

## ارزیابی ذخیره باقیمانده در تونل‌های معدن زیرزمینی چاهسرب طبس با استفاده از نرم‌افزار Datamine

فرخنده امینی\*<sup>۱</sup>، احمد خاکزاد<sup>۲</sup>، محمدرضا جعفری<sup>۳</sup>، محمدرضا حکیمی<sup>۴</sup>، علیرضا گنجی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

۲، ۳- عضو هیات علمی گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

۴، ۵- عضو هیات علمی گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان

(\*عهده دار مکاتبات- [aminip62@yahoo.com](mailto:aminip62@yahoo.com))

### چکیده

ارزیابی ذخیره باقیمانده در معادن متروکه یا در حال بهره‌برداری یکی از مهمترین پارامترهای لازم برای طراحی و برنامه‌ریزی تولید در معدن است. نرم‌افزار Datamine از جمله نرم‌افزارهای معروف موجود در این زمینه می‌باشد که در حال حاضر یکی از پرکاربردترین نرم‌افزارهای برآورد ذخیره به شمار می‌آید. در این مقاله، ارزیابی ذخیره سرب و روی باقیمانده در معدن چاهسرب واقع در طبس با استفاده از نرم‌افزار مذکور صورت گرفته است. نخست پلان‌های زمین‌شناسی تونل‌های ۱، ۲، ۴، ۵ و ۶ در این معدن تهیه شده است. سپس مدل هندسی کانسار با استفاده از اطلاعات حاصل از کانی‌سازی باقیمانده در تونل‌ها تهیه شده و سپس با ساختن مدل‌های تورسیمی و تخمین عیار و وزن مخصوص هر بخش کانی‌سازی میزان ذخیره کانسنگ سرب و روی در تونل‌های ۱، ۲، ۴، ۵ و ۶ معادل ۴۵۹۷۶ تن برآورد شده است. همچنین میزان سرب و روی محتوی باقیمانده در این کانسار به ترتیب برابر با ۲۰۴۲ و ۵۹۷۴ تن می‌باشند.

**واژگان کلیدی:** چاهسرب، ارزیابی ذخیره، Datamine، طبس.

### ۱- مقدمه

امروزه مدل‌سازی کانسارها و ارزیابی ذخایر آن‌ها با کمک نرم‌افزارهای پیشرفته رایانه‌ای از مهمترین کارها در اکتشاف معدن می‌باشد. دلیل مهم این امر کمک به شناخت بهتر مدل توصیفی کانسار و نیز مدل عیار-ذخیره آن است (Moon, Ch.J. and et al., 2006 and Cox and Singer, 1986). از سویی دیگر در صورت وجود میزان ذخیره و عیار مناسب عناصر ارزشمند همراه عنصر اصلی، می‌توان معدن را با دید استخراج چندفلزی طراحی نمود و سوددهی آن را به شدت افزایش داد (Murray, 2005 and Foose and Graunch, 1986). در معادن متروکه یا فعال نیز با این کار می‌توان میزان ذخایر و منابع باقیمانده را نیز بخوبی ارزیابی نمود و برای ادامه کار معدن برنامه‌ریزی مناسبتری نمود (Stoker and Gilfillan, 2001). با توجه به اینکه در ایران معادن متروکه و یا فعال قدیمی بسیاری وجود دارند که هنوز میزان قابل توجهی ذخایر و منابع معدنی در آن‌ها وجود دارد، استفاده از نرم‌افزارهایی چون Datamine برای ارزیابی منابع و ذخایر باقیمانده در آن‌ها و برنامه‌ریزی برای تولید آن‌ها اهمیت بسیاری دارد و می‌تواند به بهبود معدنکاری در کشور عزیزمان کمک شایانی نماید. در این مقاله با استفاده از نرم‌افزار Datamine میزان ذخایر باقیمانده سرب و روی در تونل‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷ معدن چاهسرب واقع در شهرستان طبس و استان خراسان جنوبی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

