE بدون شک یکی از مطرح ترین نرم افزارهای معدنی موجود در جهان است که در بیش از ۴۰ کشور در زمینه های مختلف معدنکاری مورد استفاده قرار می گیرد. برای اولین بار نرم افزار DATAMINE در سال ۱۹۸۱ توسط یک شرکت سازنده نرم افزارهای معدنی به نام MICL به زبان برنامه نویسی فرترن تهیه شد. از مهم ترین زمینه های کاربرد این نرم افزار می توان به کارهای اکتشافی، زمین شناسی، ژئوشیمی، نقشه برداری، مدلسازی توده معدنی (مدل بلوکی، مدل وایرفریم)، طراحی معادن روباز و زیرزمینی، برنامه ریزی تولید برای معادن، کنترل تولیدات روزانه معادن و ... اشاره کرد [۲]. برای تهیه این مدل معمولاً پس از تنظیم اطلاعات اکتشافی حاصل از گمانه ها، مقاطعی به صورت عرضی، طولی و افقی در فواصل منظم از هم تهیه می شوند. سپس با متصل کردن این مقاطع شکل سه بعدی ماده معدنی به صورت یک پوسته توخالی به دست می آید. در مرحله بعد این پوسته ها توسط بلوک هایی با ابعاد منظم پر می شوند.

۲- مشخصات عمومی کانسار و منطقه

معدن بوکسیت جاجرم در استان خراسان شمالی و در ۱۹ کیلومتری شمال شرق شهرستان جاجرم قرار دارد. شهرستان جاجرم از طریق جاده آسفالت به شهرستان بجنورد - در فاصله ۱۷۵ کیلومتری شمال شرق - متصل می شود. راه آهن تهران - مشهد از ۳۵ کیلومتری جنوب جاجرم و از دشت جوین عبور می کند و کارخانه تولید آلومینا از طریق یک خط آهن فرعی به این راه آهن متصل می شود.

جمعیت شهرستان جاجرم حدود ۴۰۰۰۰ نفر است. آب و هوای دشت جاجرم کویری بوده به طوری که در زمستان هوای منطقه سرد و خشک و در تابستان گرم می باشد. حداقل دمای هوا ۶/۵- و حداکثر آن ۳۶/۵ درجه سانتی گراد است. میزان بارندگی سالیانه منطقه ۱۷۹/۷ میلی متر بوده و میزان رطوبت نسبی منطقه حداکثر ۸۴ و حداقل ۴ درصد می باشد. جهت وزش بادهای منطقه عمدتاً از سمت غرب، شمال غرب و شمال شرق است [۳].

این معدن با ذخیره ای معادل ۲۰/۷ میلیون تن بوکسیت سخت با عیار ۴۳/۶۷ درصد آلومینا (Al_2O_3) و ۱۴/۴۹ درصد سیلیس (SiO_2)، بزرگ ترین معدن بوکسیت ایران محسوب می شود. به دلیل عملکرد گسل های امتداد لغز لایه های مختلف در منطقه از جمله بوکسیت، تداوم اولیه خود را از دست داده و کل مجموعه معدنی به دوازده بلوک کاملاً مجزا تقسیم شده است، بطوریکه تعداد هشت بلوک به نام گل بینی و چهار بلوک دیگر زو نامگذاری شده اند. استخراج از این معادن (بلوک ها) به روش های سطحی و زیرزمینی صورت می گیرد [۴].

