

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	فصل اول - کلیات
۲	۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی
۳	۲-۱- زمین‌شناسی عمومی چاه‌پلنگ شمالی
۶	۳-۱- جمع‌آوری داده‌های اولیه اکتشافی
۸	۴-۱- ساماندهی و پردازش داده‌های اکتشافی

فصل دوم - مدلسازی هندسی کانسار

۱۵	۱-۲- مقدمه
۱۵	۲-۲- مدلسازی سه‌بعدی توپوگرافی
۱۷	۳-۲- مدلسازی حفریات اکتشافی
۲۰	۴-۲- مدلسازی دوبعدی کانسار (ترسیم مقاطع)
۲۳	۵-۲- مدلسازی سه بعدی کانسار
۲۹	۶-۲- برآورد حجم و تناژ کانسار

فصل سوم - مطالعات آماری

۳۵	۱-۳- مقدمه
۳۵	۲-۳- محاسبه و تحلیل پارامترهای آماری

فصل چهارم - برآورد ذخیره

۳۹	۴-۱- مقدمه
۳۹	۴-۲- انتخاب روش تخمین ذخیره
۴۰	۴-۳- بلوک‌بندی کانسار
۴۰	۴-۳-۱- تعیین فضای تخمین
۴۲	۴-۳-۲- تعیین ابعاد بلوکها
۴۳	۴-۳-۳- تعیین شعاع جستجو
۴۴	۴-۳-۴- تعیین حداقل و حداکثر نقاط کنترلی تخمین
۴۴	۴-۳-۵- تعیین وزن نقاط کنترلی در تخمین نقطه مورد تخمین
۴۵	۴-۳-۶- تعیین داده‌های مورد نظر در تخمین
۴۶	۴-۴- فرآیند بلوک‌بندی و برآورد ذخیره
۵۰	۴-۵- اعتبارسنجی مدل متقابل براساس شرایط تخمین
۵۱	۴-۶- برآورد ذخیره بر مبنای عیار حدهای فرضی

فصل پنجم - نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵۳	نتیجه‌گیری
----	------------

فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲	شکل ۱-۱- راه دسترسی به محدوده چاه پلنگ
۴	شکل ۲-۱- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه
۵	شکل ۳-۱- ترانشه بزرگ آهن دار (دید از شمال به جنوب)
۶	شکل ۴-۱- نمونه کانسنگ آهن در کنار ترانشه اصلی
۱۰	شکل ۵-۱- موقعیت ترانشه و گمانه‌های حفر شده در محدوده کانسار پلی‌متال چاه پلنگ
۱۰	شکل ۶-۱- موقعیت ترانشه و گمانه‌های حفر شده بر روی لایه زمین‌شناسی
۱۳	شکل ۷-۱- نمونه‌ای از پایگاه اطلاعاتی گمانه‌ها - ساختار جدول <i>Lithology</i>
۱۶	شکل ۱-۲- مدل سه بعدی توپوگرافی محدوده کانسار پلی‌متال چاه پلنگ
۱۸	شکل ۲-۲- پروفیل نمایش عیار آهن (بر حسب درصد)
۱۹	شکل ۳-۲- موقعیت فضایی گمانه‌های حفر شده در محدوده کانسار پلی‌متال چاه پلنگ
۱۹	شکل ۴-۲- موقعیت فضایی ترانشه و گمانه‌های حفر شده در محدوده کانسار پلی‌متال چاه پلنگ
۲۰	شکل ۵-۲- موقعیت لایه زمین‌شناسی در محدوده کانسار پلی‌متال چاه پلنگ
۲۱	شکل ۶-۲- موقعیت نیمرخ اکتشافی
۲۲	شکل ۷-۲- مقطع حاصل از ترانشه ۶ و گمانه‌های ۶۶، ۶۸ و ۷۰
۲۴	شکل ۸-۲- نحوه ارتباط لایه زمین‌شناسی و مقطع
۲۵	شکل ۹-۲- مدل سه‌بعدی هندسی توده میانی پلی‌متال چاه پلنگ
۲۶	شکل ۱۰-۲- نحوه ارتباط مقاطع توده میانی
۲۶	شکل ۱۱-۲- مدل سه‌بعدی هندسی توده بالایی
۲۷	شکل ۱۲-۲- مدل سه‌بعدی توده معدنی پلی‌متال چاه پلنگ
۲۸	شکل ۱۳-۲- مدل سه‌بعدی توده معدنی پلی‌متال چاه پلنگ به همراه توپوگرافی
۳۰	شکل ۱۴-۲- گزارش برآورد حجم توده پایینی چاه پلنگ شمالی (اکسیده)

- ۳۱ شکل ۲-۱۵- گزارش برآورد حجم توده بالایی چاه‌پلنگ شمالی
- ۳۱ شکل ۲-۱۶- گزارش برآورد حجم توده میانی چاه‌پلنگ شمالی
- ۳۲ شکل ۲-۱۷- گزارش برآورد حجم توده معدنی چاه‌پلنگ شمالی
- ۴۲ شکل ۴-۱- تعیین فضای تخمین
- ۴۳ شکل ۴-۲- تعیین شعاع جستجو
- ۴۴ شکل ۴-۳- تعیین حداقل و حداکثر نقاط کنترلی تخمین
- ۴۵ شکل ۴-۴- تعیین حداقل عیار آهن برای تخمین عیار
- ۴۶ شکل ۴-۵- تعیین حداقل عیار منگنز برای تخمین عیار
- ۴۷ شکل ۴-۶- نحوه تخمین بلوکها از مدل سه‌بعدی کانسار
- ۴۷ شکل ۴-۷- مدل بلوکی حاوی عیار آهن
- ۴۸ شکل ۴-۸- مدل بلوکی حاوی عیار منگنز
- ۴۸ شکل ۴-۹- گزارش نتایج تخمین عیار آهن حاصل از بلوک‌بندی کانسار
- ۴۹ شکل ۴-۱۰- گزارش نتایج تخمین عیار منگنز حاصل از بلوک‌بندی کانسار
- ۵۱ شکل ۴-۱۱- گزارش نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل بلوکی کانسار
- ۵۲ شکل ۴-۱۲- روند تغییرات عیار متوسط تخمینی بر مبنای عیار حدهای فرضی

فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۱	جدول ۱-۱- فایل اطلاعاتی موقعیت دهانه ترانشه و گمانه‌ها
۱۱	جدول ۱-۲- فایل اطلاعاتی پیمایش ترانشه و گمانه‌ها
۱۱	جدول ۱-۳- فایل اطلاعاتی سنگ‌شناسی ترانشه و گمانه‌ها
۱۲	جدول ۱-۴- فایل اطلاعاتی آنالیز عیار آهن و منگنز ترانشه و گمانه‌ها
۳۴	جدول ۲-۱- نتایج برآورد حجم و ذخیره هر سه توده معدنی
۳۷	جدول ۳-۱- پارامترهای آماری حاصل از داده‌های عیار آهن
۳۷	جدول ۳-۲- پارامترهای آماری حاصل از داده‌های عیار منگنز

چکیده

محدوده اکتشافی پلی‌متال چاه‌پلنگ شمالی در محدوده‌ای به مختصات طول جغرافیایی $۵۴^{\circ}۲۳'۱۶''$ و عرض جغرافیایی $۳۳^{\circ}۰۵'$ واقع شده است. برای رسیدن به منطقه پس از طی ۱۱۰ کیلومتر از اردکان به سمت اصفهان در سمت راست با عبور از جاده خاکی به طول تقریبی ۱۵ کیلومتر به محدوده می‌رسیم.

مدلسازی توده معدنی بر اساس عملیات اکتشافی شامل حفر یک ترانشه و ۳ گمانه و نتایج عیار متوسط آهن و منگنز بخشهای حاوی ماده معدنی انجام شده است.

به منظور بررسی و تحلیل موقعیت فضایی توده دربرگیرنده ماده معدنی، مدل سه‌بعدی توپوگرافی و مدل هندسی سه‌بعدی کانسار تهیه شد.

با توجه به بررسیهای انجام شده، روش عکس مجذور فاصله برای تخمین عیار و ذخیره کانسار انتخاب شد.

به منظور بهره‌گیری از روش معکوس فاصله برای تخمین عیار متوسط و تناژ توده معدنی، مدل بلوکی آن بر اساس مدل سه‌بعدی هندسی توده معدنی تهیه شد.

به منظور بلوک‌بندی، نخست کل فضای تخمین تعیین می‌شود. سپس پارامترهای مؤثر برای تخمین شامل شعاع جستجوی ۹۹۹ متر، حداقل و حداکثر نقاط کنترلی تخمین، ۲ و ۱۲ و وزن فاصله ۲ در تخمین نقطه مورد تخمین تعیین می‌شود.

بعد از تخمین، حجم توده معدنی ۵۲۰۸۴۵۶ مترمکعب، تناژ کانسار بالغ بر ۱۸۲۲۹۶۰۰ تن و میانگین عیار آهن بلوکها، $۳۴/۱۸$ درصد و محتوای فلزی ۶۲۳۰۸۷۶ تن آهن برآورد شد. با توجه به میانگین عیار منگنز بلوکها، $۳/۰۳$ درصد، محتوای فلزی ۵۴۶۸۸۸ تن منگنز برآورد می‌شود.

با لحاظ این که یک سوم ذخیره هر سه توده معدنی در بخش اکسیده واقع شده است، کل میزان ذخیره اکسیده ۶۰۷۶۵۳۰ تن می باشد. بدین ترتیب میزان محتوای فلزی آهن در بخش اکسیده ۲۰۷۶۹۶۰ تن برآورد می شود.

تدوین برنامه‌ها و راهبردهای معدنکاری کشور می‌بایست هماهنگ با گرایشهای کلی صنعت معدنکاری جهانی صورت گیرد. با توجه به روند رو به رشد قیمت جهانی فلزات پایه، ضروری است که عملیات اکتشافی و معدنکاری فلزات پایه توسعه یابد.

تحقیق جاری مبتنی بر نتایج مطالعات اکتشاف تفصیلی مستند در گزارش شرکت *Technoexport* در کانسار پلی‌متال چاه‌پلنگ شمالی می‌باشد و بر این اساس مدل هندسی توده معدنی تهیه و میزان ذخیره آن برآورد شد.

مطالعات برآورد ذخیره مستلزم قضاوت‌های اساسی و در نظر گرفتن فرضیاتی در ارتباط با کیفیت نمونه و عیارسنجی و تفسیر ویژگیهای زمین‌شناختی بر اساس داده‌های محدود است. این نوشتار شامل مطالعات مدل‌سازی توده معدنی و برآورد ذخیره می‌باشد که در پنج فصل تنظیم شده است.

فصل اول شامل کلیات پروژه و اطلاعات اکتشافی جمع‌آوری و ساماندهی شده جهت انجام بررسیهای بعدی می‌باشد.

در فصل دوم مدل سه‌بعدی توپوگرافی ساختگاه و مدل دو و سه‌بعدی توده معدنی تهیه شده است.

در فصل سوم، ضمن تحلیل عملیات اکتشافی انجام شده، نتایج مطالعات آماری داده‌های حاصل از عملیات اکتشافی ارائه شده است.

با توجه به مدل هندسی کانسار روش برآورد ذخیره انتخاب و بر اساس سایر بررسیهای فنی، میزان ذخیره توده معدنی در فصل چهارم برآورد می‌شود.

فصل پنجم نیز مشتمل بر نتیجه‌گیری و پیشنهادها در خصوص مطالعات انجام شده است.

فصل اول

کلیات

۱- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی

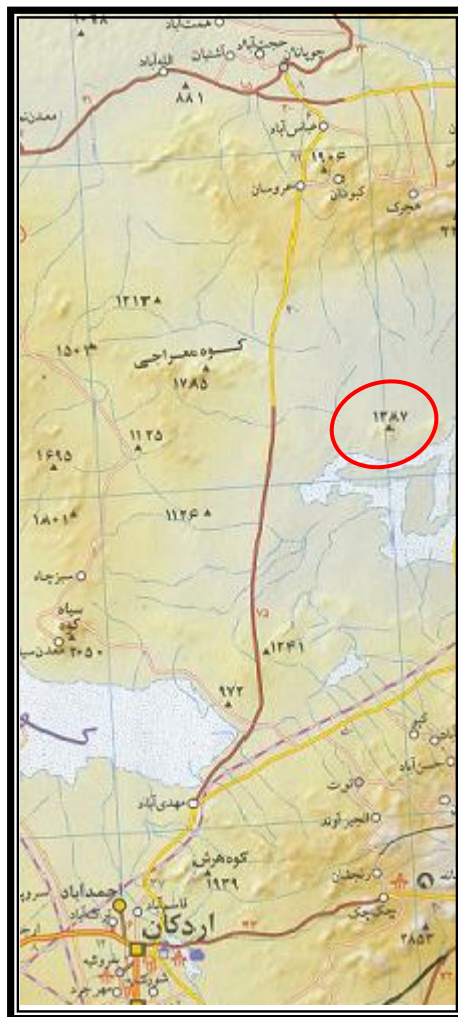
۲- زمین شناسی محدوده

۳- جمع آوری داده های اولیه اکتشافی

۴- ساماندهی و پردازش داده های اکتشافی

۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی

منطقه حدوداً در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرقی اردکان واقع شده و مختصات آن در طول جغرافیایی "۱۶°۲۳'۵۴" و عرض جغرافیایی "۰۵°۳۳" است. برای رسیدن به منطقه پس از طی ۱۱۰ کیلومتر از اردکان به سمت اصفهان در سمت راست با عبور از جاده خاکی به طول تقریبی ۱۵ کیلومتر به محدوده می‌رسیم (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۱- راه دسترسی به محدوده چاه پلنگ

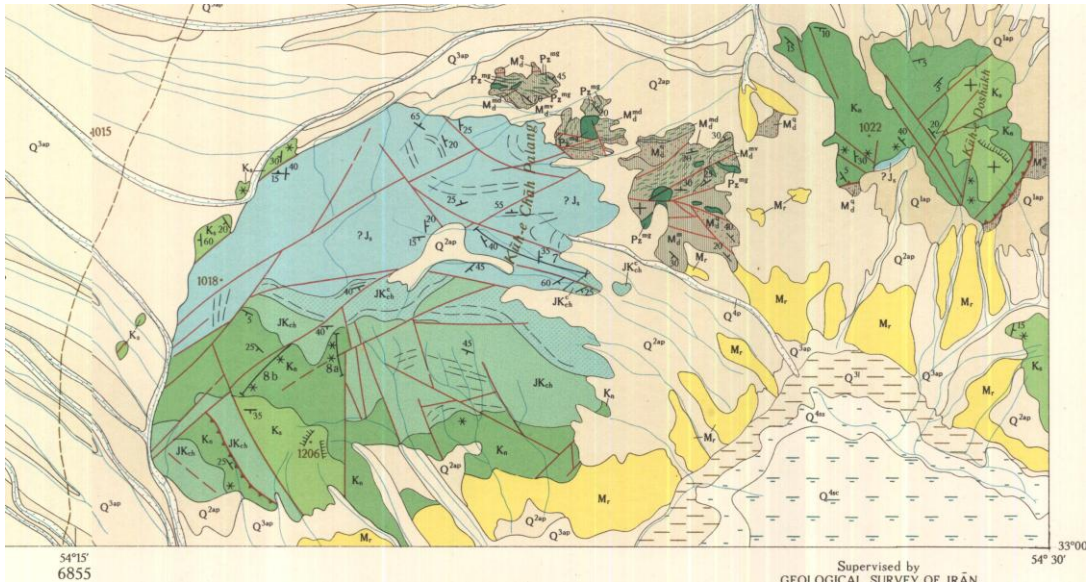
۱-۲- زمین شناسی عمومی چاه‌پلنگ شمالی

کانسار آهن چاه‌پلنگ شمالی در فاصله ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی انارک واقع شده و محدوده آن مرکب از سنگهای آتشفشانی- رسوبی دگرگون شده به سن پروتروزوئیک بالائی- پالئوزوئیک زیرین می‌باشد. کانسنگ آهن در نیمه بالائی این ترادف سنگی و همراه با سنگ درونگیر مرمری و دولومیتی حاوی سنگ های شیستی واقع شده است. ساختار منطقه در پیکر ناودیس کشیده‌ای با روند محوری تقریباً شرقی- غربی و پلانژ رو به شرق است که کانی سازی بصورت هم‌خواب با لایه‌بندی و نزدیک به بخش محوری این ناودیس قرار گرفته است.

شکل ۱-۲- نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

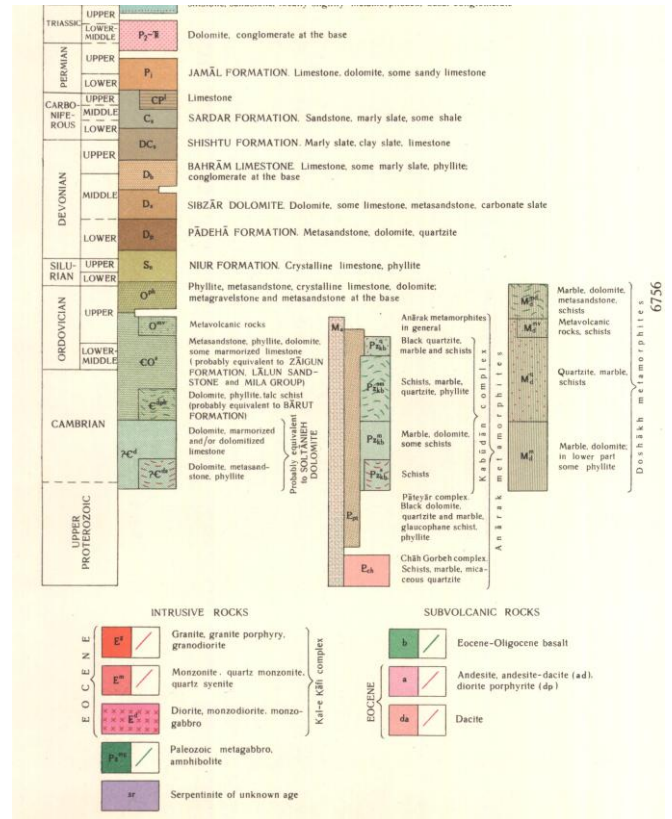
کانی سازی شامل ۳ زون کانه‌دار می‌باشد، زون های اول و دوم در پهلو شرقی کانسار و زون سوم در پهلو غربی کانسار واقع شده‌اند.

۱- زون اصلی یا زون اول در پیکر دو تپه کشیده و پیوسته با روند شرقی- غربی و ابعاد ۳۰۰ در ۷۰ متر بوده وافق کانه دار به موازات راستای تپه و باشیب رو به شمال، بر بلندای آن واقع شده است. این تپه به طور کامل از قطعات کانسنگ هماتیتی- مانیتیتی پوشیده شده و تنها در بخش شمالی آن مقادیری شیست رخنمون دارد. اطراف تپه نیز در اشغال نهشته های آبرفتی عهد حاضر می باشد. یک ترانسه طویل شمالی - جنوبی عمود بر روند کانی‌سازی بر روی آن دیده می‌شود و در ادامه ابتدا و انتهای این ترانسه تعدادی چاهک و چاه اکتشافی حفر شده است.