## ۲- مشخصات کانسار چاهسرب

کانسار سرب و روی چاهسرب در استان خراسان جنوبی و در فاصله ۶۶ کیلومتری شمال غرب طبس و ۱۶ کیلومتری شمال غرب آبادی شیرگشت قرار دارد. این منطقه در تقسیم‌بندی زون‌های تکتونیکی-رسوبی ایران (نبوی، ۱۳۵۵) در محدوده زون ساختاری ایران مرکزی و در نقشه زمین‌ساخت ایران در بلوک طبس قرار دارد (پورعبداللهی، ۱۹۸۷). کانی‌سازی سرب و روی در کانسار متروکه چاه سرب در تناوب سنگ‌های میزبان روی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شیرگشت، لایه‌های آهنی قلعه دختر است که سن آن به ژوراسیک میانی نسبت داده شده است. در این محدوده کانی‌سازی عمدتاً محدود به طبقات دولومیتی- آهنی سازند شتری است و در لیتولوژی‌های دیگر کمیاب است. کانی‌شناسی کانسنگ بسیار ساده و غالباً شامل گالن و اسفالریت، همراه با کانی‌های باطله کلسیت و سیلیس می‌باشد. پیریت که از همراهان معمول کانسنگ‌های سرب و روی در سنگ‌های کربناتی است در اینجا کمیاب است (پورعبداللهی، ۱۹۸۷).

## ۳- روش پژوهش

مراحل ساخت یک مدل گویا از این کانسار با استفاده از نرم‌افزار Datamine را می‌توان در سه مرحله جای داد. مرحله اول ساخت مدل هندسی کانسار می‌باشد. بلوک بندی عیاری کانسار در مرحله دوم صورت می‌گیرد و در نهایت در مرحله سوم ارزیابی ذخیره انجام می‌گیرد. در این پژوهش اطلاعات موجود شامل پلان‌های زمین‌شناسی از تونل‌های استخراجی و نیز اطلاعات حاصل از نمونه‌های برداشت‌شده از هر بخش آن بودند. بدلیل ناکافی بودن تعداد نمونه‌های برداشت شده امکان استفاده از روش‌های زمین‌آماری میسر نگردید. سه‌بعدی سازی بخش‌های کانی‌سازی در هر تونل با استفاده از اصل تعمیم‌دادن انجام گرفت.

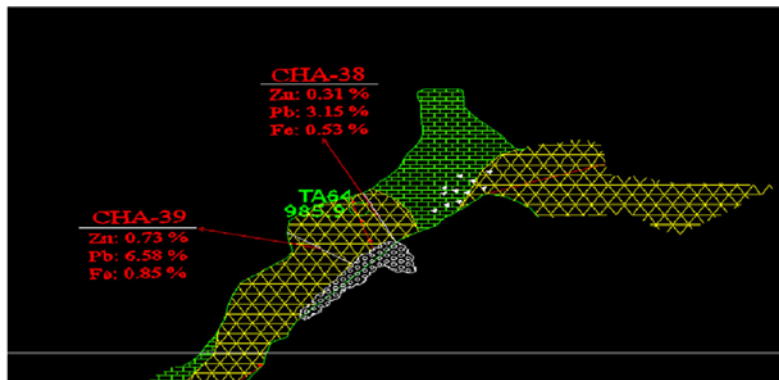
در بحث مدلسازی و ارزیابی ذخیره، ابتدا پلی‌گون‌های مربوط به هر کانی‌سازی تفکیک شد و در محیط Datamine، مدل‌های تورسیمی (Wireframe) تهیه گردید و با محاسبه وزن مخصوص مربوط به نمونه‌های برداشت‌شده، محاسبه حجم و تناژ هر یک از آن‌ها توسط نرم‌افزار انجام گردید و در نهایت ذخیره هر تونل محاسبه شد. لازم به ذکر است محاسبه ذخیره برای هر تونل به تفکیک صورت گرفته است.

## ۴- مدلسازی سه‌بعدی کانی‌سازی‌ها

برای ارزیابی ذخیره باقیمانده تونل‌ها نخست باید موقعیت قرارگیری کانی‌سازی‌ها در هر تونل و مدل سه‌بعدی آن‌ها را ساخت. این مرحله شامل پنج زیربخش می‌باشد:

۱- ساماندهی داده‌ها و آماده‌سازی جداول اطلاعاتی در نرم‌افزار Excel شامل داده‌های عیاری و نیز داده‌های وزن مخصوص متناظر برای هر عیار در هر تونل صورت پذیرفت.