۳- زمینه های کاربرد نرم افزار DATAMINE

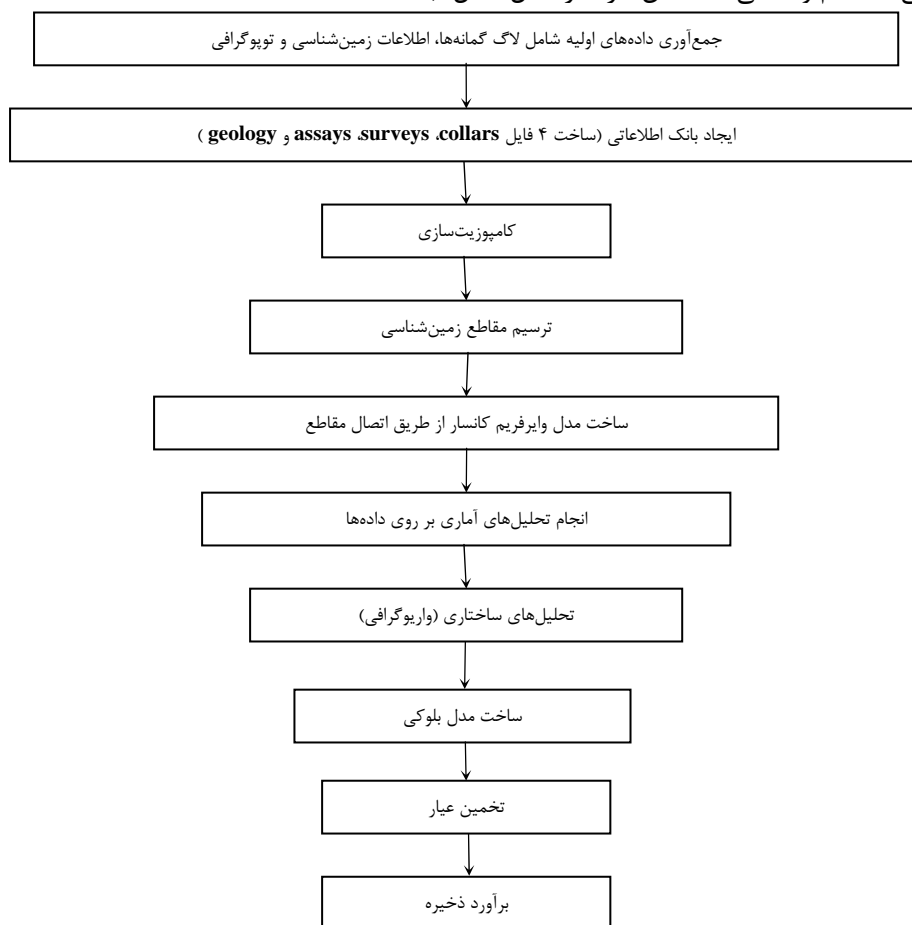
در تهیه اغلب نرم افزارهای معدنی زبان برنامه نویسی خاصی به کار برده شده است. اما در نرم افزار DATAMINE از روش چند زبانه در تهیه دستورات برنامه و ایجاد فرآیندها استفاده شده است که این عامل موجب افزایش زمینه های کاربردی آن شده است [۵]. این برنامه کاربردهای زیادی در کارهای زمین شناسی، اکتشافی و استخراجی دارد که در ذیل به آن ها اشاره شده است [۶].

- اکتشاف و زمین آمار
- مدلسازی کانسار
- طراحی معادن روباز
- استفاده از برنامه های بهینه سازی در طراحی معادن روباز
- تهیه طرح کوتاه مدت معادن روباز

- نقشه برداری معدن
- طراحی معادن زیرزمینی
- برنامه ریزی تولید
- تصویرسازی

۴- نحوه ساخت مدل زمین شناسی توسط نرم افزار DATAMINE

در حالت کلی روند ساخت یک مدل زمین شناسی توسط نرم افزار DATAMINE به ۱۰ مرحله قابل تفکیک است. شکل ۱ فلوچارت مراحل مدل سازی کانسار در نرم افزار DATAMINE را نشان می دهد. یک مدل زمین شناسی از یک سری بلوک های 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 بلوک ها می توانند اشکال مختلفی داشته باشند، از قبیل چندضلعی، مربعی، نامنظم و مثلثی که امکان دارد در محل کامل نباشند.



شکل ۱- فلوچارت مراحل مدل سازی کانسار در نرم افزار DATAMINE [۲]

۵- مراحل ساخت مدل هندسی معدن زو ۳

۵-۱- تهیه بانک اطلاعاتی

بر اساس اطلاعات بدست آمده از گمانه های اکتشافی و تهیه لاگ از این گمانه ها واحد های سنگی و زون های مختلف باطله و ماده معدنی مشخص می شود که در تهیه مدل ماده معدنی در مقاطع مختلف زمین شناسی استفاده می شوند. همچنین بر

اساس آنالیزهای آزمایشگاهی درصد Al_2O_3 و SiO_2 در نمونه های اکتشافی تعیین شده و ذخیره قابل استخراج بر اساس عیار حد تعیین می شود. عیار حد مورد قبول برای کارخانه آلومینای جاجرم $Al_2O_3 > 40\%$ و $SiO_2 < 15\%$ می باشد.