L E G E N D

QUATERNARY	Q ^{4a}	Q ^{4a} - Proluvial pebble gravel, clayey sand, Q ^{4b} - Takyr (clay flat) clayey sand, Kaxir, Q ^{4c} - Salinized clays sand, Q ^{4d} - Salinized sandy clay.	Recent sediments
	Q ^{3a}	Q ^{3a} - Low dashi alluvial-proluvial pebble gravel, sand, conglomerate, Q ^{3b} - Lake sand and clay, Q ^{3c} - Eolian sand	Young sediments
	Q ^{2a}	Q ^{2a} - Middle dashi alluvial-proluvial pebble gravel, clayey sand, conglomerate, Q ^{2b} - Lake sand and clay, Q ^{2c} - Eolian sand with gravel	Old sediments
	Q ^{1a}	High dashi alluvial-proluvial pebble gravel and sand (often with gypsum), conglomerate, gravelly sandstone	Oldest sediments
PLIOCENE	PI	Conglomerate, often unconsolidated, sandstone	
MIOCENE	M _r	Upper red formation. Clay, often with gypsum, marl, sandstone, conglomerate at the base	
	OM ₁	QOM FORMATION. Marl, interbeds of sandstone and gravelstone	
OLIGOCENE	O ₂	Conglomerate, marl with gypsum, sandstone, siltstone	
	O ₁	Sandstone, marl, conglomerate	
	O ₀	Boulder conglomerate, sandstone, lenses of gravelstone	
Eocene	Upper	E ₃	Dacite, rare andesite, their tuffs, conglomerate, often tuffaceous; basal conglomerate
	Middle	E ₂	Andesite and dacite, their tuffs, some trachyte
	Lower	E ₁	Andesite, trachyandesite, andesite-basalt, rare interbeds and lenses of tuff, sandstone, siltstone, limestone
DANIAN (SENONIAN)	Upper	K ₁	Farrokhi formation. Marl, limestone, sandstone
	Lower	K ₂	Haltoman formation. Limestone with rudists, some sandy limestone, sandstone, conglomerate
CRETACEOUS	Cenomanian-Turonian	K ₃	Marl, limestone
	Albian	K ₄	Organic-detrital limestone, sandy limestone, calcareous sandstone, conglomerate
	Aptian	K ₅	Bāzyāb formation. Marl, sandy limestone, sandstone, limestone
	Neogojian	K ₆	Shah Kūh formation. Orbitolina limestone with interbeds of argillaceous limestone and marl; in places sandstone and conglomerate at the base
JURASSIC		JK _{6a}	Noureh formation. Calcareous sandstone, sandy limestone, conglomerate in lower part, some limestone and marl
		JK _{6b}	Vari-coloured shale, siltstone and sandstone, often with ripple marks
	J ₁	Chāh Palang formation	
		J ₂	Conglomerate, gravelstone, sandstone
		J ₃	SHEMSHAK FORMATION. Clay slate, often carbonaceous, with interlayers of siltstone, sandstone; locally slightly metamorphosed; basal conglomerate



شکل ۱-۲- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

۲- زون دوم که در فاصله ۸۰۰ متری جنوب غربی زون اصلی واقع شده است، توسط تعدادی

تنه عدسی شکل باریک و صفحه ای شکل با شیب رو به شمال در سطح شناسایی می‌شود. بخشهای

شمالی زون کانه دار در اشغال میکروگابروهای دگرگونه و بخشهای جنوبی آن نیز مرکب از مرم‌های توده ای می‌باشد. چندین دایک دیابازی با روند شمال شرقی - جنوب غربی نیز در محل دیده می‌شود. ترانشه طویل با روند تقریبی شمالی - جنوبی نیز بر روی زون کانه دار حفر شده است. عدسی‌های کانه‌دار در این زون، به طور عمده مرکب از منیتیت و کمی هماتیت بوده و وزن مخصوص آنها حکایت از عیار بالای آهن در کانسنگ دارد.

۳- زون سوم در پهلوی غربی کانسار و در فاصله دو کیلومتری غرب زون دوم واقع بوده و شامل دو تنه باریک از کانسنگ حاوی هماتیت و مارتیت می‌باشد. کانسنگ اولیه منیتیتی توسط مقادیری پیریت و آرسنوپیریت همراهی می‌شود. زون کانه‌دار سوم نیز حاوی مقادیری منگنز در پیکر کانه‌های پیرولوژیت و منگانو سیدریت است. (اقتباس از گزارش زمین شناسی منطقه)



شکل ۱-۳ - ترانشه بزرگ آهن دار (دید از شمال به جنوب)



شکل ۱-۴- نمونه کانسنگ آهن در کنار ترانشه اصلی

۳-۱- جمع‌آوری داده‌های اولیه اکتشافی

استفاده مؤثر از فناوریهای پیشرفته در تحلیل اطلاعات زمین‌شناسی و اکتشافی نظیر مدلسازی هندسی و عیار کانسار، بهره‌وری اطلاعات و اطمینان بخشی نتایج اکتشافی را ارتقاء می‌دهد. در پاره‌ای موارد، امکانات زمانی و سرمایه‌ای اجازه می‌دهد که مراحل مختلف اکتشاف به طور منظم انجام شود ولی در بعضی موارد حد مشخصی بین مراحل مختلف اکتشاف وجود ندارد. همانطور که گفته شد، بررسی‌های زمین‌شناسی و اکتشافی (ژئوفیزیک اکتشافی) در محدوده کانسار پلی‌متال چاه پلنگ شمالی منجر به شناسایی سه زون معدنی در محدوده کانی‌سازی شده است. با توجه به کانه‌زایی و قابل بازیافت بودن آهن درگیر در زون اصلی، مطالعات مدلسازی و برآورد ذخیره توده معدنی چاه پلنگ شمالی بر ذخیره زون اصلی (شماره ۱) متمرکز است. مبنای مطالعات مدلسازی و برآورده ذخیره این توده معدنی اطلاعات زمین‌شناسی و اکتشافی، اطلاعات، اسناد و مدارک موجود در گزارش تهیه شده توسط شرکت *Technoexport* و مطالعات

ژئوفیزیکی شامل مغناطیس‌سنجی و روشهای IP , RS انجام شده توسط گروه ژئوفیزیک مدیریت خدمات اکتشاف در سال جاری می‌باشد.

بر این اساس زون اصلی ماده معدنی در یک تپه هموار به طول ۷۰ تا ۳۰۰ متر قرار گرفته است. مطالعات ژئوفیزیک گستره حدوده ۸۰۰ متری ماده معدنی را تأیید می‌کند که لایه در عمق به سمت شرق باریک می‌شود و به سمت غرب عریضتر شده و ناگهان محو می‌شود.

این زون در بخش مرکزی متشکل از سه توده معدنی شامل توده های زیر است:

۱- توده بالای ۲۰ متر

۲- توده میانی ۴۰ متری که با افزایش عمق ضخامت آن ثابت است.

۳- توده پایینی ۱۲ متری که ضخامت به سمت پایین کاهش می‌یابد به طوری که در عمق

۱۲۵ متری به ۳ متر می‌رسد.

انتقال کانسنگ اولیه و اکسیده تدریجی است. مرز زون اولیه و ثانویه در اعماق ۵۵ تا ۸۰ متر واقع است.

در هر حال، فعالیتهای اکتشافی انجام شده در محدوده زون اصلی کانسار پلی‌متال چاه پلنگ

شمالی شامل موارد زیر است:

- تهیه نقشه زمین‌شناسی
 - انجام اکتشافات سطحی
 - برداشت ژئوفیزیکی شامل مغناطیس‌سنجی و IP , RS با هدف کسب اطلاعات بیشتر از تغییرات و گسترش ماده معدنی در عمق
 - حفر یک ترانشه به طول بیش از ۴۰ کیلومتر مربع در جهت عمود بر رگه
 - حفر ۳ گمانه به متر اژ کلی ۵۲۰ متر بر اساس تلفیق نتایج برداشتهای زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی
- مطالعات مدلسازی تا عمق ۲۰۰ متری انجام شده است.

با توجه به شکل لایه زمین‌شناسی رخنموندار و بررسی نتایج برداشت ترانشه و لاگینگ گمانه‌های حفر شده بر روی توده معدنی، می‌توان دریافت که شیب توده معدنی عیاردار به طور تقریبی ۶۰ درجه به سمت شمال می‌باشد.

۴-۱- ساماندهی و پردازش داده‌های اکتشافی

مطالعات مدلسازی و ارزیابی ذخیره کانسار با استفاده از نرم افزار *Gemcom* انجام شد که بدین منظور داده‌های اکتشافی جمع‌آوری و در ساختارهای مناسب طبقه‌بندی شدند.

به دلیل در دسترس نبودن داده‌های توپوگرافی در اسناد و مدارک موجود، با توجه به مختصات نقاط حفاری و شبکه برداشت ژئوفیزیکی، نقاط توپوگرافی محدوده مورد بررسی از برنامه *Google earth* جستجو و برداشت شد.

در این گزارش مقادیر عیار آهن و منگنز حاصل از نمونه‌های برداشت شده از حفر ترانشه و گمانه‌های اکتشافی حفر شده بر روی زون اصلی ساماندهی و پردازش شدند. در این مرحله، آنالیز عیار در مجموع تعداد ۸ مقدار عیاری (آهن و منگنز) از ترانشه ۱ و گمانه‌های ۱، ۲ و ۳ ساماندهی و پردازش شده و مبنای تخمین عیار کل توده معدنی قرار گرفت.

به منظور مدیریت داده‌های اکتشافی، فضاهای کاری مختلفی نظیر نقطه^۱، گمانه^۲، چندضلعی^۳ و پیمایش^۴ در نرم افزار وجود دارد. برای ورود اطلاعات توپوگرافی از فضای کاری نقطه، اطلاعات واحدهای سنگ‌شناسی و مقادیر آنالیز عیار نمونه‌های ترانشه‌ها و گمانه‌ها، از فضای کاری گمانه و برای ترسیم مقاطع عمودی از فضای کاری چندضلعی استفاده شد.

1 - Point

2 - Drillhole

3 - Polygon

4 - Traverse

پس از آماده شدن این ساختار، اطلاعات به صورت چهار فایل اطلاعاتی موقعیت دهانه^۵ (طول، آزیموت و شیب)، پیمایش^۶ (طول، شیب و آزیموت)، سنگ‌شناسی (پیمایش واحدهای سنگی با عمق) و آنالیز عیار (عیار هر بخش) ترانسه‌ها و گمانه‌ها وارد سیستم شد.

فایل اطلاعاتی موقعیت دهانه اولین فایلی است که توسط نرم افزار خوانده می‌شود و اطلاعات فایل‌های بعدی به آن متصل می‌شود.

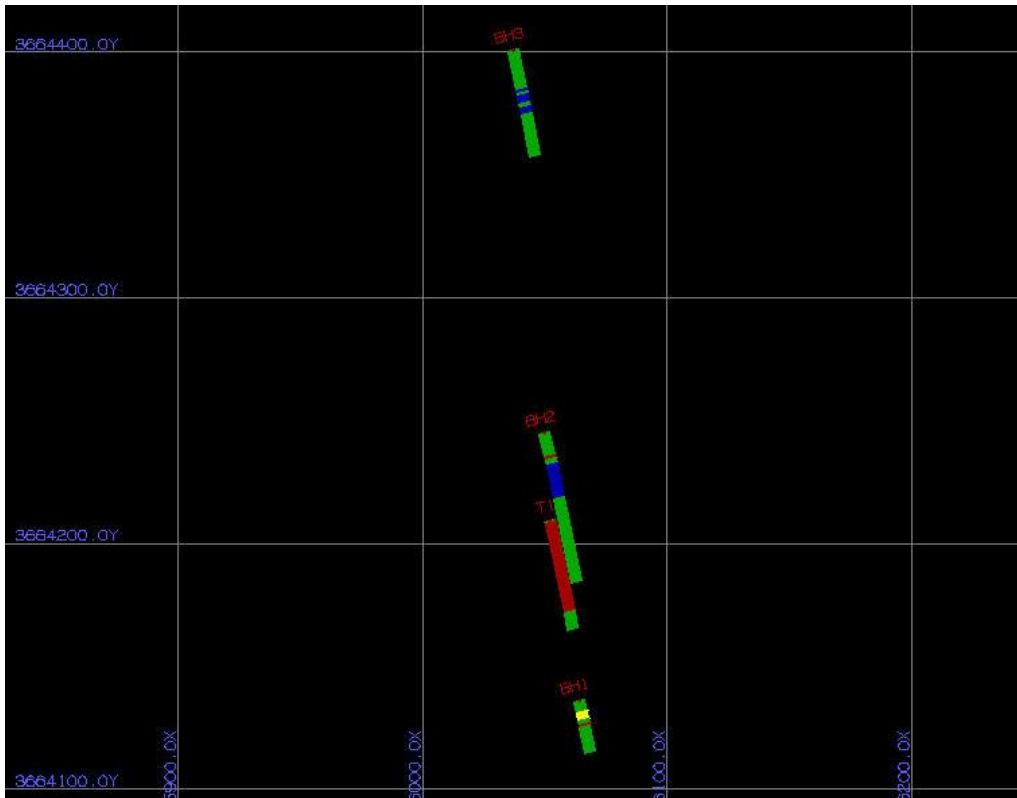
بر اساس داده‌های فایل اطلاعاتی پیمایش، موقعیت فضایی ترانسه و گمانه‌های حفر شده در فضا نشان داده می‌شود.

در فایل اطلاعاتی سنگ‌شناسی، موقعیت قرار گرفتن واحدهای سنگ‌شناسی حاوی آهن و منگنز شامل هماتیت و مارتیت در بخش اکسیده و منیتیت در بخش اولیه زون اصلی در طول ترانسه و گمانه‌ها نشان داده می‌شود. شناسایی زون شامل سه بخش اکسیده (*Oxidized*)، اولیه (*primary*) و باطله (*Waste*) می‌باشد. انتقال کانسنگ‌های اولیه و اکسیده تدریجی است.

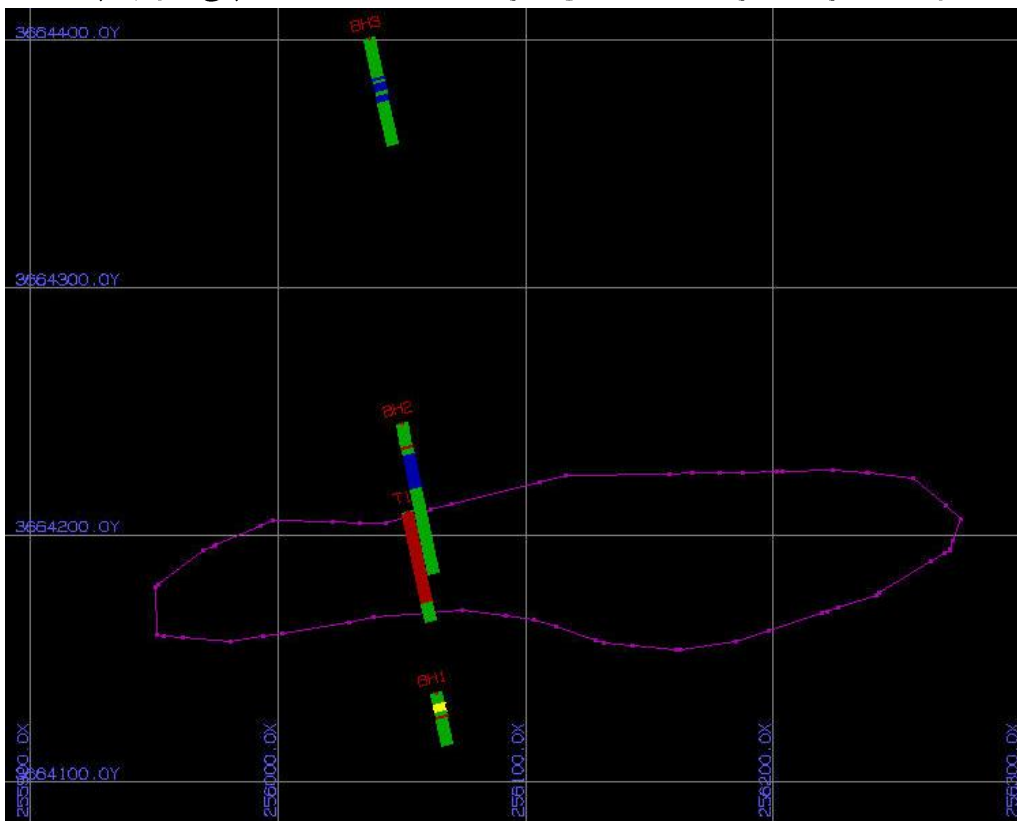
در فایل اطلاعاتی آنالیز عیار، آنالیز عیار آهن و منگنز بخش‌های حاوی ماده معدنی با توجه به موقعیت آنها در طول ترانسه و گمانه‌ها نشان داده می‌شود.

گمانه‌ها با نامهای *BH 1*، *BH 2* و *BH 3* و ترانسه ۱ در زون اصلی ماده معدنی قرار گرفته است. شکل ۱-۵ موقعیت ترانسه و گمانه‌های حفر شده در زون اصلی ماده معدنی و شکل ۱-۶ موقعیت حفاریات را بر روی لایه زمین‌شناسی را نشان می‌دهد.

فایل‌های اطلاعاتی ترانسه و گمانه‌ها در جداول ۱-۱ تا ۱-۴ آورده شده است.