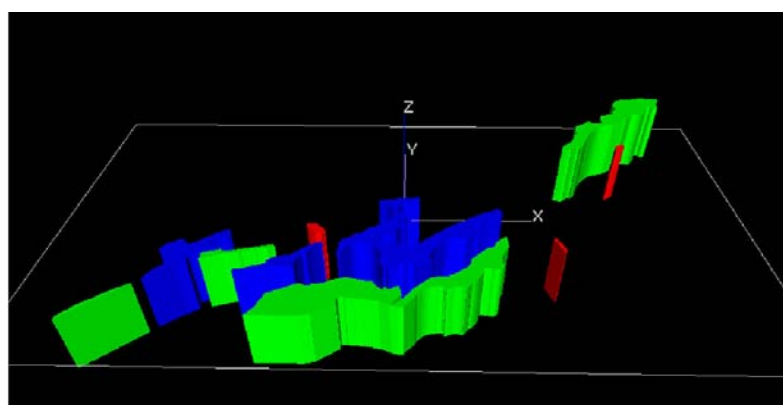
۲- آماده‌سازی پلان‌های زمین‌شناسی هر تونل در نرم‌افزار AutoCAD انجام گرفت. در این مرحله هر بخش کانی‌سازی در هر تونل نخست توسط یک پولی‌گون (منحنی بسته) محصور می‌شود. در گام دوم به دلیل اینکه ارتفاع درست در برخی پلان‌ها رعایت نشده‌بود، یک اصلاح ارتفاعی نیز برای این‌ها صورت پذیرفت. در گام سوم آن بخش‌های کانی‌سازی که گسل‌خورده بودند به دو بلوک مجزا بخش شدند تا اثر گسل بر روی عیار و کانی‌سازی بیش از پیش مشهود شود (شکل ۱).



شکل ۱: مدل اتوکدی کانی سازی‌های موجود در تونل شماره ۱

۳- در این مرحله پولی‌گون‌های حاصل به نرم‌افزار Datamine نسخه ۳ وارد شدند. با توجه به این که باید این‌ها در ساختار AutoCAD2004 باشند، تمام فایل‌های مربوط به پولی‌گون‌ها به این فرمت تبدیل شده و به نرم‌افزار مدلساز وارد می‌شوند. با توجه به اینکه فاصله پلان‌ها از یکدیگر ده متر در نظر گرفته شده‌است، هر پولی‌گون ۵ متر به بالا و ۵ متر نیز به پایین تعمیم داده می‌شود.

۴- در این مرحله با استفاده از امکانات موجود در نرم‌افزار مدل سه‌بعدی تورسیمی (Wireframe) هر بخش کانی‌سازی ساخته شد. با توجه به عیار موجود در هر بخش یک رنگ خاص به بخش مربوطه تخصیص داده شد. این رنگ برای عیارهای بسیار کم (در حد ۱ درصد و کمتر برای هر دو عنصر سرب و روی) آبی، در حالت عیار متوسط (در حد عیار کمتر از ۱۰ درصد برای هر عنصر) سبز و در حالت عیارهای بالا (عیارهای بالای ۱۰ درصد برای هر عنصر) برای عناصر قرمز در نظر گرفته شد. در این بخش، محدوده ماده معدنی به صورت تفکیک عیاری بر اساس رنگ مشخص گردیده است. بنوعی این کار یک نوع بلوک‌بندی است و کمک به شناخت بهتر وضعیت کانسنگ در هر تونل می‌نماید. برای این کار آن بخش از ماده معدنی که دارای نمونه آنالیز شده بود مورد مدلسازی قرار گرفت. حتی برای دقت بالاتر بخش‌های با گسل‌خوردگی نیز به دو بخش تفکیک شدند تا مدلسازی بهتر صورت پذیرد. همانطور که در شکل یک واضح است، از هر سه نوع جامعه عیاری در تونل شماره ۱ مشاهده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲: مدل سه‌بعدی کانی‌سازی‌های موجود در تونل شماره ۱