۵-۲- وارد کردن داده ها

اولین گام در تهیه مدل بلوکی برای طراحی معدن آماده سازی و وارد کردن این اطلاعات به نرم افزار است. اطلاعات گمانه ها باید در چهار فایل به نام های Collar، survey، assay و Lithology و اطلاعات مربوط به توپوگرافی در فایلی به نام Contour ذخیره شده تا قابل خواندن برای نرم افزار باشند.

داده های ورودی نرم افزار عبارتند از:

- مختصات دهانه (Collar):

این فایل شامل مختصات دهانه هر یک از گمانه های اکتشافی است.

- عیار سنجی (Assay):

اطلاعات این فایل شامل شماره گمانه ها، طول قسمت های آنالیز شده و عیار عناصر و کانی های مهم کانسار می باشد.

- سنگ شناسی (Geology):

این فایل شامل اطلاعات نوع سنگ در طول های مختلف گمانه، شماره و طول قسمت های آنالیز شده می شود.

- نقشه برداری (Survey):

برای بدست آوردن مختصات گمانه هایی که به طور مایل حفر شده اند از این فایل استفاده می شود که شامل شیب و آزیموت گمانه ها می باشد.

- توپوگرافی (Topography):

برای مشخص شدن سطح زمین و توپوگرافی منطقه و موقعیت ماده معدنی نسبت به آن این فایل به نرم افزار معرفی می شود. این فایل در نرم افزارهایی مثل AutoCAD یا Surfer تهیه می شود.

نمونه هایی از این فایل ها در جداول ۱ تا ۴ آورده شده است.

جدول ۱- نمونه فایل Collar برای معدن گل بینی ۸

BHID	X	Y	Z
40	1461.700	4101265.000	459727.000
41	1474.100	4101210.000	460203.000
45	1468.600	4101256.000	460199.000
46	1445.500	4101336.000	459740.000

جدول ۲- نمونه فایل Assay برای معدن گل بینی ۸

BHID	FROM	TO	AL2O3 (%)	SiO2 (%)
Tg-1	35.70	36.30	34.60	35.28
Tg-1	36.30	37.00	53.11	11.97
Tg-1	37.00	37.65	33.65	10.59
Tg-1	37.65	38.40	50.14	8.20

جدول ۳- نمونه فایل Geology برای معدن گل بینی ۸

BHID	FROM	TO	ROCK
40	4.10	0.00	1
40	7.90	4.10	1
40	40.30	7.90	3
40	43.30	40.30	3

جدول ۴- نمونه فایل Surveys برای معدن گل بینی ۸

BHID	DIP	BRG
40	90	0
41	61	197
45	90	0
46	90	0

پس وارد کردن اطلاعات و ترکیب آنها گمانه ها و سطح توپوگرافی منطقه مدل سازی می شوند.

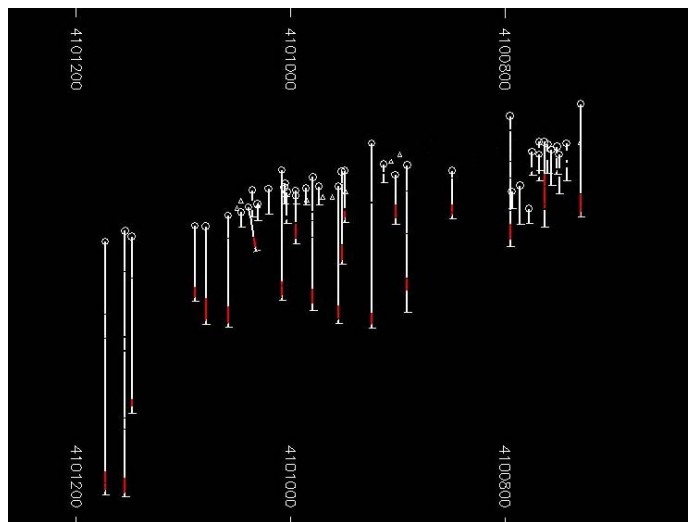
۵-۳- کامپوزیت کردن داده ها

یکی از مراحل اصلی در طراحی معدن استفاده از فایل Assay و ایجاد نمونه های ترکیبی از نمونه های موجود در این فایل می باشد. با این عمل نمونه ها هم وزن می شوند و همچنین تعداد نمونه ها کاهش می یابد. برای Composite کردن طولی در نظر گرفته می شود که معمولاً برابر ارتفاع پله است.