شکل ۱-۵ - موقعیت ترانشه و گمانه‌های حفر شده در محدوده کانسار پلی‌متال چاه پلنگ



شکل ۱-۶ - موقعیت ترانشه و گمانه‌های حفر شده بر روی لایه زمین‌شناسی

جدول ۱-۱- فایل اطلاعاتی موقعیت دهانه ترانشه و گمانه‌ها

گمانه (ترانشه)	x	y	z	طول
ترانشه ۱	۲۵۶۰۷۲	۳۶۶۴۲۰۹	۸۶۸	۴۵
گمانه ۱	۲۵۶۰۶۴	۳۶۶۴۱۳۶	۸۶۹	۱۱۴
گمانه ۲	۲۵۶۰۵۰	۳۶۶۴۲۴۵	۸۶۸	۲۲۵
گمانه ۳	۲۵۶۰۳۷	۳۶۶۴۴۰۱	۸۶۷	۱۸۱

جدول ۲-۱- فایل اطلاعاتی پیمایش ترانشه و گمانه‌ها

گمانه (ترانشه)	از	تا	آزموت	شیب
ترانشه ۱	۰	۴۵	۱۶۸	۰
گمانه ۱	۰	۱۱۴	۱۶۸	۱۱
گمانه ۲	۰	۲۲۵	۱۶۸	۱۶
گمانه ۳	۰	۱۸۱	۱۶۸	۱۴

جدول ۳-۱- فایل اطلاعاتی سنگ‌شناسی ترانشه و گمانه‌ها

گمانه (ترانشه)	از	تا	واحد سنگ‌شناسی	زون
T1	۰	۰/۹	schist	Waste
T1	۰/۹	۳۸	hematite+ martite	Oxidized
T1	۳۸	۴۱	Schist + hematite + martite	Waste
BH1	۰	۲۵/۵	schist	Oxidized
BH1	۲۵/۵	۴۲/۸	Hematite+Martite	Waste
BH1	۴۲/۸	۵۰/۳۰	schist	Waste
BH1	۵۰/۳۰	۵۶/۱۰	Hematite+Martite	Waste
BH1	۵۶/۱۰	۱۱۴	marble	Oxidized
BH2	۰	۲۷.۴	Overburden	Waste
BH2	۲۷.۴	۲۹.۴	biotite+Q shist	Waste
BH2	۲۹.۴	۳۲.۴	Hematite+Martite	Oxidized
BH2	۳۲.۴	۳۴.۷	marble	Waste
BH2	۳۴.۷	۳۸.۸	Hematite+Martite	Oxidized
BH2	۳۸.۸	۴۵.۱	marble	Waste
BH2	۴۵.۱	۴۶.۳	carbonate+ biotite shist	Waste
BH2	۴۶.۳	۴۹.۸	marble+magnetite	primary
BH2	۴۹.۸	۵۱.۳	marble+magnetite	primary
BH2	۵۱.۳	۶۰.۲	Magnetite	primary
BH2	۶۰.۲	۶۲.۲	Metavolcanic	Waste
BH2	۶۲.۲	۷۲.۳	Magnetite	primary

ادامه جدول ۱-۳- فایل اطلاعاتی سنگ‌شناسی ترانشه و گمانه‌ها

گمانه (ترانشه)	از	تا	واحد سنگ‌شناسی	زون
BH2	۷۲.۳	۹۱.۴	Magnetite	primary
BH2	۹۱.۴	۹۹.۲	Magnetite	primary
BH2	۹۹.۲	۱۰۵.۵	biotite+ shist	Waste
BH2	۱۰۵.۵	۱۲۵	biotite+ shist	Waste
BH2	۱۲۵	۲۰۵	marble	Waste
BH3	۰	۲۵	Overburden	Waste
BH3	۲۵	۶۷.۵	marble	Waste
BH3	۶۷.۵	۷۳	Hematit+Martite	Oxidized
BH3	۷۳	۷۷.۹	marble	Waste
BH3	۷۷.۹	۹۱.۵	Magnetite	primary
BH3	۹۱.۵	۹۹	marble	Waste
BH3	۹۹	۱۱۱	Magnetite	primary
BH3	۱۱۱	۱۸۱.۵	marble	Waste

جدول ۱-۴- فایل اطلاعاتی آنالیز عیار آهن و منگنز ترانشه و گمانه‌ها

گمانه (ترانشه)	از	تا	آهن	منگنز
T1	۰/۹	۳۸	۳۸/۱	۲/۵
BH1	۲۵.۵	۴۲.۸	۴۶.۶	۰.۱۴
BH1	۵۰.۳	۵۶.۱	۳۵.۴	۲.۷۴
BH2	۳۴.۷	۳۸.۸	۳۸.۸	۷.۰۳
BH2	۴۸.۳	۹۹.۲	۲۸.۹	۱.۸۶
BH3	۶۷.۵	۷۳	۲۷.۵	۳.۲۵
BH3	۷۷.۹	۹۱.۵	۲۵.۲	۲.۹۸
BH3	۹۹	۱۱۱	۲۶.۳	۴.۲۳

نمونه‌ای از پایگاه اطلاعاتی گمانه‌های حفر شده در شکل ۱-۷ مشاهده می‌شود.

	HOLE-ID	FROM	TO	LITHO	ZONE
1	BH3	0.00	25.00	Overburden	W
2	BH3	25.00	67.50	marble	W
3	BH3	67.50	73.00	Hematit+Martite	Oxidized
4	BH3	73.00	77.90	marble	W
5	BH3	77.90	91.50	Magnetite	primary
6	BH3	91.50	99.00	marble	W
7	BH3	99.00	111.00	Magnetite	primary
8	BH3	111.00	181.50	marble	W

شکل ۱-۷- نمونه‌ای از پایگاه اطلاعاتی گمانه‌ها - ساختار جدول Lithology

فصل دوم

مدلسازی هندسی کانسار

۱- مقدمه

۲- مدلسازی سه بعدی توپوگرافی

۳- مدلسازی حفریات اکتشافی

۴- مدلسازی دوبعدی کانسار

۵- مدلسازی سه بعدی کانسار

۶- برآورد حجم و تناژ کانسار

۲-۱- مقدمه

پس از اکتشاف ناحیه‌ای و نیمه‌تفصیلی و اثبات وجود ذخیره‌ای اقتصادی، لازم است تا به بررسی خصوصیات، توزیع فضایی کانسنگ و یا به عبارتی مدلسازی کانسار پرداخت. تهیه مقاطع بر اساس شناخت کلی کانسار، تقسیم‌بندی ساختاری و ارتباط منطقی بین ترانشه‌ها، گمانه‌ها و تونلهای اکتشافی صورت می‌گیرد. از پایه‌های اساسی در مدلسازی اکتشافی، تعیین شکل سه‌بعدی کانسار است که با ایجاد فضایی بین مقاطع تعیین می‌شود و نهایتاً بر اساس آن بلوک‌بندی، تخمین ذخیره و طراحی استخراجی کانسار انجام می‌شود.

۲-۲- مدلسازی سه‌بعدی توپوگرافی

به منظور بررسی و تحلیل موقعیت فضایی توده در برگیرنده ماده معدنی، مدل سه‌بعدی توپوگرافی ساختگاه ساخته شد.

مدل سه‌بعدی توپوگرافی مشخص کننده موقعیت فضایی کانسار نسبت به سطح زمین می‌باشد و دیدگاه مناسبی برای مدیر پروژه و کارشناسان جهت تصمیم‌گیری برای ادامه پروژه فراهم می‌کند.

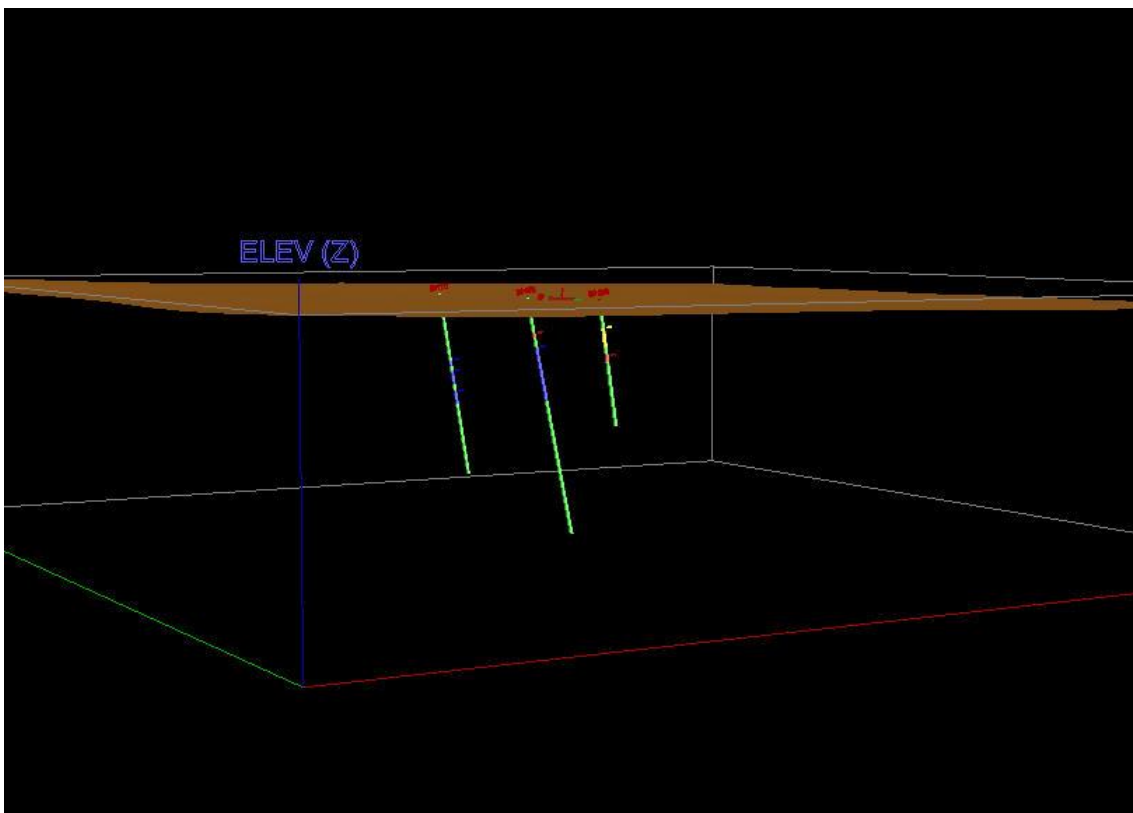
داده‌های توپوگرافی محدوده در گزارش موجود تهیه شده توسط شرکت *TechnoExport* موجود نبوده و طی سالهای جاری هم هیچ اطلاعاتی برداشت نشده است.

مدل توپوگرافی از اهمیت شایان توجهی در مطالعات مدلسازی برخوردار است و به منظور تهیه آن در مرحله برآورد ذخیره به نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱:۱۰۰۰ نیاز است. اما در این مورد خاص و با توجه به محدودیت زمانی، به نظر کارشناسان زمین‌شناس که از منطقه بازدید داشتند و اظهار نموده‌اند که توپوگرافی هموار بوده است، اکتفا کرده.

با توجه به مختصات نقاط برداشتی *GPS* توسط گروه ژئوفیزیک و شناسایی زون مربوطه، نقاط توپوگرافی از نرم‌افزار *Google earth* به فرمت قابل قبول نرم‌افزار *Gemcom* برداشت شده است.

بدین منظور، مدل سه بعدی توپوگرافی ساختگاه به کمک نرم افزار، تهیه شده است. بدین منظور، داده های برداشت شده وارد نرم افزار شده و سایر داده های سه بعدی به روش تخمین لاپلاس تخمین زده شده و همه داده ها به صورت مدل ارتفاعی شبکه مثلث بندی نامنظم^۱ به نمایش در می آید.

در شکل ۱-۲ مدل سه بعدی توپوگرافی محدوده کانسار پلی متال چاه پلنگ شمالی نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود مدل توپوگرافی به صورت سطحی خیلی هموار می باشد.



شکل ۱-۲- مدل سه بعدی توپوگرافی محدوده کانسار پلی متال چاه پلنگ

^۱ - TIN (Three angulated Irregular Network)

۲-۳- مدلسازی حفریات اکتشافی

پس از ورود، ساماندهی و تجزیه و تحلیل اطلاعات ثبت شده در پایگاه داده‌های موجود، مدل دوبعدی و سه‌بعدی حفریات اکتشافی ساخته شد.

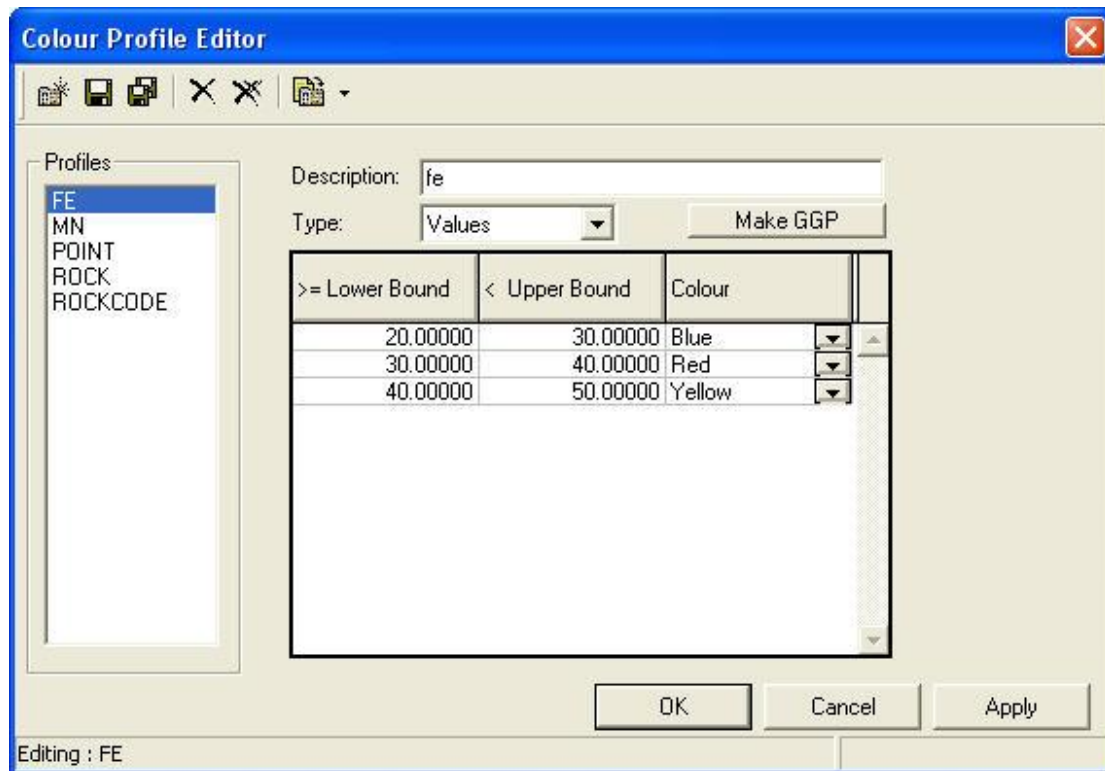
در این ارتباط علاوه بر تعیین مدل هندسی گمانه‌ها و نقاط نمونه‌برداری، تنوع لیتولوژی و توزیع عیار به صورت قابل تفکیکی مشخص شده و شرایط برای ارتباطدهی فضایی داده‌ها در تهیه مقاطع و مدل سه‌بعدی کانسار فراهم می‌شود.

بعد از ایجاد فایل‌های اطلاعاتی و پروفیل‌های لازم رنگ، نوع خط، نوع سنگ و ... ، امکان مشاهده اطلاعات در فضای دوبعدی و سه‌بعدی وجود دارد.

پروفیل‌ها از طریق تخصیص کدهای متعددی به هر کدام از ویژگی‌های فوق تعیین می‌شود.

شکل ۲-۳ پروفیل نمایش عیار آهن (بر حسب درصد) را نشان می‌دهد. این پروفیل رنگ

مبنای مدلسازی حفریات، تهیه مقاطع دوبعدی، مدلسازی توده معدنی و بلوک بندی عیاری قرار می‌گیرد.

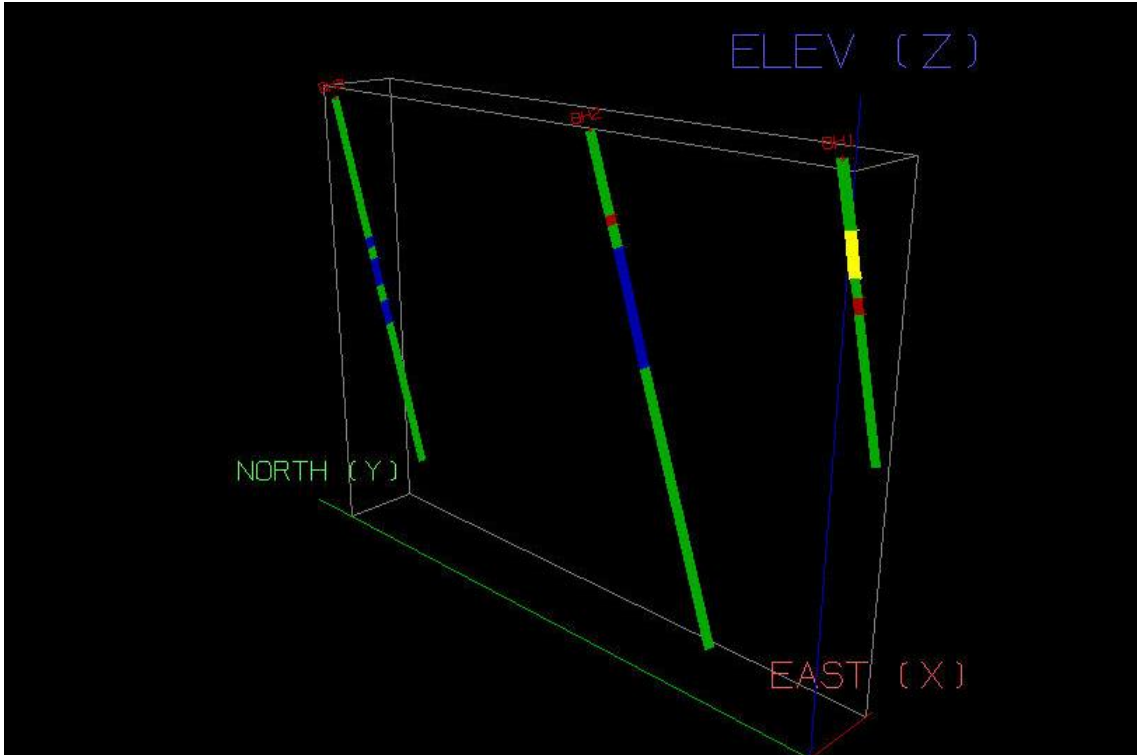


شکل ۲-۲- پروفیل نمایش عیار آهن (بر حسب درصد)

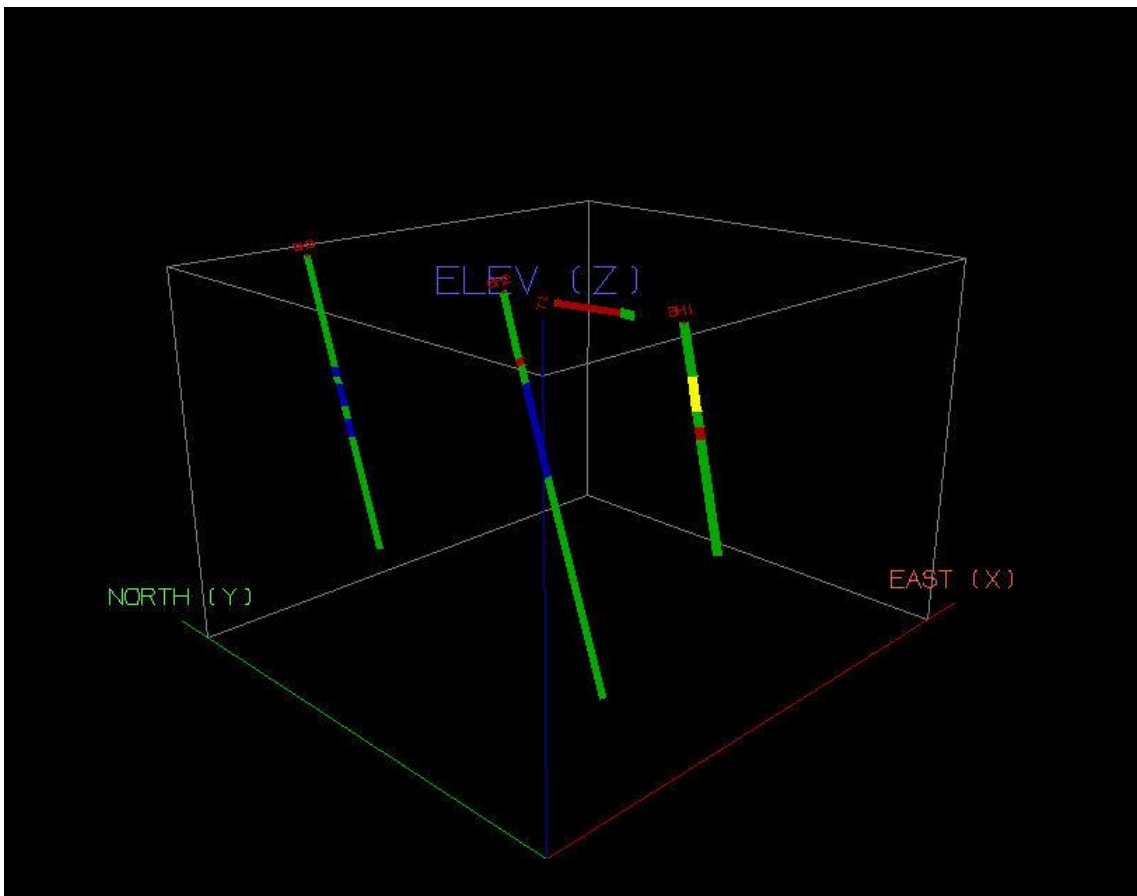
شکل ۳-۲ موقعیت فضایی گمانه‌ها و شکل ۴-۲ موقعیت فضایی ترانشه و گمانه‌های حاوی ماده معدنی را نشان می‌دهد.