برای این کار با توجه به ارتفاع پله (H) که ارتفاع هر Level هم می باشد، با استفاده از فرمول ۱ عیار متوسط هر Level مشخص می شود.

$$g = \frac{\sum l_i g_i}{\sum l_i} \quad (1)$$

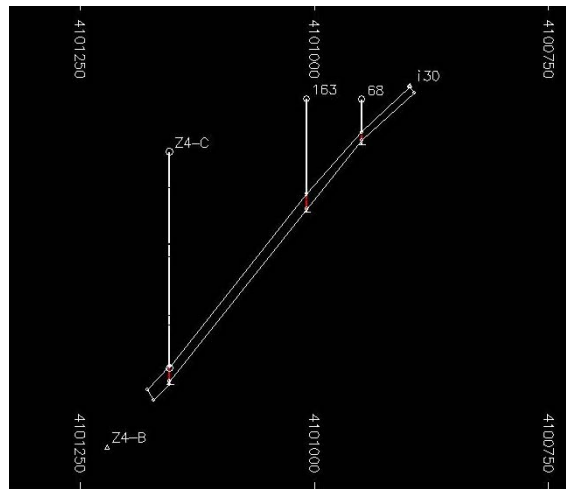
با انجام این مرحله فایل ترکیبی حاصل از ۴ فایل ورودی به دست می آید و در واقع ترکیب کردن موجب از بین رفتن تغییر پذیری در مقیاس کوچک می شود و این همان چیزی است که موجب نوعی منظم سازی می شود. در عملیات ترکیب کردن طول معینی از داده های خام مغزه ها، میانگین گیری شده و به ازای آن طول ثابت یک عدد که میانگین عیار در همان فاصله است، به دست می آید. در واقع عمل ترکیب کردن معادل یک نوع میانگین گیری متحرک است که پنجره آن طول ثابتی از مغزه می باشد. دز شکل ۱، کامپوزیت حاصل از داده های ورودی نشان داده شده است.



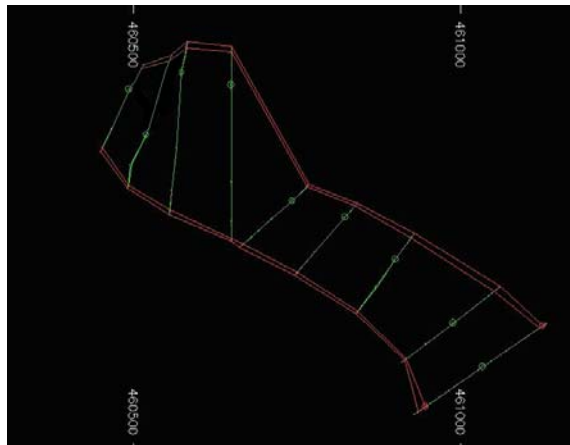
شکل ۲- نمایشی از کامپوزیت گمانه ها در معدن گل بینی ۸

۵-۴- ایجاد مقاطع عرضی به منظور مدل سازی ماده معدنی

پس از ساخت فایل کامپوزیت مربوط به گمانه ها برای تشکیل مدل عمومی کانسار لازم است در راستاهای مختلف مقاطعی تهیه شود و مدل ماده معدنی در هر مقطع با استفاده از استرینگ ها (String) مشخص شود. استرینگ خطی است که در هر مقطع از اتصال نقاط به خصوصیات یک سان به دست می آید. سپس در مرحله بعد با اتصال این استرینگ ها کل محدوده کانسار مدل سازی می شود. نمونه ای از این مقاطع در شکل ۲ نشان داده شده است. پس از ترسیم استرینگ ها در همه مقاطع، انتهای این رشته ها را با استفاده از Tag String به هم متصل کرده تا محدوده کانسار مشخص شود (شکل ۳).