شکل ۵-۲ موقعیت فضایی گمانه‌ها و ترانشه حفر شده و لایه زمین‌شناسی برداشت شده را نشان می‌دهد.

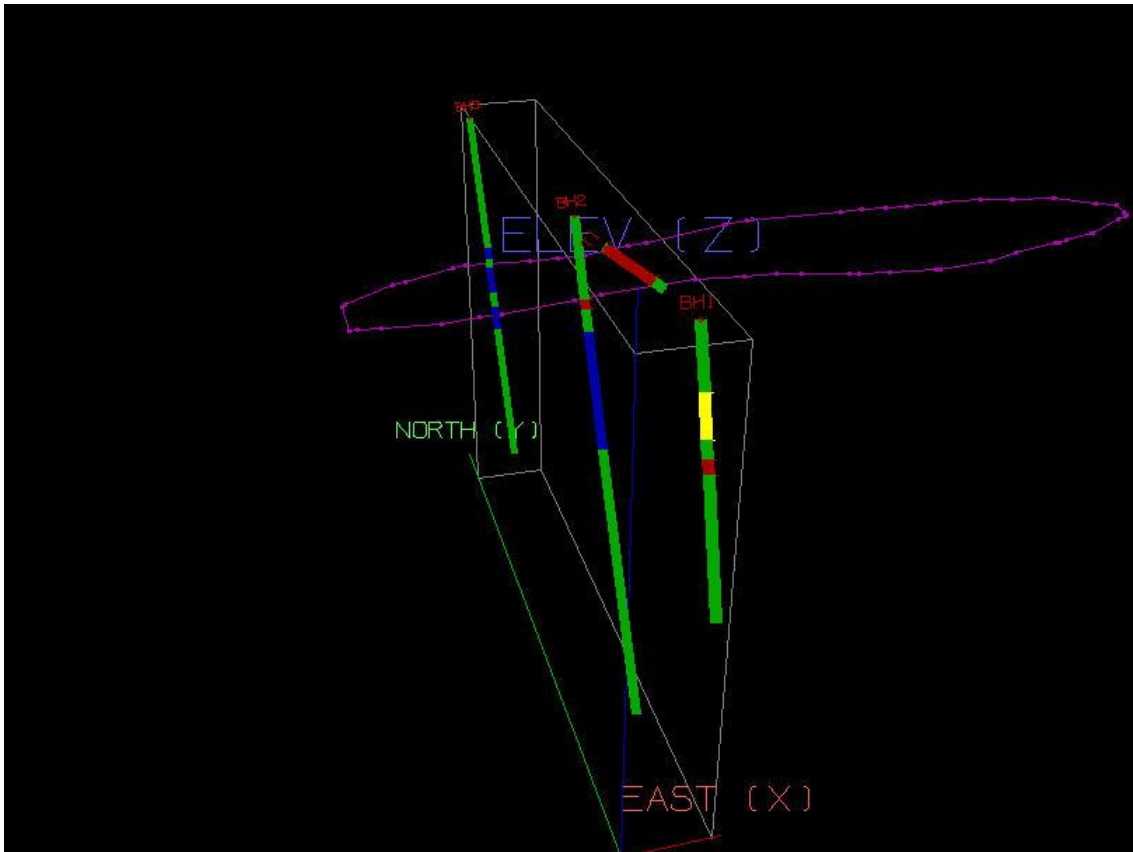
این شکل توجیه و دید مناسبی برای تهیه مدل سه‌بعدی توده معدنی فراهم می‌سازد.



شکل ۲-۳- موقعیت فضایی گمانه‌های حفر شده در محدوده کانسار پلی متال چاه پلنگ



شکل ۲-۴- موقعیت فضایی ترانسه و گمانه‌های حفر شده در محدوده کانسار پلی متال چاه پلنگ



شکل ۲-۵- موقعیت لایه زمین‌شناسی در محدوده کانسار پلی متال چاه پلنگ

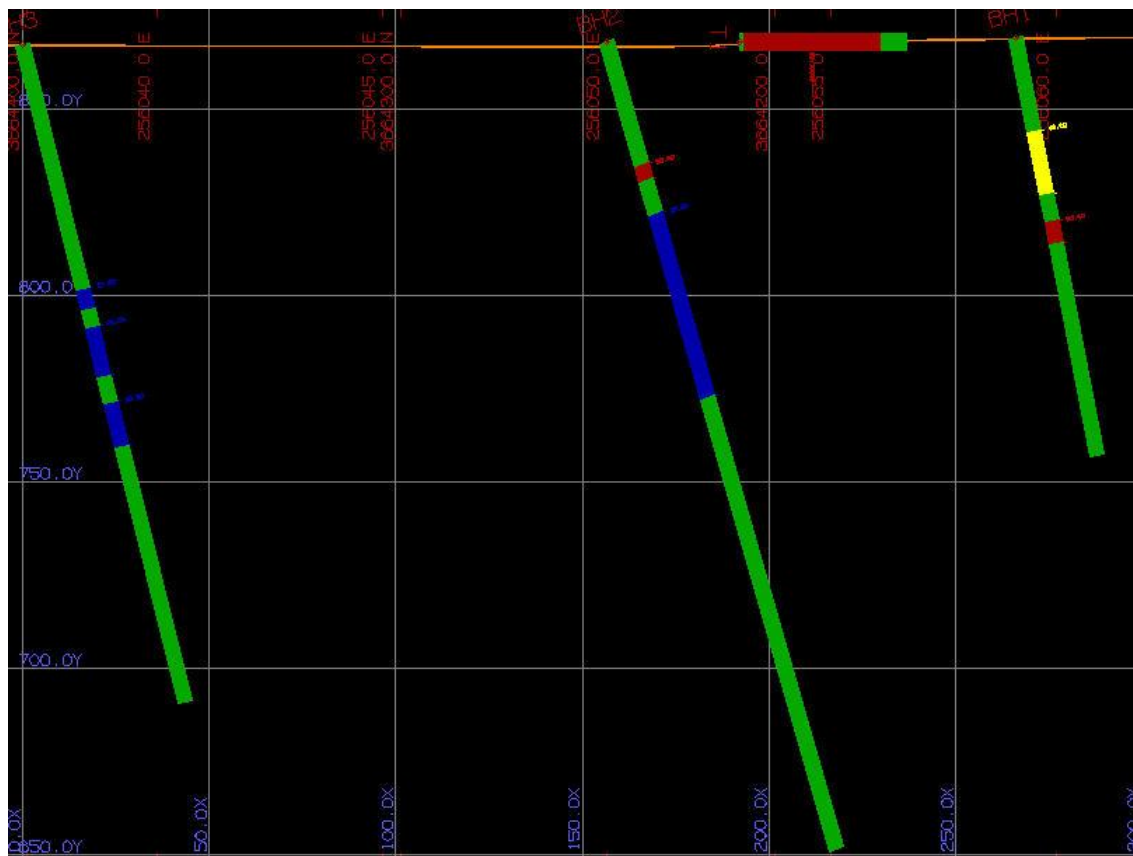
۲-۴- مدلسازی دوبعدی کانسار

یکی از مهمترین مراحل تحلیل داده‌های اکتشافی، تهیه مقاطع اکتشافی می‌باشد که به منظور بررسی دقیقتر محیط مورد مطالعه در راستاها و اعماق متفاوت، مدلسازی سه‌بعدی کانسار و مشخص کردن محدوده تخمین انجام می‌شود.

مقاطع بر اساس شناخت کلی کانسار، تقسیم‌بندی ساختاری و ارتباط منطقی بین ترانشه‌ها و گمانه‌ها تهیه می‌شوند.

به منظور تهیه مدل دوبعدی کانسار، نخست موقعیت فضایی مقاطع در امتدادهای مناسب در نرم‌افزار تعریف می‌شود.

در محدوده کانسار پلی‌متال چاه‌پلنگ با توجه به نقشه زمین‌شناسی و موقعیت ترانشه‌ها و گمانه‌ها، مقطع قائم حاصل از ترانشه ۶ و گمانه‌های ۶۶، ۶۸ و ۷۰ تهیه شد که در شکل ۲-۶ نشان داده شده است.



شکل ۲-۶- موقعیت نیمرخ اکتشافی

در مرحله بعد، مقاطع اکتشافی بر اساس مدل حفاریات اکتشافی و ارتباط محدوده‌های حاوی ماده معدنی قابل مشاهده در ترانشه و گمانه‌ها تهیه می‌شوند.

مرز تفکیک کانسنگ از باطله بر مبنای عیار حد فرضی آهن به صورت زیر است:

۱- عیار حد آهن ۲۰ درصد برای کانسنگ اولیه

۲- عیار حد آهن ۳۰ درصد برای کانسنگ اکسید شده

مقطع اکتشافی بر اساس تلفیق داده‌های حاصل از نقشه زمین‌شناسی موجود، برداشت ترانشه‌ها و لاگینگ گمانه‌ها و تفسیرهای ژئوفیزیک مغناطیسی و IP و RS انجام شده است. بر این اساس توده معدنی شامل سه بخش مجزا است که می‌توان سه توده بالایی، میانی و پایینی نامگذاری کرد. شکل توده میانی از ارتباط لایه ماده معدنی قابل استنتاج از ترانشه ۶ و گمانه ۶۸ حاصل می‌شود.

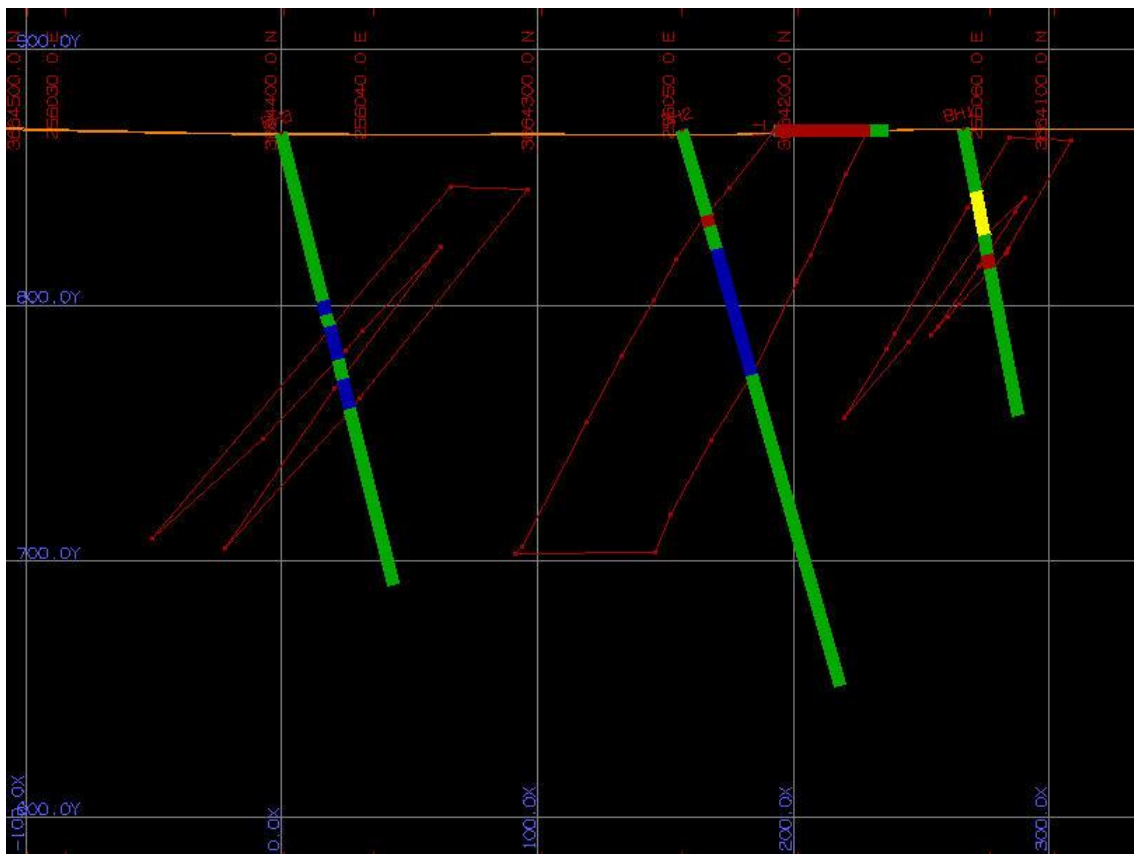
شکل توده بالایی و پایینی از ارتباط ماده معدنی قابل برداشت از گمانه‌های مربوطه و تأیید نتایج ژئوفیزیکی حاصل می‌شود.

شایان ذکر است که توده معدنی در عمق ۲۰۰ متر بسته می‌شود.

مقطع اکتشافی شامل سه توده معدنی که حاصل از نتایج برداشت ترانشه ۶ و گمانه‌های ۶۶،

۶۸ و ۷۰ می‌باشد، در شکل ۲-۷ نشان داده شده است.

مقطع اکتشافی تهیه شده توسط شرکت *Techno export* به عنوان راهنما برای تفکیک ماده معدنی از باطله و محدود کردن کانسنگ ضمن تهیه این مقطع، مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل ۲-۷- مقطع حاصل از ترانسه ۱ و گمانه‌های ۱، ۲ و ۳

۲-۵- مدلسازی سه‌بعدی کانسار

از پایه‌های اساسی مدلسازی اکتشافی و استخراجی، تعیین شکل سه‌بعدی کانسار است که با ایجاد فضایی بین مقاطع تعیین می‌شود.

مدل سازی هندسی کانسار با توجه به ماهیت عوامل کنترل کننده شکل کانسار و اطلاعات حاصل از گمانه‌های حفر شده در محدوده صورت گرفته است.

اگرچه ارتباط مقاطع با یکدیگر بسیار مشکل و زمان‌بر است ولی اولین قدم برای مدلسازی هندسی سه‌بعدی کانسار است.

مدل سه‌بعدی کانسار متشکل از سه توده معدنی مجزا از هم است که در ترسیم مقطع دوبعدی تهیه شده، نشان داده شده است.

با در نظر گرفتن لایه زمین‌شناسی حاصل از نقشه زمین‌شناسی و مقطع قائم و ارتباط محدوده‌های عیاردار در آنها و تلفیق نتایج حاصل از سایر بررسیها، شکل هندسی سه‌بعدی کانسار تهیه می‌شود.

شکل هر سه توده معدنی بر مبنای قضاوت مهندسی تهیه شده است.

۱- توده میانی: شکل سه بعدی توده میانی از ارتباط مقطع و لایه زمین‌شناسی سطحی و

آنومالی ژئوفیزیکی که نتیجه لاگینگ گمانه ۴ آنرا تأیید کرده، تهیه شده است.

گمانه شماره ۴ ($Bh4, 235.2m$) به منظور مشخص نمودن موقعیت زون معدنی در ادامه

باختری ناهنجاری مغناطیسی حفر شده است. این گمانه که در سمت باختری زون و در فاصله ۲۵۰

متری باختری‌ترین نقطه رخنمون‌دار آهن در تپه کشیده حفر شده است، در عمق حدود ۱۹۰ متری

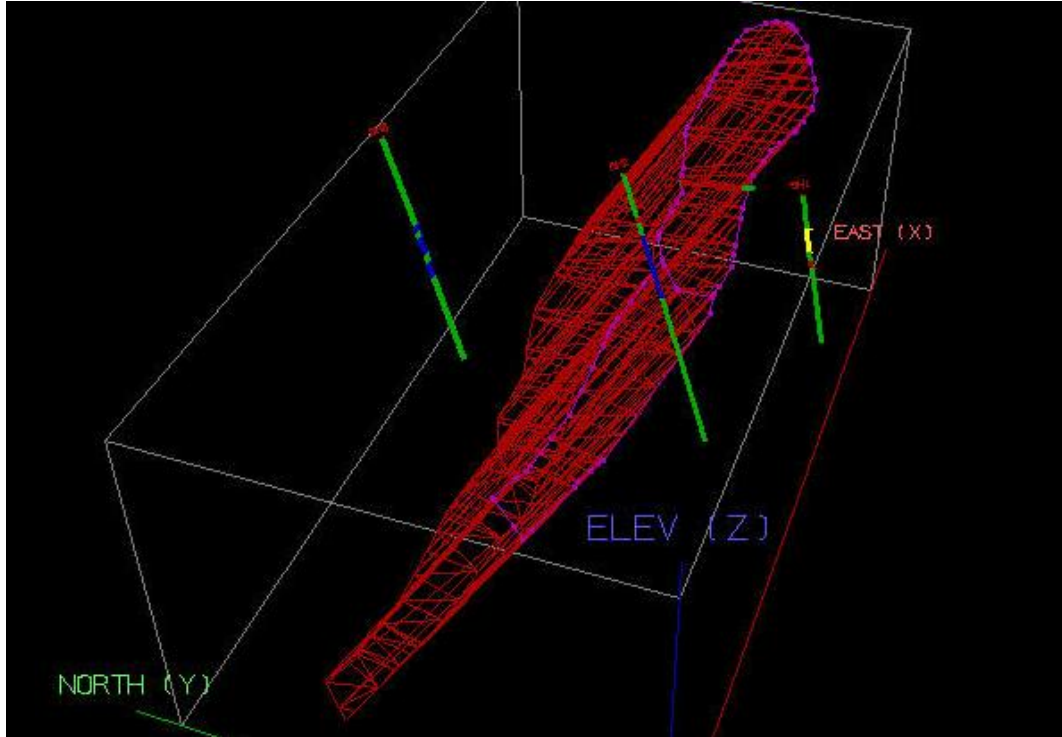
به ضخامتی بالغ بر ۳۰ متر آهن منیتیتی برخورد نموده است. این آهن در ارتباط با توده معدنی

میانی می‌باشد.

بدین منظور، پس از تهیه مدل دوبعدی، مقطع تبدیل به خطوط $3D Ring$ شده و سپس

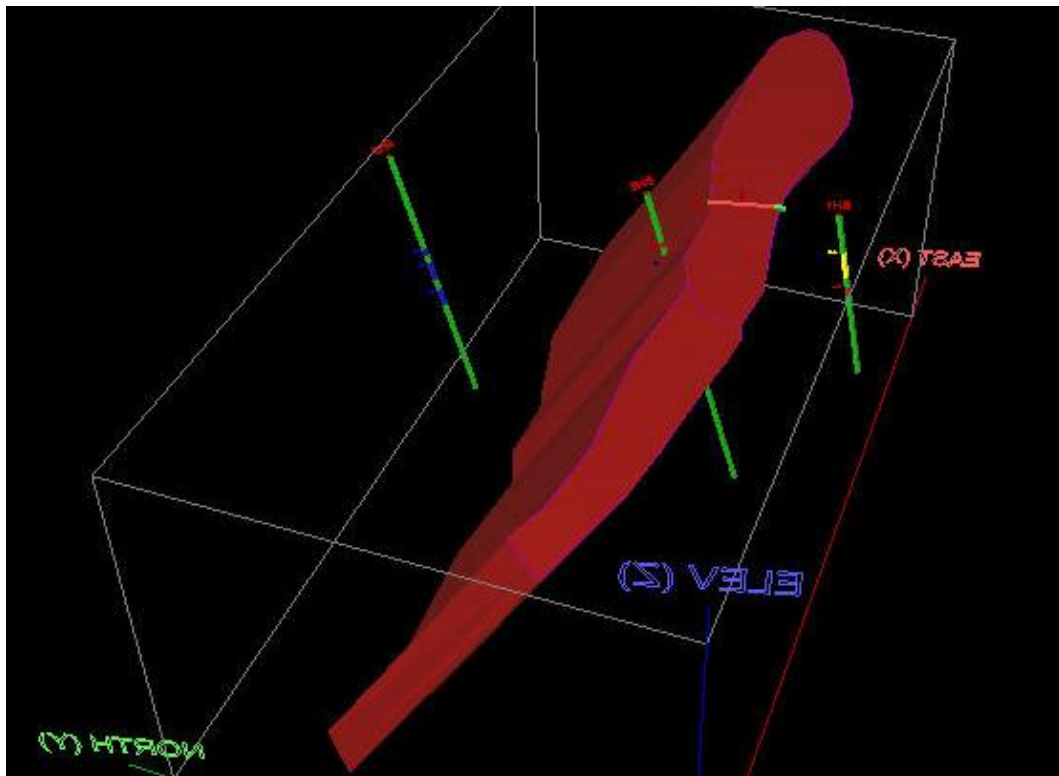
خطوط مقطع و لایه زمین‌شناسی توسط خطوط اتصال ۲ به هم متصل می‌شوند که در شکل ۲-۸

نشان داده شده است.



شکل ۲-۸- نحوه ارتباط لایه زمین شناسی و مقطع

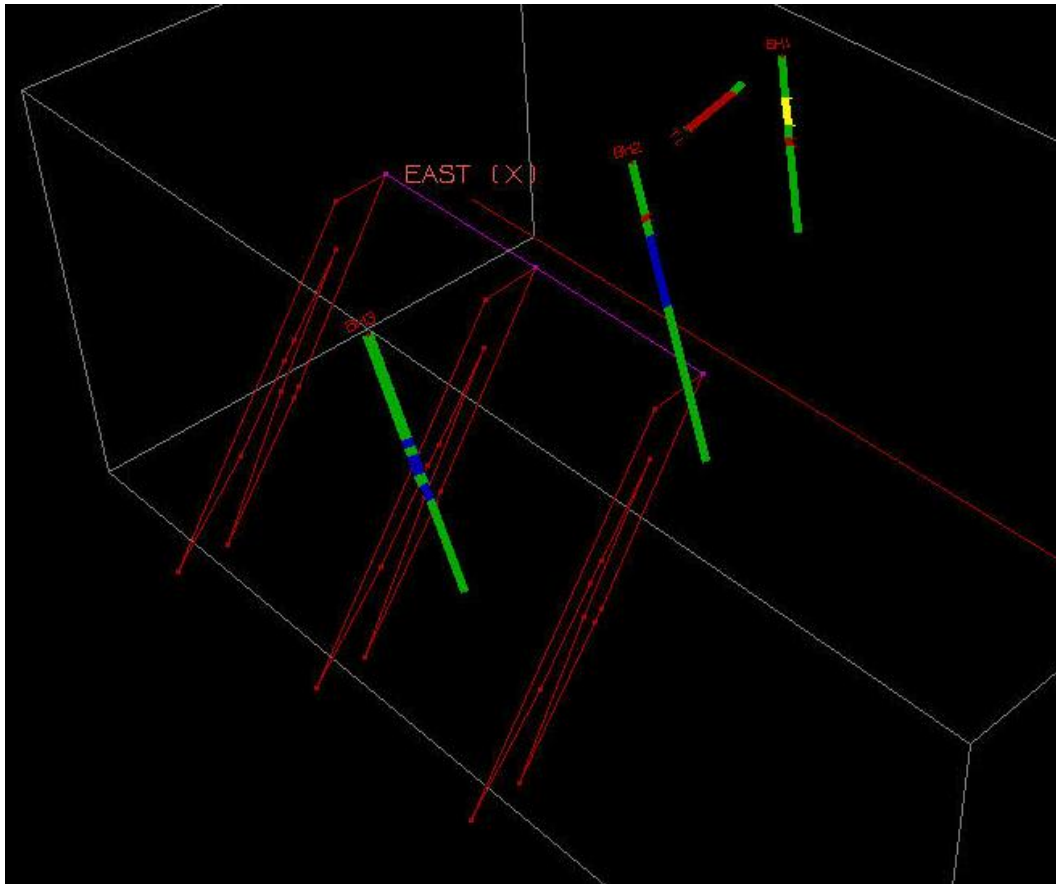
نهایتاً مدل سه بعدی توده میانی تهیه می شود (شکل ۲-۹).



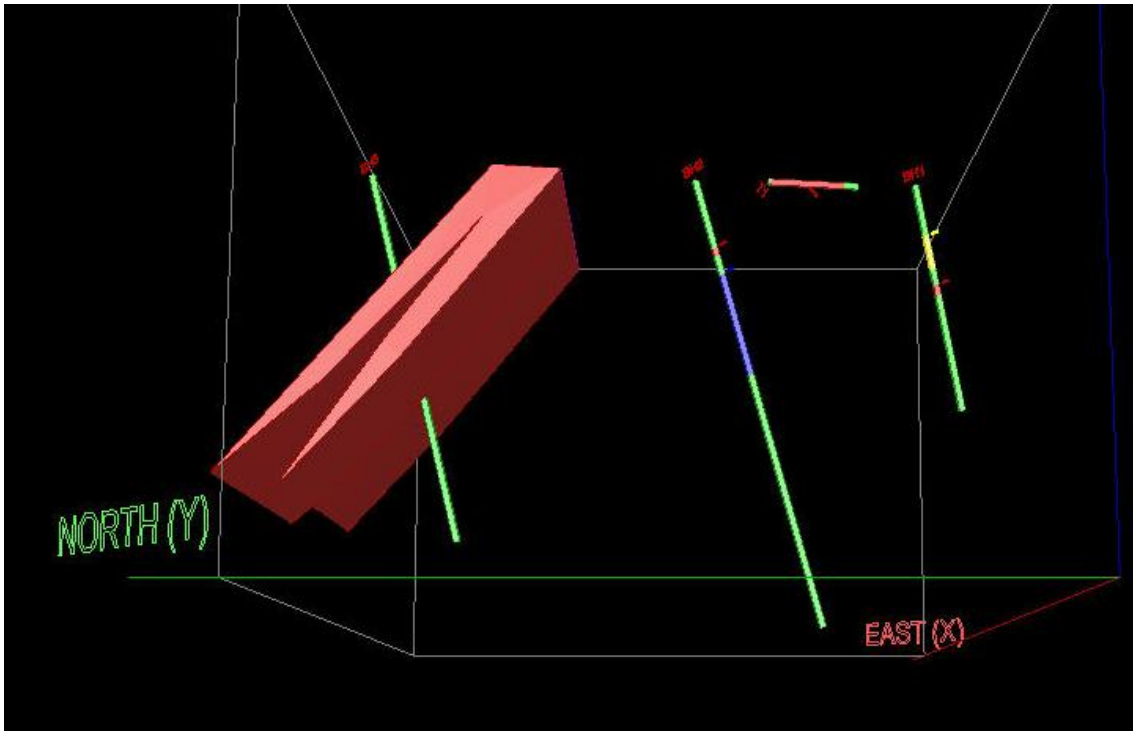
شکل ۲-۹- مدل سه بعدی هندسی توده میانی پلی متال چاه پلنگ

۳- توده بالایی: شکل سه بعدی توده بالایی از ارتباط مقطع و گسترش ماده معدنی تا ۱۰۰ متر به شرق و ۱۰۰ متر به غرب با توجه به شواهد ژئوفیزیک تهیه شده است (شکل ۲-۱۰).

در شکل ۲-۱۱ مدل هندسی سه‌بعدی توده معدنی بالایی نشان داده شده است.



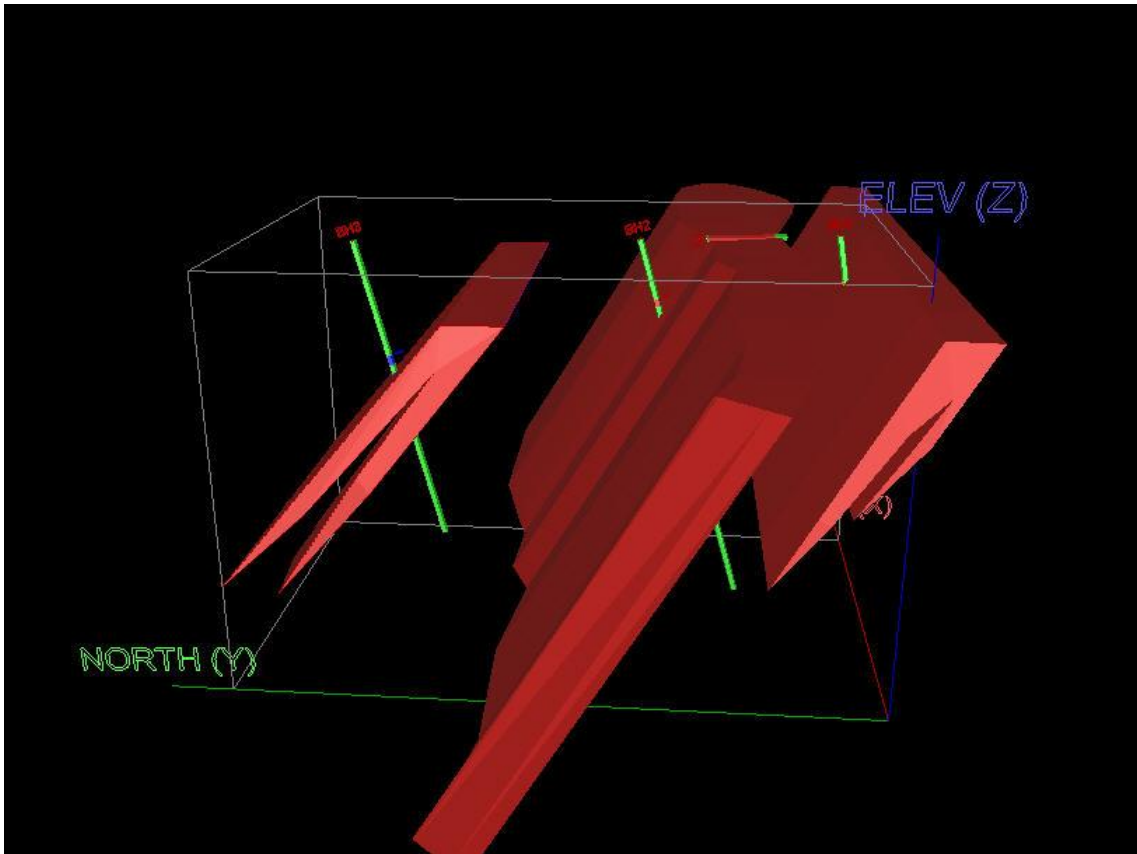
شکل ۲-۱۰- نحوه ارتباط مقاطع توده بالایی



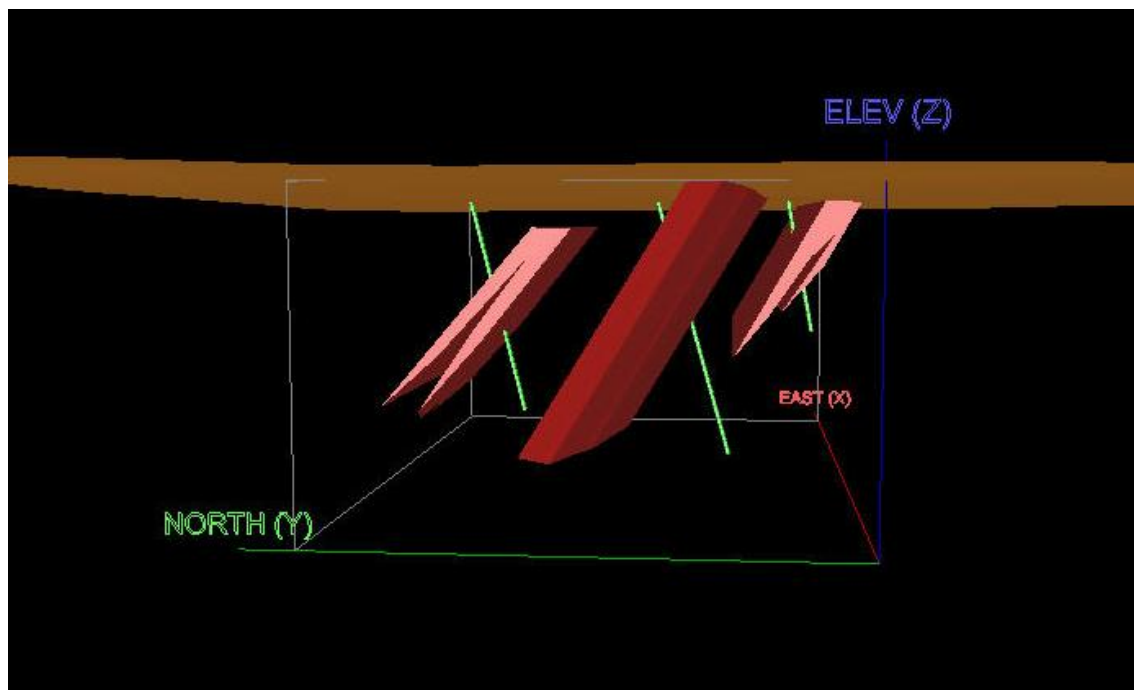
شکل ۲-۱۱- مدل سه‌بعدی هندسی توده بالای

۴- توده پایینی: شکل سه‌بعدی توده پایینی مشابه توده معدنی بالایی از ارتباط مقطع و گسترش ماده معدنی تا ۱۵۰ متر به شرق و ۲۰۰ متر به غرب با توجه به شواهد ژئوفیزیک تهیه شده است.

شکل ۲-۱۱، مدل هندسی سه‌بعدی هر سه توده معدنی و شکل ۲-۱۴ مدل سه‌بعدی توده معدنی پلی‌متال چاه‌پلنگ را به همراه مدل توپوگرافی و جانمایی ترانشه و گمانه‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۲- مدل سه بعدی توده معدنی پلی متال چاه پلنگ



شکل ۲-۱۳- مدل سه بعدی توده معدنی پلی متال چاه پلنگ به همراه توپوگرافی

بر اساس این مدل هندسی سه توده معدنی، می توان حجم کل کانسار حاوی ماده معدنی را برآورد کرد.

۳-۶- برآورد حجم و تناژ کانسار

پس از تهیه مدل سه بعدی کانسار، قدم بعدی تعیین حجم آن می باشد. در این نرم افزار، حجم کانسار با دو روش تعیین می شود.

حجم کانسار را می توان از مدل سه بعدی توده معدنی و همچنین بعد از بلوک بندی کانسار محاسبه کرد.

حجم به دست آمده از مدل سه بعدی توده معدنی نسبت به بلوک بندی کانسار، شباهت بیشتری با واقعیت موجود خواهد داشت.