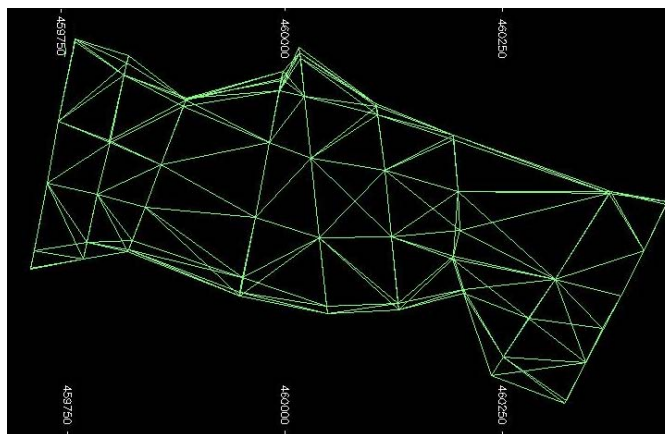


شکل ۳- تعیین زون بوکسیتی در مقاطع مختلف به کمک استرینگ

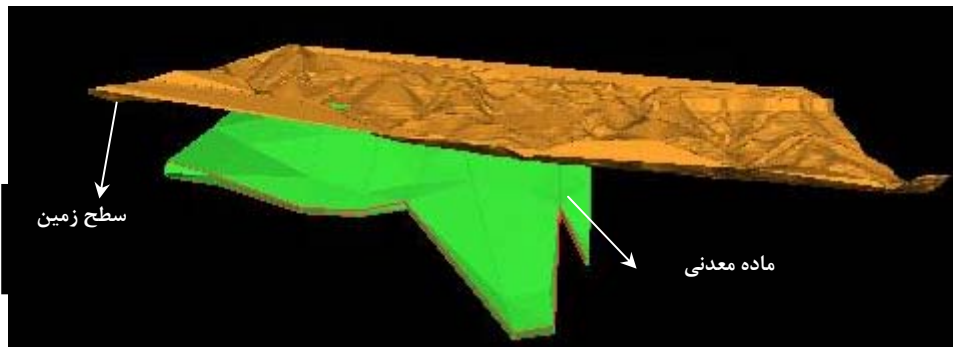


شکل ۴- اتصال استرینگ‌ها در مقاطع مختلف و تعیین مدل کانسار

در مرحله بعد با مثلث‌بندی تک تک بخش‌ها هر بخش به صورت یک مثلث تو خالی (Wireframe) به نمایش گذاشته می‌شود که حجم آن قابل محاسبه است. در شکل ۴ نمونه‌ی این بخش آمده است و در شکل ۵ نمای DTM مدل کانسار و سطح زمین نشان داده شده است.



شکل ۵- اتصال استرینگ‌ها به هم و تشکیل Wireframe مدل

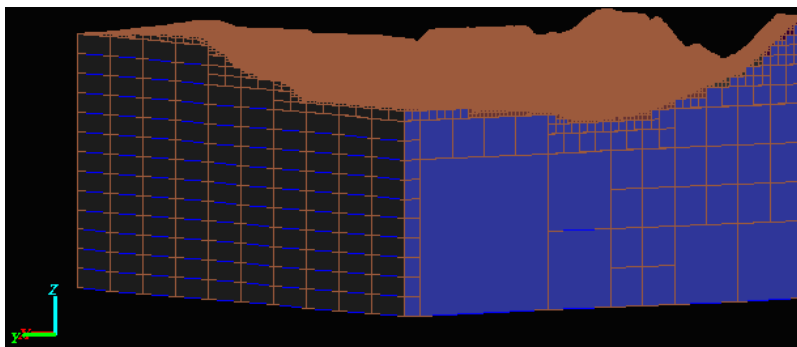


شکل ۶- نمایش سه بعدی از ماده معدنی و توپوگرافی سطح زمین در معدن گل‌بینی ۸

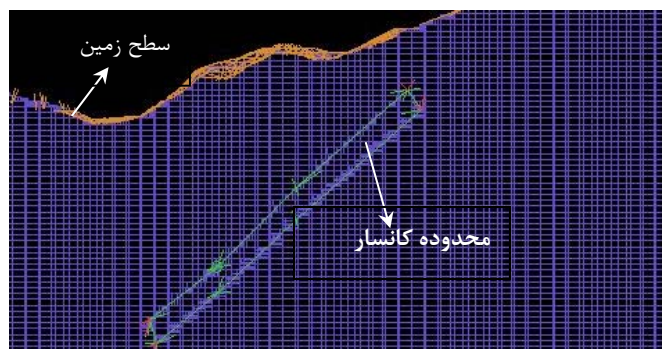
۵-۵- تهیه مدل بلوکی

مبنای کاربرد تکنیک‌های کامپیوتری برای برآورد عیار و تناژ، تهیه مدل سه بعدی کانسار به صورت مجموعه‌ای از بلوک‌ها می‌باشد. یک مدل بلوکی از یک سری بلوک‌های نامنظم یا منظم تشکیل شده است که به هر کدام خصوصیتی از قبیل عیار، نوع سنگ و کدهای مشخصاتی دیگر نسبت داده شده است. این بلوک‌ها می‌توانند اشکال مختلفی داشته باشند از قبیل چند ضلعی، نامنظم، سطوح محاسبه‌ای و مثلثی. اما از ساده‌ترین و متداول‌ترین مدل‌هایی که به کار می‌رود مدل دکارتی است که معمولاً ارتفاع قائم هر بلوک را برابر ارتفاع پله‌های معدن در نظر می‌گیرد و وجه افقی بلوک غالباً مربع یا مستطیل شکل می‌باشد.