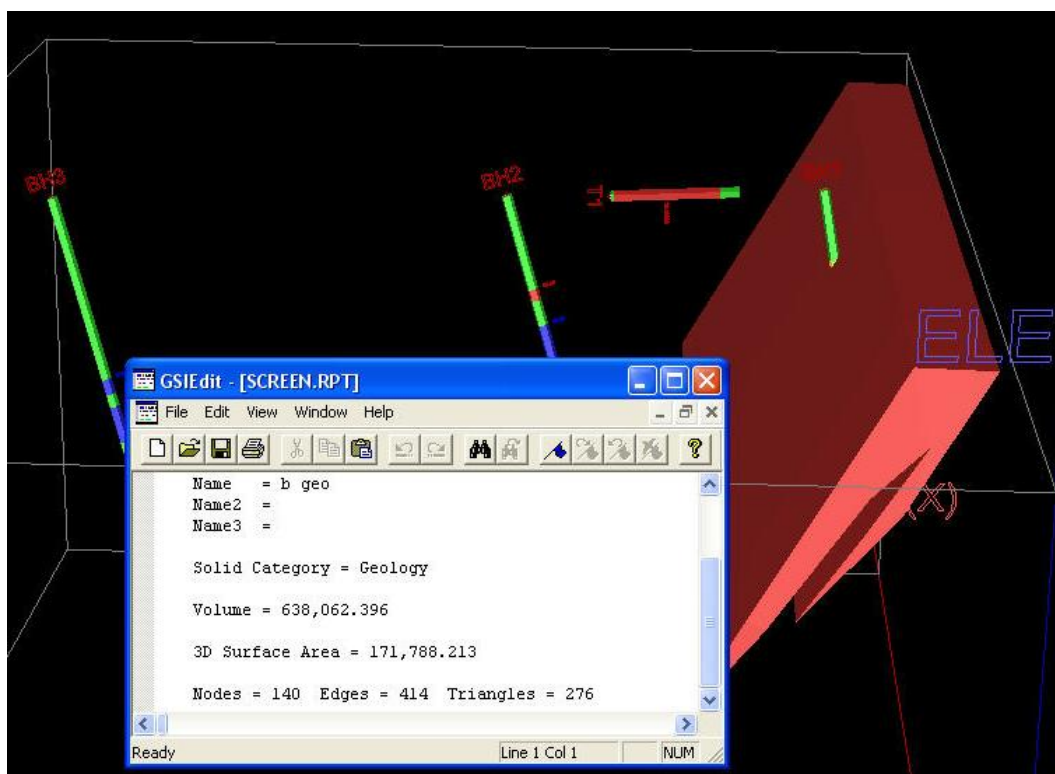
پس از تهیه مدل سه بعدی کانسار، حجم آن به طور خودکار توسط نرم افزار برآورد می شود. گزارش حجم برآورد شده مدل سه بعدی کانسار در شکل های ۲-۱۴ تا ۲-۱۶ آمده است.

به منظور ارائه حجم و ذخیره توده معدنی به تفکیک ذخیره اکسیده و اولیه، از اطلاعات لاگینگ گمانه‌ها می‌توان بهره برد.

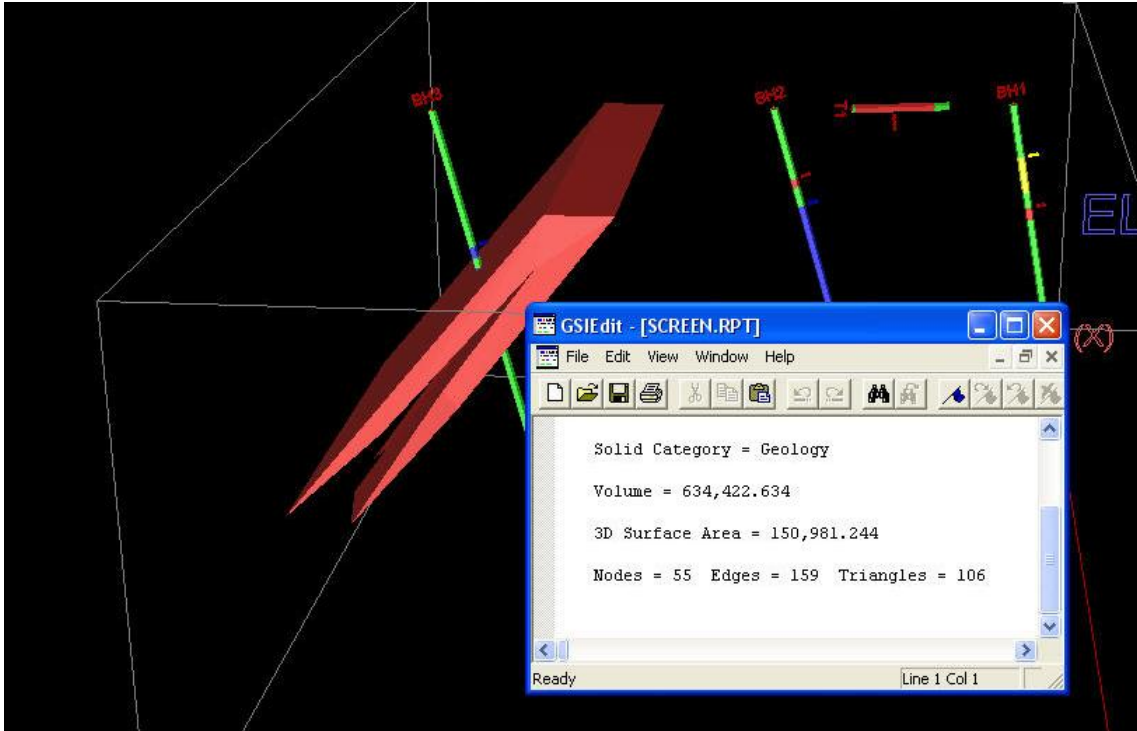
با توجه به لیتولوژی لاگینگ گمانه شماره ۱، کل ذخیره توده پایینی اکسیده می‌باشد.

همچنین لیتولوژی لاگینگ گمانه شماره ۳ حاکی از پایان بخش اکسیده در عمق ۷۳ متر می‌باشد. با توجه به عمق توده معدنی در این بخش که در حدود ۱۵۰ متر می‌باشد، نیمی از ذخیره در بخش اکسیده واقع است.

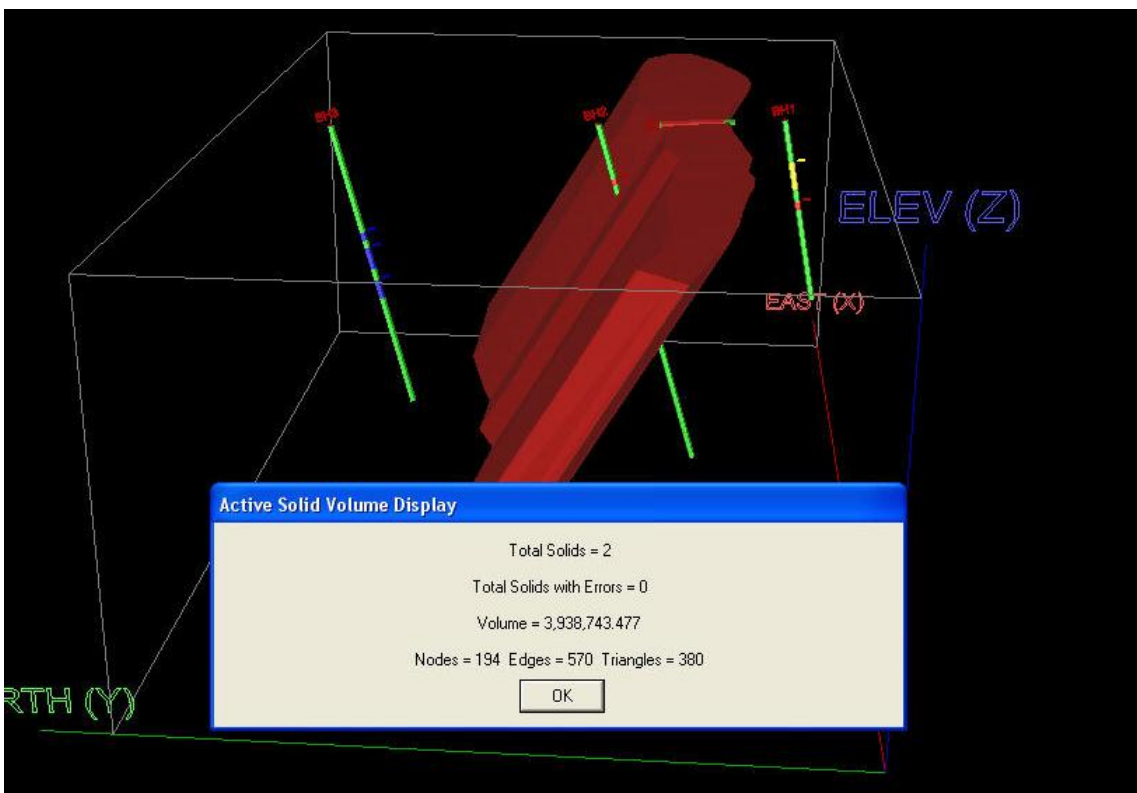
لیتولوژی لاگینگ گمانه شماره ۲ حاکی از پایان بخش اکسیده در عمق ۴۰ متر می‌باشد. با توجه به عمق توده معدنی در این بخش که در حدود ۲۰۰ متر می‌باشد، یک پنجم از ذخیره در بخش اکسیده واقع است.



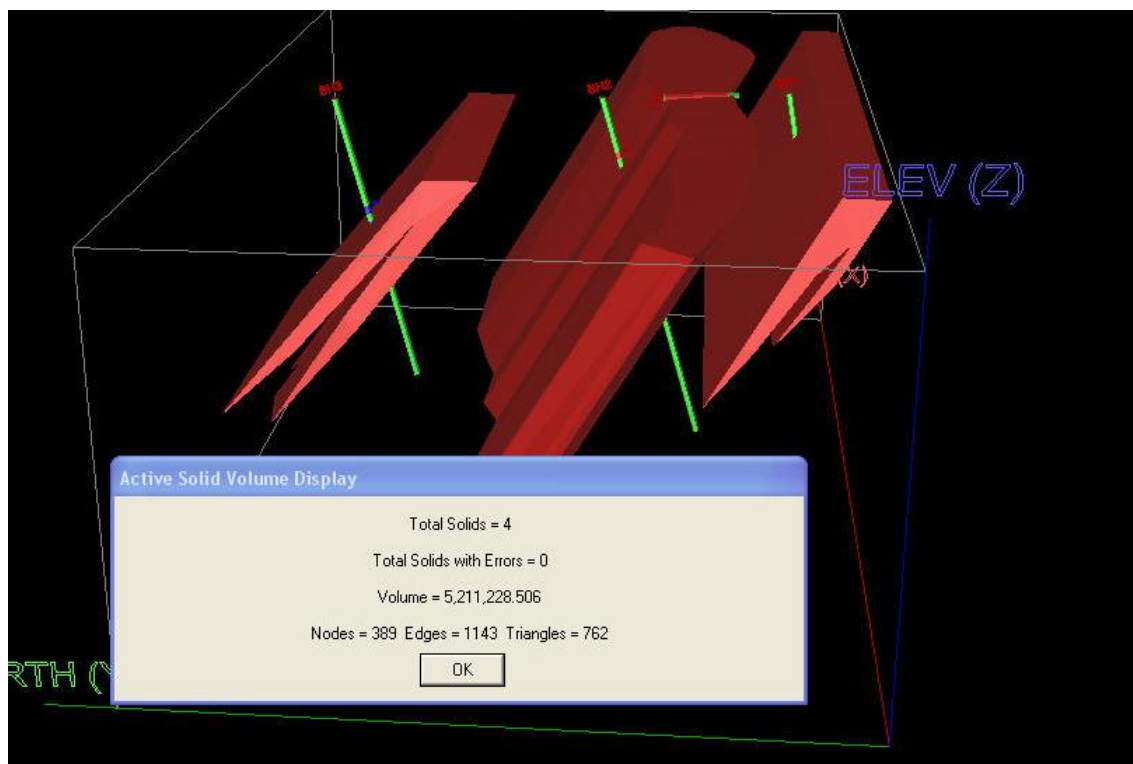
شکل ۲-۱۴- گزارش برآورد حجم توده پایینی چاه‌پلنگ شمالی (اکسیده)



شکل ۲-۱۵- گزارش برآورد حجم توده بالای چاه پلنگ شمالی



شکل ۲-۱۶- گزارش برآورد حجم توده میانی چاه پلنگ شمالی



شکل ۲-۱۷- گزارش برآورد حجم توده معدنی چاه پلنگ شمالی

با توجه به میزان حجم گزارش شده کل ذخیره هر سه توده معدنی معادل ۵۲۱۱۲۲۸.۵ مترمکعب و با احتساب وزن مخصوص متوسط معادل ۳/۵ تن بر مترمکعب، میزان ذخیره زمین‌شناسی توده معدنی از حاصل ضرب حجم کانسار در وزن مخصوص آن، بالغ بر ۱۸۲۳۹۰۰۰ تن به دست می‌آید.

با توجه به تفکیک ذخیره به دو بخش اکسیده و اولیه، می‌توان برآورد حجم و ذخیره را به تفکیک ذخیره اکسیده و کل ذخیره به صورت جدول ۲-۱ گزارش کرد.

همانطور که مشاهده می‌شود کل حجم و تناژ ذخیره اکسیده هر سه توده معدنی به ترتیب معادل ۱۷۰۳۰۲۰ متر مکعب و ۵۹۶۰۵۷۰ تن می‌باشد. با توجه به میزان حجم و تناژ کل ذخیره گزارش شده، در حدود یک سوم کل ذخیره برآورد شده مربوط به بخش اکسیده و دوسوم کل ذخیره مربوط به ذخیره بخش اولیه است.

جدول ۲-۱- نتایج برآورد حجم و ذخیره هر سه توده معدنی

توده	حجم ذخیره اکسیده	تناژ ذخیره اکسیده	حجم کل ذخیره	تناژ کل ذخیره
توده بالایی	۶۳۸۰۶۰	۲۲۳۳۲۱۰	۶۳۸۰۶۰	۲۲۳۳۲۱۰
توده میانی	۷۴۷۷۵۰	۲۶۱۷۱۲۵	۳۹۳۸۷۴۰	۱۳۷۸۵۵۹۰
توده پایینی	۳۱۷۲۱۰	۱۱۱۰۲۳۵	۶۳۴۴۲۰	۲۲۲۰۴۷۰
کل	۱۷۰۳۰۲۰	۵۹۶۰۵۷۰	۵۲۱۱۲۲۸	۱۸۲۳۹۲۹۸

فصل سوم

مطالعات آماری

۱- مقدمه

۲- محاسبه و تحلیل پارامترهای آماری

۳-۱- مقدمه

بررسی آماری داده‌ها در تخمین و شناخت ویژگیهای آماری جامعه داده‌ها به خصوص ماهیت تابع توزیع و نحوه صحیح به کار بردن آنها و تجزیه و تحلیل مناسبتر نتایج حاصل از تخمین، کمک زیادی می‌کند.

جهت بررسی و شناخت تغییرپذیریها و خواص هر یک از متغیرهای اندازه‌گیری شده، اقدام به محاسبه پارامترهای آماری لازم، نظیر میانگین، واریانس، ضریب تغییرات و چولگی، گردید. مقادیر آنالیز عیاری آهن و منگنز نمونه‌ها در دسترس نیست و تنها مقادیر عیار متوسط بخشهای کانی سازی شده ترانشه و گمانه‌های حفر شده بر روی زون اصلی موجود میباشد. تنها داده قابل استناد همین مقادیر است.

از آنجا که به منظور تحلیل و بررسی هر نوع جامعه آماری به حداقل ۳۰ داده لازم است تا به عنوان جامعه بررسی شود و تمام روابط محاسباتی بر این اساس استوار است. در این کانی‌سازی تنها ۸ داده عیاری که متوسط‌گیری نمونه‌های گرفته شده از بخشهای کانی‌سازی می‌باشد موجود است بنابراین نمی‌توان بررسی آماری مفصلی در خصوص عیار آهن و منگنز توده معدنی انجام داد. در این بخش از بررسی توزیع فراوانی و تغییر نماها صرف نظر شده و تنها به محاسبه و تحلیل پارامترهای آماری پرداخته می‌شود.

۳-۲- محاسبه و تحلیل پارامترهای آماری

پارامترهای آماری در خلاصه کردن، منظم کردن و تفسیر داده‌ها بسیار مؤثرند. بدین منظور، شاخصهای آماری نظیر میانگین، میانه، واریانس و نحوه توزیع کانه و باطله محاسبه می‌شوند. در مجموع تعداد ۸ داده عیار آهن و منگنز از ترانشه و گمانه‌های حاوی ماده معدنی در زون اصلی (شماره ۱) تحلیل و بررسی آماری شد.

کمترین عیار آهن ۲۵/۲ درصد در گمانه BH_3 و بیشترین عیار آهن ۴۶/۶ درصد در گمانه BH_2 می‌باشد. کمترین عیار منگنز ۰/۱۴ درصد در گمانه BH_1 و بیشترین عیار آهن ۷/۰۳ درصد در گمانه BH_3 می‌باشد.

مهمترین پارامتر هر جامعه آماری، میانگین آن می‌باشد که در واقع مرکز ثقل توزیع است.

واریانس هر توزیع معیاری از پراکندگی مقادیر حول میانگین است.

انحراف معیار جذر واریانس بوده و از نظر بعد و واحد مشابه میانگین است.

ضریب تغییرات معادل انحراف معیار به ازای یک واحد از مقدار میانگین است، بدون بعد بوده و با

معلوم بودن مقدار آن شدت نسبی تغییرپذیری جوامع آماری مختلف با هم مقایسه می‌شوند.

چولگی معیاری از وجود یا عدم وجود تقارن تابع توزیع می‌باشد که اگر تابع توزیع کاملاً متقارن

باشد چولگی صفر و اگر نامتقارن با کشیدگی به سمت مقادیر بالاتر چولگی مثبت و برعکس آن

چولگی منفی است.

کشیدگی مقدار معیاری از میزان تیزی منحنی در نقطه ماکزیمم است و از این پارامتر به عنوان

معیاری برای بررسی توزیع داده‌ها استفاده می‌شود.

میانگین عیار آهن، ۳۴/۳۵ درصد، واریانس ۴۴/۳۹ مجذور درصد، انحراف معیار ۷/۰۲ درصد و

ضریب تغییرات نیز ۰/۲ می‌باشد.

میانگین عیار منگنز، ۲/۹۲ درصد، واریانس ۳/۷۲ مجذور درصد، انحراف معیار ۱/۹۲ درصد و

ضریب تغییرات نیز ۰/۶۵ می‌باشد.

در جدول ۱-۳ پارامترهای آماری محاسبه شده داده‌های عیار آهن و در جدول ۲-۳ داده‌های

آماری عیار منگنز شامل مقادیر میانگین، انحراف معیار، واریانس، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی

ارائه شده است.

شایان ذکر است که پارامترهای چولگی و کشیدگی از اهمیت بسیار زیادی برای بررسی نرمال بودن جامعه برخوردار هستند.

جدول ۳-۱- پارامترهای آماری حاصل از داده‌های عیار آهن

Histogram Data				
	Ungrouped Data		Grouped Data	
Mean		34.35714		34.52428
Median		N/A		35.54333
Geometric Mean		33.64869		33.84610
Natural Log Mean		3.51597		3.52182
Standard Deviation		7.02421		6.87237
Variance		49.33958		47.22950
Log Variance		0.04168		0.03976
Coefficient of Variation		0.20445		0.19906
Moment 1 about Arithmetic Mean		0.00000		0.00000
Moment 2 about Arithmetic Mean		49.33958		47.22950
Moment 3 about Arithmetic Mean		103.35983		81.14682
Moment 4 about Arithmetic Mean		4740.35544		4145.85081
Moment Coefficient of Skewness		0.29823		0.25001
Moment Coefficient of Kurtosis		1.94724		1.85860

جدول ۳-۲- پارامترهای آماری حاصل از داده‌های عیار منگنز

Histogram Data				
	Ungrouped Data		Grouped Data	
Mean		2.92857		2.94521
Median		N/A		2.78116
Geometric Mean		1.98504		2.17083
Natural Log Mean		0.68564		0.77511
Standard Deviation		1.92965		1.86873
Variance		3.72356		3.49215
Log Variance		1.31433		0.90156
Coefficient of Variation		0.65891		0.63450
Moment 1 about Arithmetic Mean		0.00000		0.00000
Moment 2 about Arithmetic Mean		3.72356		3.49215
Moment 3 about Arithmetic Mean		6.57665		5.96976
Moment 4 about Arithmetic Mean		49.25541		43.17271
Moment Coefficient of Skewness		0.91531		0.91478
Moment Coefficient of Kurtosis		3.55253		3.54016

فصل چهارم

بر آورد ذخیره

۱- مقدمه

۲- انتخاب روش تخمین ذخیره

۳- بلوک بندی کانسار

۴- فرآیند بلوک بندی و بر آورد ذخیره

۵- اعتبار سنجی مدل متقابل بر اساس شرایط تخمین

۶- بر آورد ذخیره بر مبنای عیار حدهای فرضی

نتایج مطالعات برآورد ذخیره از پیش‌نیازهای مهم انجام مطالعات پیش‌امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی می‌باشد. پس از مدلسازی بلوکی توده معدنی، محدوده نهایی ذخیره قابل استخراج تعیین و ارزش اقتصادی کانسار محاسبه می‌شود.

هر چند الگوریتمهای مختلفی برای تخمین نقاط مجهول از نقاط محدود معلوم وجود دارد. اما به دلیل اثرات نامطلوب خطای تخمین در افزایش ریسک سرمایه‌گذاری لازم است دقیقترین روش تخمین ذخیره که بتوان حداقل توزیع خطای تخمین را تضمین کند به کار گرفته شود.

۴-۲- انتخاب روش تخمین ذخیره

روشهای تخمین ذخیره را می‌توان به طور کلی به دو گروه شامل روشهای سنتی و روشهای جدید تقسیم کرد. روشهای تخمین سنتی بر اصول تجربی استوار هستند و تغییرپذیری عیار و ضخامت در آنها خطی در نظر گرفته می‌شود.

روشهای سنتی مبتنی بر هندسه و قضایای هندسی می‌باشند و تغییرپذیری عیار و ضخامت در تعیین هندسه کانسار دخالت ندارد.

روشهای زمین‌آماری مبتنی بر ساختار فضایی داده‌های عیاری می‌باشد. به دلیل اینکه تعداد داده‌ها کمتر از ۳۰ می‌باشد، بررسی آماری عیار انجام نشده است و بنابراین تخمین ذخیره این کانسار بر مبنای روشهای زمین‌آماري مناسب نمی‌باشد. با توجه به بررسیهای انجام شده، روش عکس مجذور فاصله برای تخمین عیار و ذخیره کانسار انتخاب شد.

این روش تخمین، روشی درونیابی است که در آن اوزان تخمین بر اساس عکس مجذور فاصله نقاط شرکت‌کننده در تخمین نسبت به مرکز بلوک مورد تخمین تعیین می‌شوند.

۴-۳- بلوک‌بندی کانسار

به منظور بهره‌گیری از روش معکوس فاصله برای تخمین عیار متوسط و تناژ توده معدنی، مدل بلوکی آن تهیه شد.

مدل بلوکی، آرایش سه‌بعدی داده‌های رقومی است که نماینده خصوصیتی در مجموعه‌ای از بلوکهای مکعب شکل پرکننده حجم آن خصوصیت است. این خصوصیت می‌تواند لیتولوژی، چگالی، ارزش اقتصادی و عیار یا هر کمیت تعریف شده دیگر باشد.

هر بلوک در مدل بلوکی نماینده حجمی همگن از ماده معدنی است و مجموعه‌ای از خواص نظیر کد لیتولوژی، چگالی، و عیار بدان نسبت داده شده است.

به منظور بلوک‌بندی کانسار، نخست کل فضای تخمین که بلوک مکعب مستطیلی بزرگی در برگیرنده بلوکهای کوچک می‌باشد و سپس ابعاد بلوکهای کوچک دربرگیرنده کل فضای تخمین تعیین می‌شود.

سپس پارامترهای مؤثر برای تخمین خصوصیت بلوکها شامل روش تخمین، شعاع جستجو، حداقل و حداکثر نقاط کنترلی تخمین و وزن نقاط کنترلی در تخمین نقطه مورد تخمین تعیین می‌شود. نهایتاً فرآیند بلوک‌بندی انجام می‌شود و حجم، تناژ و عیار متوسط هر یک از بلوکها تخمین زده می‌شود و از مجموع آنها، حجم، تناژ و عیار متوسط کل توده معدنی برآورد می‌شود.

۴-۳-۱- تعیین فضای تخمین

تحلیل داده‌های اکتشافی از جنبه موقعیت فضایی مناطق عیاردار به مدل هندسی کانسار منتهی می‌شود. برای تهیه مدل بلوکی کانسار ابتدا محدوده نهایی تخمین، به صورت مکعب مستطیلی بزرگ مشتمل بر تمامی بخشهای کانیسازی شده تعیین می‌شود. ضمن بلوک‌بندی، این محدوده تخمین به مجموعه‌ای از بلوکها تقسیم می‌شود.

حالت بهینه، محدود کردن طول فضای تخمین در امتداد کانسار، عرض آن در راستای عمود بر امتداد آن و ارتفاع آن محدود بین پایین‌ترین و بالاترین تراز است.

یکی از خصوصیات روشهای تخمین، هموارسازی تغییرات عیار می‌باشد. اگر تخمین در کل فضای کانسار انجام شود به دلیل خاصیت هموارسازی، مقادیر ناچیز عیار باطله، عیار بلوکهای کانسنگ را کاهش و همچنین مقادیر عیار کانسنگ، عیار بلوکهای باطله را افزایش می‌دهند. با محدود کردن فضای تخمین، به‌طوری که بخش عمده آن را کانسنگ تشکیل دهد، این مشکل تا حدودی تعدیل می‌شود. مرزهای چنین محدوده‌ای بر اساس داده‌های زمین‌شناسی و مقادیر عیار، مشخص می‌شوند.

به منظور محدود کردن فضای تخمین از مدل سه‌بعدی کانسار و مختصات گمانه‌ها استفاده می‌شود. به منظور تعیین حدود فضای تخمین، مختصات طول و عرض جغرافیایی گوشه سمت چپ پایین محدوده مورد نظر برای تخمین و ارتفاع بالاترین تراز محدوده به صورت زیر تعیین شد (شکل ۴-۱):

$$X = 255724m$$

$$Y = 3664080m$$

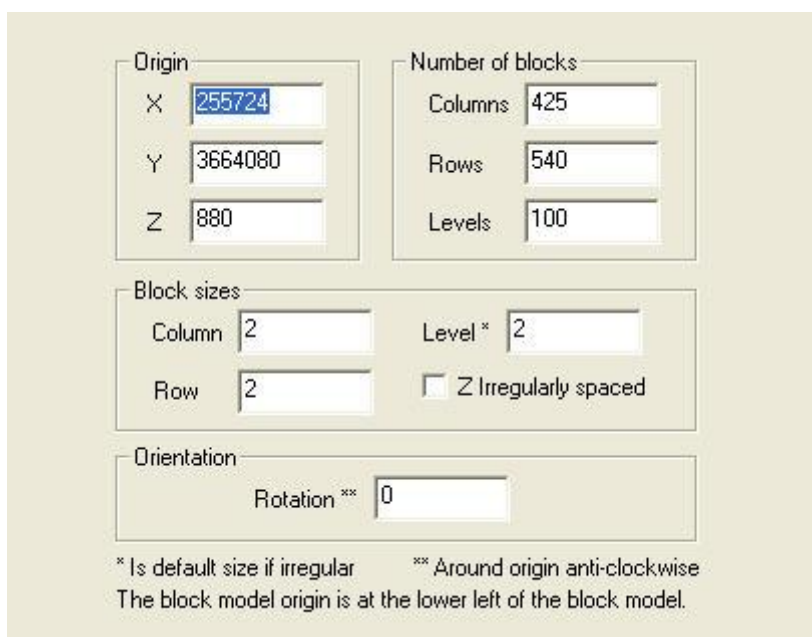
$$Z = 880m$$

با توجه به گستره طولی و عرضی محدوده مورد نظر تخمین و اختلاف ارتفاع بالاترین تراز از ارتفاع پایین‌ترین تراز محدوده و ابعاد بلوک‌های $2 \times 2 \times 2$ متر، تعداد ستونها، ردیفها و ترازهای بلوک‌بندی به صورت زیر تعیین می‌شود (شکل ۴-۱):

$$\text{تعداد ستونها} = 425$$

$$\text{تعداد ردیفها} = 540$$

$$\text{تعداد ترازها} = 100$$



شکل ۴-۱- تعیین فضای تخمین

۴-۳-۲- تعیین ابعاد بلوکها

ابعاد بلوک‌ها موضوعی مهم و تعیین کننده در برآورد ذخیره حاصل از بلوک‌بندی توده معدنی می‌باشد.

هر چه ابعاد بلوکها کوچکتر باشد، تخمین دقیقتر می‌شود اما حجم محاسبات و حافظه برای نگهداری اطلاعات هر بلوک بالا می‌رود و همچنین کاهش زیاد از حد ابعاد بلوکها بهبود چندانی در نتایج ایجاد نمی‌کند.

ابعاد بلوکها در مدل بلوکی $2 \times 2 \times 2$ متر انتخاب شد تا بلوکها تمام بخشهای ماده معدنی را در برگیرد (شکل ۴-۱).

با توجه به ابعاد بلوکها، تعداد بلوکهایی که باید در سه جهت مورد تخمین قرار گیرند عبارتند از:

تعداد ستونها در جهت X : ۴۲۵

تعداد ردیفها در جهت Y : ۵۴۰

تعداد ترازها در جهت Z : ۱۰۰

۴-۳-۳- تعیین شعاع جستجو

یکی از معیارهایی که برای تعیین نقاطی که باید در تخمین هر نقطه شرکت کنند وجود دارد، معیار همسایگی است [۳].

این معیار به ارتباط فضایی داده‌ها مرتبط است. بدین منظور از فاصله‌ای که در محدوده آن نقاط با یکدیگر ارتباط فضایی دارند، استفاده می‌شود که به این فاصله شعاع جستجو می‌گویند. این شعاع معمولاً بر اساس نظر کارشناس تعیین می‌شود و گاهی معادل پیش فرض ارائه شده توسط نرم‌افزار انتخاب می‌شود. انتخاب شعاع جستجوی بزرگ موجب تأثیر نقاطی که ارتباط فضایی با نقطه مورد تخمین ندارد، می‌شود. از سویی انتخاب شعاع جستجوی کوچک موجب کم شدن تعداد نقاط شرکت کننده در تخمین می‌شود و اعتبار مدل را کاهش می‌دهد و تعدادی از نقاط نیز به دلیل نبود داده در فاصله شعاع جستجو، تخمین نمی‌خورد.

شعاع جستجو برای تخمین ذخیره این توده معدنی، در تمام جهات حداکثر مقدار در نظر

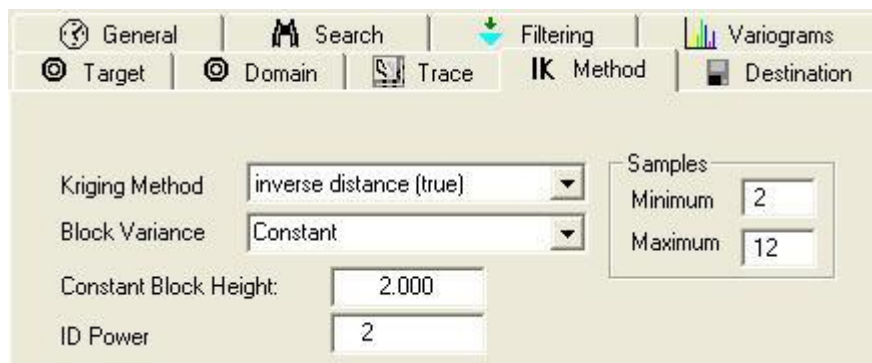
گرفته می‌شود (شکل ۴-۲)

Comment	SAMPLE SEARCH PARAMETERS		
Search Anisotropy	No rotation		
	Range 1 (Anisotropy X)	9999.000	
	Range 2 (Anisotropy Y)	9999.000	
	Range 3 (Anisotropy Z)	9999.000	
Search Type	ellipsoidal	High Grade Transition	9999.000
		High Grade Range 1	9999.000
		High Grade Range 2	9999.000
		High Grade Range 3	9999.000
Maximum per 'Hole'	0		

شکل ۴-۲- تعیین شعاع جستجو

۴-۳-۴- تعیین حداقل و حداکثر نقاط کنترلی تخمین

معمولاً در تخمین حداقل تعداد نقاطی که به ازای یک شعاع جستجو باید در تخمین شرکت کنند نیز تعیین می‌شود. حداقل تعداد نقاط، اعتبار تخمین در هر نقطه را کنترل می‌کند. هر چه تعداد نقاط کنترلی شرکت کننده در تخمین بیشتر باشد، اعتبار تخمین بیشتر است. بنابراین برای تخمین هر نقطه حداقل تعداد نقاط کنترلی را تعیین می‌کنند، به طوری که اگر تعداد نقاط کنترلی در محدوده جستجو کمتر از حداقل تعداد نقاط لازم باشد، نقطه مورد نظر تخمین نخورد. حداکثر تعداد نقاط مشارکت کننده در تخمین کمیت مورد نظر در نقطه‌ای با مختصات معلوم با اهمیت است. اهمیت تعیین این حد برای کاهش اثر سرشکن‌شدگی است زیرا هرچه تعداد نقاط بیشتری با هم میانگین‌گیری شوند، اثر سرشکن‌شدگی و نوسانات عیار بیشتر خواهد شد. با توجه به تعداد کم داده‌ها حداقل تعداد نقاط کنترلی ۲ و حداکثر آن ۱۲ انتخاب شد (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- تعیین حداقل و حداکثر نقاط کنترلی تخمین

۴-۳-۵- تعیین وزن نقاط کنترلی در تخمین نقطه مورد تخمین

یکی دیگر از پارامترهای مهم در تخمین کمیت مورد نظر در نقطه مطلوب وزن هر یک از داده‌ها واقع در محدوده جستجو برای تخمین آن است. در روش معکوس فاصله، وزن مورد نظر همان توان فاصله داده‌ها تا نقطه مورد تخمین است. اغلب توان ۲ انتخاب می‌شود و ضمن تخمین ذخیره این توده معدنی، توان ۲ انتخاب شد (شکل ۳-۴).

۴-۳-۶- تعیین داده‌های مورد نظر در تخمین

در این بخش داده‌های مورد نظر برای تخمین در نظر گرفته می‌شود. برای تخمین عیار آهن در فرآیند بلوک بندی، حداقل عیار آهن معادل ۲۰ درصد انتخاب می‌شود (شکل ۴-۴).
 حداقل عیار برای تخمین عیار منگنز ضمن فرآیند بلوک بندی ۰/۱ درصد است که در شکل ۴-۵ فیلتر مقادیر عیار منگنز بالای ۰/۱ درصد انتخاب شده است.

Minimum and Maximum values for sample selection				
	Value	Easting	Northing	Elevation
Minimum	20.00000	-999999.00	-999999.00	-999999.00
Maximum	10000.000	10000000.00	10000000.00	50000.00

شکل ۴-۴- تعیین حداقل عیار آهن برای تخمین عیار

Comment: Sample Comments

High Grade Cut Value: 10000.000
NOTE - Values above the high grade cut value will be cut to that value, but NOT excluded from the data set

Minimum and Maximum values for sample selection

	Value	Easting	Northing	Elevation
Minimum	0.10000	-999999.00	-999999.00	-999999.00
Maximum	10000.000	10000000.00	10000000.00	50000.00

Duplicate Samples: Do Nothing

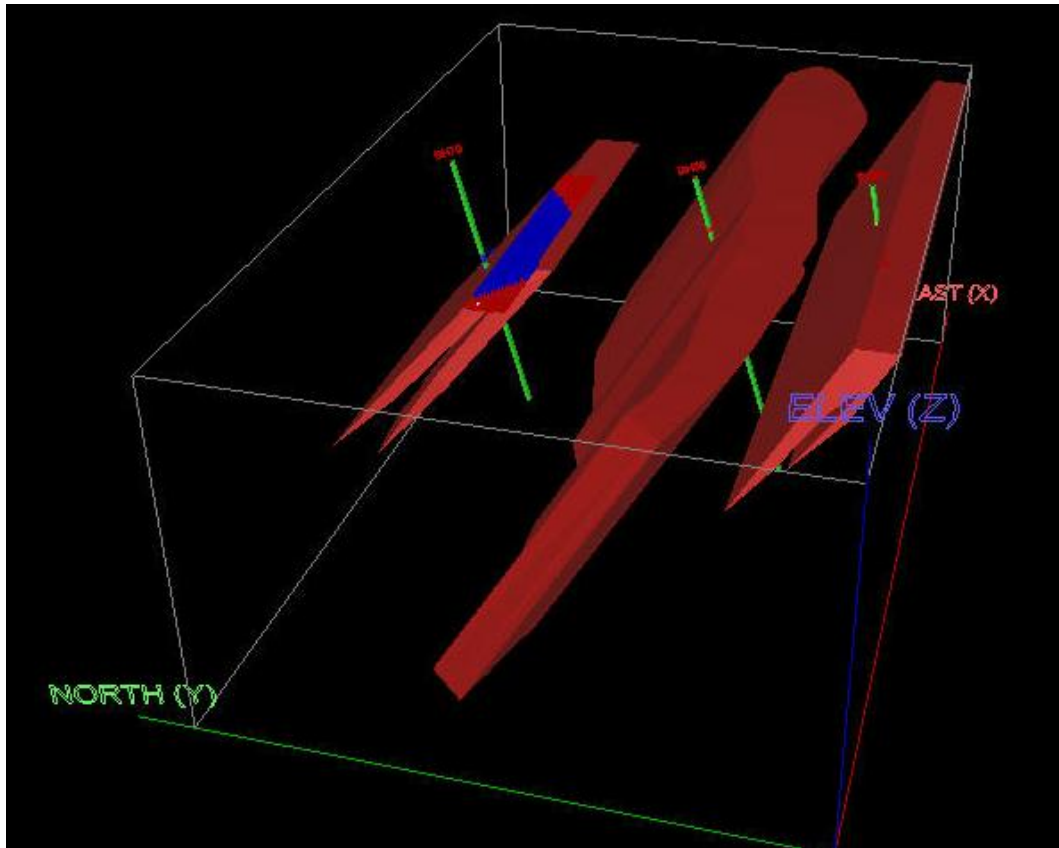
شکل ۴-۵- تعیین حداقل عیار منگنز برای تخمین عیار

۴-۴- فرآیند بلوک بندی و برآورد ذخیره

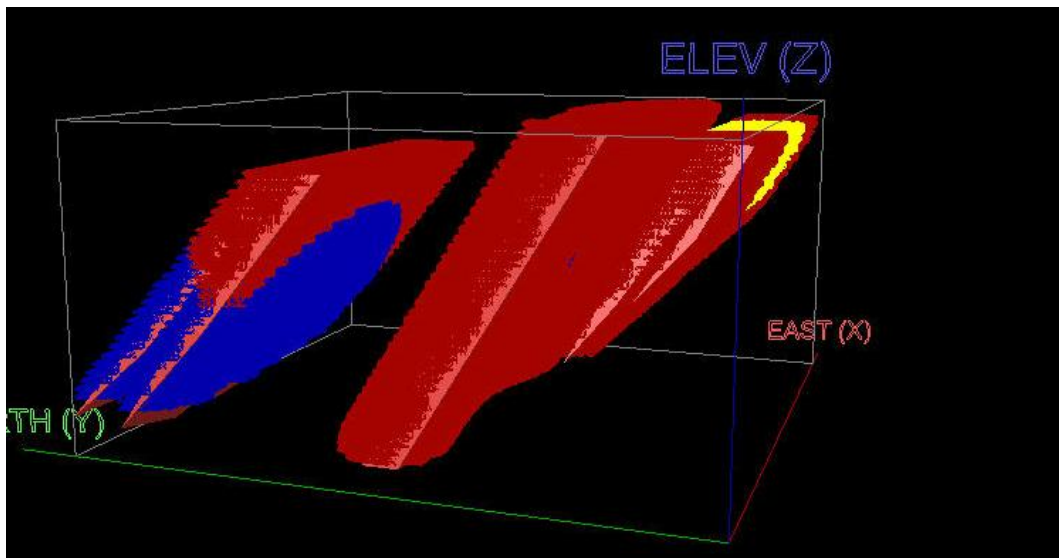
نرم افزار با توجه به ابعاد بلوک های تعریف شده و سایر پارامترهای تعیین شده برای تخمین، کل توده معدنی را بلوک بندی نموده و سپس بیضی گون جستجو را در مرکز هر کدام از این بلوک ها قرار داده و خصوصیت های آن بلوک را به نسبت عکس مجذور فاصله با شعاع جستجوی حداکثر تخمین می زند. بدین ترتیب خصوصیت های تمام بلوک ها تخمین زده می شوند.