پس از تهیه پوسته تمامی بخش‌ها، لازم است هر کدام به طور مجزا بلوک‌بندی شوند. برای مدل نمودن هر بخش ابتدا لازم است یک مکعب که در برگیرنده کل محدوده ماده معدنی است، تعریف شود. در مرحله بعد این مکعب به بلوک‌های کوچک‌تر در سه جهت تقسیم می‌شود. با تشکیل مدل بلوکی می‌توان عیار مربوط به هر بلوک را مشخص کرد [۷]. پس از ساخت مدل بلوکی محدودیت‌هایی از قبیل مدل ماده معدنی و توپوگرافی را به مدل بلوکی اعمال می‌کنیم (شکل ۶).



شکل ۷- نمایشی از مدل بلوکی پس از اعمال محدودیت توپوگرافی در معدن گل‌بینی ۸



شکل ۸- مقطع عرضی از بلوک‌ها در داخل زون بوکسیتی معدن گل‌بینی ۸

در معادن بوکسیت جاجرم با توجه به نوع سنگ استخراج صورت می‌گیرد، عیار خوراک کارخانه به صورت $Al_2O_3 > 40\%$ و $SiO_2 < 15\%$ تعریف می‌شود و بوکسیت سختی که دارای این شرایط باشد به کارخانه منتقل می‌گردد و اگر عیار آن از عیار حد کمتر باشد به دپوی بوکسیت کم عیار حمل می‌شود و این به این معناست که تمامی بوکسیت سخت در این معدن استخراج خواهد شد.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در طراحی معادن با توجه به حجم محاسبات بالا، استفاده از کامپیوتر باعث سرعت بیشتر در ذخیره کردن اطلاعات، پردازش اطلاعات و استفاده مجدد از آن‌ها می‌گردد که این باعث به کارگیری روزافزون کامپیوتر و نرم‌افزارهای معدنی در بخش‌های مختلف مهندسی معدن شده است.

پیت‌هایی که با روش‌های کامپیوتری تعیین می‌شوند، با توجه به اینکه در قیاس با روش دستی حجم زیادتری از اطلاعات را در طراحی از جمله در تعیین محدوده نهایی پیت مورد ارزیابی قرار می‌دهند، ضمن آن‌که با شرایط واقعی تطبیق بیشتری دارند از ارزش اقتصادی بالاتری نیز برخوردارند.

نرم‌افزار DATAMINE یکی از نرم‌افزارهای پرکاربرد در زمینه‌ی طراحی معدن است که با استفاده از آن امر تهیه مدل کانسار و تعیین مدل بلوکی بسیار تسریع می‌شود. با استفاده از مدل کانسار تهیه شده از معدن گل‌بینی ۸، ذخیره کانسار معادل ۲۷۹۵۶۲ تن برآورد شده است.

۷- مراجع

[۱] Sides, E.J; 1997; *Geological modeling of mineral deposits for prediction in mining*; Geol Roundish 86; pp: 342-353.

[۲] www.datamine-studio.com

[۳] شرکت ایتوک ایران؛ ۱۳۷۹؛ گزارش مطالعات فنی - اقتصادی معدن بوکسیت جاجرم؛ جلد اول؛ زمین‌شناسی و اکتشاف.

[۴] شرکت ایتوک ایران؛ اسفند ۱۳۸۱؛ گزارش محاسبه ذخیره قابل استخراج؛ اختلاط مواد و برنامه‌ریزی تولید معادن روباز و زیرزمینی جاجرم

[۵] Collins J.L; 1995; *Evaluating pit designs through DATAMINE-GUIDE mining software*; International Journal of Surface Mining; Reclamation and Environment; pp: 121-124

[۶] Mineral Industries Computing Limited; 1998; *DATAMINE Reference Manuals User Guides and Tutorials*; Edition 3.5.

[۷] کشمیری، بانو؛ ۱۳۸۳؛ کاربرد نرم‌افزار Datamine در برآورد ذخیره کانسار انگوران؛ مجموعه مقالات اولین کنفرانس مهندسی معدن ایران؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ صفحات ۲۷۶ تا ۵۳۷.