شکل ۴-۶ نحوه تخمین عیار آهن بلوک ها را به کمک بیضوی جستجو نشان می دهد. شکل

۴-۷ بلوک های حاوی عیار آهن و شکل ۴-۸ بلوک های حاوی عیار منگنز را نشان می دهد.

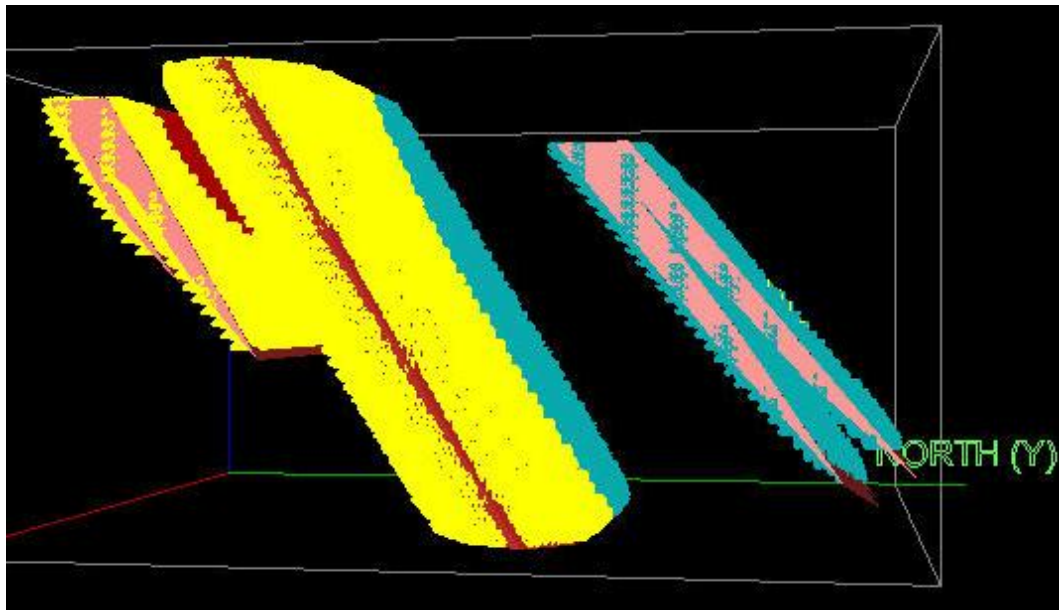


شکل ۴-۶- نحوه تخمین بلوکها از مدل سه بعدی کانسار



>= Lower Bound	< Upper Bound	Colour
20.00000	30.00000	Blue
30.00000	40.00000	Red
40.00000	50.00000	Yellow

شکل ۴-۷- مدل بلوکی حاوی عیار آهن



>= Lower Bound	< Upper Bound	Colour
0.10000	1.10000	Blue
1.10000	2.10000	Red
2.10000	3.10000	Yellow
3.10000	4.10000	Cyan
4.10000	5.00000	Magenta

شکل ۴-۸- مدل بلوکی حاوی عیار منگنز

بعد از تخمین عیاری بلوکها، می‌توان مقدار عیار متوسط تخمینی کل بلوکها را گزارش‌گیری کرد.

پس از تخمین، تعداد بلوک ماده معدنی مورد ارزیابی قرار گرفته ۶۵۱۰۷ می‌باشد. همچنین میانگین عیار آهن بلوکها، ۳۴/۱۹ درصد می‌باشد، در حالی که میانگین عیار آهن نمونه‌ها ۳۴/۳۵ درصد بوده است (شکل ۴-۹).

Rock code	Total	Done	Mean block grade	Sample mean	Not selected	Errors	Too few samples	Too few octants	%
0	651057	651057	34.18598	34.35714	0	0	0	0	0
Other	0								

TOTAL	651057	651057			0	0	0	0	0

شکل ۴-۹- گزارش نتایج تخمین عیار آهن حاصل از بلوک‌بندی کانسار

همچنین میانگین عیار منگنز بلوکها، ۳/۰۳ درصد می باشد، در حالی که میانگین عیار منگنز نمونه ها ۲/۹۳ درصد بوده است (شکل ۴-۱۰).

Rock code	Total	Done	Mean block grade	Sample mean	Not selected	Errors	Too few samples	Too few octants	%
0	651057	651057	3.03090	2.92857	0	0	0	0	0
Other	0								
.....									
TOTAL	651057	651057			0	0	0	0	0

شکل ۴-۱۰- گزارش نتایج تخمین عیار منگنز حاصل از بلوک بندی کانسار

با توجه به میزان وزن مخصوص ماده معدنی که معادل ۳/۵ تن بر مترمکعب بوده و حجم بلوک های حاصل از بلوک بندی، تناژ ماده معدنی به صورت زیر به دست می آید:

$$\text{تن } 3/5 \times 8 \times 651057 = 18229600$$

با لحاظ این که یک سوم ذخیره هر سه توده معدنی در بخش اکسیده واقع شده است، کل میزان ذخیره اکسیده ۶۰۷۶۵۳۰ تن می باشد.

میزان محتوای فلزی آهن و منگنز از حاصل ضرب تناژ در عیار متوسط بلوکها بدین صورت به دست می آید:

$$\text{میزان محتوای فلزی آهن } 6230876 \text{ تن} = 18229600 \times 0/34$$

$$\text{میزان محتوای فلزی منگنز } 546888 \text{ تن} = 18229600 \times 0/03$$

بدین ترتیب میزان محتوای فلزی آهن در بخش اکسیده ۲۰۷۶۹۶۰ تن برآورد می شود.

بعد از بلوک بندی توده معدنی، علاوه بر عیار متوسط (٪)، واریانس (٪)²، انحراف معیار (٪)،

ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی عیار آهن و منگنز بلوکها برآورد می شود.

واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات عیار آهن بلوکها به ترتیب (٪)² ۷/۱۶، (٪) ۲/۶۷ و

۰/۰۷ و چولگی و کشیدگی عیار آهن بلوکها ۰/۴۱۶- و ۴/۱۶ می باشد.

واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات عیار منگنز بلوکها به ترتیب (٪)² ۰/۱۴، (٪) ۰/۳۷ و

۰/۱۲ و چولگی و کشیدگی عیار منگنز بلوکها ۰/۶۳- و ۱۵/۲۷ می باشد.

این شاخصها بیانگر تغییرات عیاری کم بلوکهای تخمین زده شده است.

۴-۵- اعتبار سنجی مدل متقابل براساس شرایط تخمین

آزمون اعتبار متقابل (*Cross Validation*) عبارت است از بررسی صحت تعیین شرایط تخمین براساس انجام تخمین در نقاط معلوم.

در این مرحله می‌توان به بهینه‌سازی پارامترهای تخمین پرداخت. برای بهینه‌سازی پارامترهای تخمین لازم است شعاع تأثیر و همچنین حداکثر و حداقل نقاط شرکت کننده در تخمین هر بلوک بهینه شود. برای این کار از روش آزمون اعتبار متقابل استفاده شده است.

نتایج حاصل از مقادیر عیار آهن در مکان داده‌های حذف شده در یک گمانه با مقادیر واقعی در همان مختصات مقایسه شد و اختلاف بین مقادیر واقعی و تخمین به دست آمد. این اختلاف گاهی در حدی است که کانسنگ را باطله و یا باطله را کانسنگ معرفی خواهد کرد. در این صورت یک اشتباه رخ داده است و این حالات به عنوان یک اشتباه شمارش می‌شود. حال اگر مقادیر واقعی، دلالت بر باطله داشته باشند و مقادیر تخمینی هم در همان مختصات باطله بدست آید، تخمین انجام شده تخمینی بی‌خطا خواهد بود. بدیهی است که اگر مقادیر واقعی، یک نقطه را کانسنگ معرفی می‌کند و مقادیر تخمینی نیز دلالت بر وجود کانسنگ داشته باشند باز هم تخمین بی‌خطا به حساب خواهد آمد.

میانگین عیار آهن بلوک‌هایی که در ۷ نمونه قرار گرفته، $34/60$ درصد می‌باشد، در حالی که میانگین عیار آهن نمونه‌ها $34/35$ درصد بوده که در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است. این نتیجه اعتبار قابل قبول تخمین عیار آهن بلوک بندی را تأیید می‌کند.

Kriging Results for F:\pa\BlockData\fe\CROSS_FE.KRG

Inverse Distance Ellipsoid Search Close

Kriging Results

Rock code	Total	Done	Mean block grade	Sample mean	Not selected	Errors	Too few samples	Too few octants	%
0	651057	651057	34.18598	34.35714	0	0	0	0	0
Other	0								
.....									
TOTAL	651057	651057			0	0	0	0	0

Cross-validation Results

Rock code	Total	Done	Mean block grade	Grade StDev	Sample mean	Sample StDev	Correlation	Errors	Too few sam
ALL	7	7	34.60397		34.35714			0	0

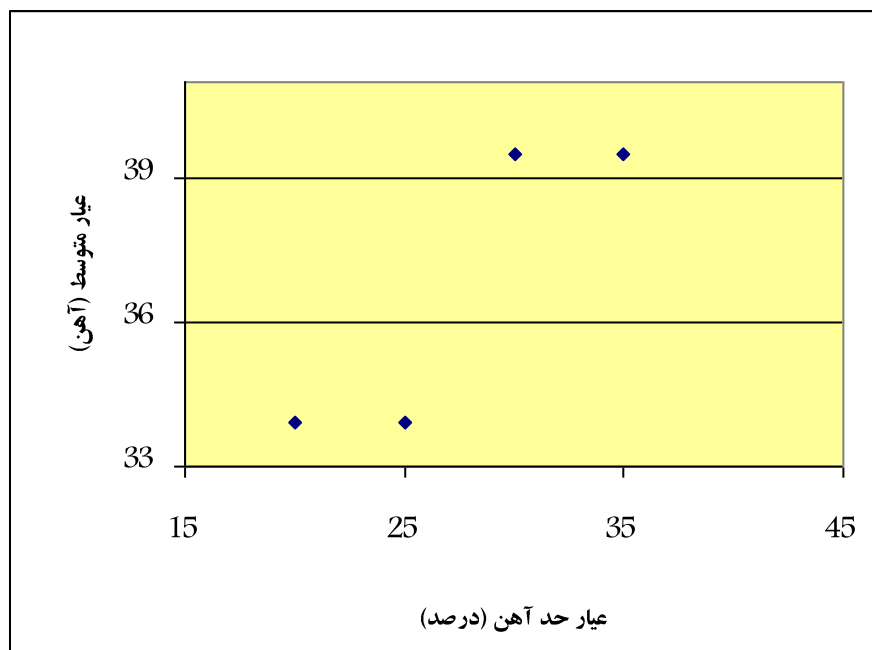
شکل ۴-۱۱- گزارش نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل بلوکی کانسار

شایان ذکر است که تخمین عیار منگنز نیز مشابه تخمین عیار آهن از اعتبار بسیار خوبی برخوردار است.

۴-۶- برآورد ذخیره بر مبنای عیار حدهای فرضی

با توجه به عیار تخمینی بلوکها و جرم مخصوص بلوکها می‌توان به محاسبه مقدار ذخیره به ازاء عیار حدهای مختلف پرداخت.

در شکل ۴-۱۲ منحنی عیار متوسط- عیار حد محاسبه شده آهن ارائه شده است. همان گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، مقدار عیار حد در محور افقی و مقدار عیار متوسط در محور قائم آورده شده است.



شکل ۴-۱۲- روند تغییرات عیار متوسط تخمینی بر مبنای عیار حدهای فرضی

همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش عیار حد از ۲۰ تا ۳۰ درصد، عیار متوسط در حدود ۶ درصد افزایش می‌یابد.

پس از برآورد هزینه‌ها و درآمد حاصل از اجرای پروژه در راستای انجام مطالعات پیش‌امکانسنجی، میزان عیار حد که معادل عیاری است که به‌ازای آن هزینه‌ها و درآمد حاصل از استحصال هر تن کانسنگ معادل می‌شود، محاسبه می‌شود.

بر اساس درونیابی از این نمودار، می‌توان میزان عیار متوسط تخمینی و محتوای فلزی برآورد شده را بر مبنای عیار حد محاسبه شده برآورد کرد و بدین ترتیب میزان ذخیره قابل استخراج تعیین می‌شود.

فصل پنجم
نتیجه‌گیری و
پیشنهادها

نتیجه‌گیری

مدلسازی توده معدنی پلی‌متال چاه‌پلنگ شمالی بر اساس عملیات اکتشافی شامل حفر یک ترانشه و ۳ گمانه و نتایج عیار متوسط آهن و منگنز بخشهای حاوی ماده معدنی انجام شده است. شکل سه‌بعدی توده معدنی بر اساس نتایج برداشت ترانشه‌ها و لاگینگ گمانه‌ها، نقشه زمین‌شناسی سطحی و نتایج برداشت ژئوفیزیکی به صورت سه توده عدسی‌گون مجزا با رخنمون سطحی و تا عمق ۲۰۰ متر مدل شد.

میزان حجم مدل سه‌بعدی توده معدنی ۵۲۱۱۲۲۸ مترمکعب و با احتساب وزن مخصوص متوسط معادل ۳/۵ تن بر مترمکعب، میزان ذخیره زمین‌شناسی توده معدنی بالغ بر ۱۸۲۳۹۰۰۰ تن به دست می‌آید.

حجم و تناژ ذخیره اکسیده هر سه توده معدنی به ترتیب معادل ۱۷۰۳۰۲۰ متر مکعب و ۵۹۶۰۵۷۰ تن می‌باشد. با توجه به میزان حجم و تناژ کل ذخیره گزارش شده، در حدود یک سوم کل ذخیره برآورد شده مربوط به بخش اکسیده و دوسوم کل ذخیره مربوط به ذخیره بخش اولیه است.

بر اساس مطالعات آماری انجام شده، میانگین عیار آهن، ۳۴/۳۵ درصد، واریانس ۴۹/۳۴ مجذور درصد، انحراف معیار ۷/۰۲ درصد، ضریب تغییرات ۰/۲۰، چولگی ۰/۲۹ و کشیدگی ۱/۹۴ به دست آمد. میانگین عیار منگنز، ۲/۹۳ درصد، واریانس ۳/۷۲ مجذور درصد، انحراف معیار ۱/۹۳ درصد، ضریب تغییرات ۰/۶۵، چولگی ۰/۹۱ و کشیدگی ۳/۵۵ به دست آمد.

با توجه به بررسیهای انجام شده، روش عکس مجذور فاصله برای تخمین عیار و ذخیره کانسار انتخاب و به منظور بهره‌گیری از روش معکوس فاصله برای تخمین عیار متوسط و تناژ توده معدنی، مدل بلوکی آن بر اساس شکل سه‌بعدی توده تهیه شد.

بعد از تخمین، حجم توده معدنی ۵۲۰۸۴۵۶ متر مکعب، میانگین عیار آهن بلوکها، ۳۴/۱۸ درصد و محتوای فلزی ۶۲۳۰۸۷۶ تن آهن برآورد شد. با توجه به میانگین عیار منگنز بلوکها، ۳/۰۳ درصد، محتوای فلزی ۵۴۶۸۸۸ تن منگنز برآورد می شود.

با لحاظ این که یک سوم ذخیره هر سه توده معدنی در بخش اکسیده واقع شده است، کل میزان ذخیره اکسیده ۶۰۷۶۵۳۰ تن می باشد. بدین ترتیب میزان محتوای فلزی آهن در بخش اکسیده ۲۰۷۶۹۶۰ تن برآورد می شود.

نتایج اعتبارسنجی مدل حاکی از این است که مدل با اعتبار خوبی تخمین خورده است.

در این خصوص پیشنهاد می شود که ابتدا به تکمیل اطلاعات اکتشافی پرداخته شود به طوری که تمام آنها تقریباً اطلاعاتی در یک سطح و دقت از اکتشافات را دارا باشند و سپس براساس مجموع اطلاعات و نتایج بدست آمده اقدام به مطالعات پیش امکان سنجی نمود.

در مجموع با توجه به تاثیرات مثبت اجتماعی پروژه بر منطقه، با توجه به حجم پایین عملیات اکتشافی، توسعه عملیات اکتشافی شامل حفر تعدادی گمانه بیشتر به منظور مدلسازی دقیقتر و افزایش دقت و میزان برآورد ذخیره توصیه می شود.