## ۵- ارزیابی ذخایر باقیمانده

در این مرحله با توجه به کمبود اطلاعات بخصوص در امر تعداد نمونه‌ها از روش‌های ترکیبی استفاده شد. یعنی اینکه با استفاده از روش‌های نوینی چون مدل‌سازی سه‌بعدی کانسار و بلوک‌بندی کانسنگ در هر تونل براساس وضعیت قرارگیری و نیز اطلاعات موجود و گسل‌های دیده شده، با استفاده از روش آمار کلاسیک عیار متوسط سرب و روی در هر بلوک تخمین خورد و میزان وزن مخصوص نیز بدنبال آن بدست آمد. بدین‌گونه هر بخش ماده معدنی در هر تونل مورد ارزیابی قرارگرفت.

انتخاب بهترین روش تخمین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و باید با توجه به موقعیت و شرایط کانسار انتخاب شود، مثلاً بهترین روش تخمین برای کانسار تیپ رگه‌ای، ممکن است بهترین روش برای کانسار تیپ لایه‌ای و رسوبی نباشد (Houlding, 1994). قبل از محاسبه میزان کانسنگ هر یک از بخش‌های کانه‌سازی، حجم هر یک از آن‌ها توسط نرم‌افزار محاسبه گردید. با استفاده از نرم‌افزار به‌راحتی حجم هر مدل تورسیمی مربوط به هر کانی‌سازی محاسبه می‌شود. در ادامه براساس نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت‌شده عیار متوسط سرب و روی را در هر پلی‌گون کانه‌سازی محاسبه کرده سپس با توجه به اطلاعات پایه در فایل موجود در نرم‌افزار Excel، وزن مخصوص مربوط به آن براساس عیار سرب و روی متناظر موجود مشخص شد. با واردکردن وزن مخصوص مربوط به آن بلوک، تناژ و حجم مدل تورسیمی کانی‌سازی موردنظر بدست می‌آید و در نتیجه می‌توان مقدار کل ذخیره را به صورت مجموعه‌ای از ذخیره این بلوک‌ها محاسبه نمود. در جدول شماره ۱ به طور فهرست‌وار نتایج ذخیره سرب و روی در تونل‌ها به طور مجزا آورده شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌شود بیشترین کانسنگ‌ها و نیز بیشترین سرب و روی محتوی باقیمانده در تونل‌های ۱ و ۲ کانسار مشاهده می‌شوند.

جدول ۱: خلاصه محاسبات ارزیابی ذخایر معدن چاه‌سرب در تونل‌های موردبررسی

نقشه	مجموع کل سرب محتوی (تن)	مجموع کل روی محتوی (تن)	میزان کانسنگ
تونل ۱	۵۸۳/۹۵	۱۵۵۹/۵۳	۲۱۴۳/۴۸
تونل ۲	۸۰۵/۱۶	۳۳۰۴/۳۶	۴۱۰۹/۵۲
تونل ۴	۲۵۳/۸۲۹۹	۷۷۲/۳۶۵	۱۰۲۶/۱۹۴۹
تونل ۵	۱۱۳/۳۷	۲۲۲/۳۲	۳۳۵/۶۹
تونل ۶	۲۸۵/۴۸	۱۱۵/۹۱	۴۰۱/۳۹
مجموع	۲۰۴۱/۷۸۹۹	۵۹۷۴/۴۸۵	۸۰۱۶/۲۷۴۹

## ۶- نتیجه‌گیری

از آنجا که نوع، صحت و دقت مدل‌های زمین‌شناسی ساخته شده بستگی به نوع و میزان اطلاعات در دسترس دارد بنابراین به دست آوردن اطلاعات کامل و با دقت بالا از کانسار و همچنین جمع‌آوری و ساماندهی اطلاعات حاصل از حفاریات اکتشافی به شیوه مهندسی و قابل کاربرد برای مهندسیین طراح امری اجتناب‌ناپذیر است. استفاده از نرم‌افزارهای مدل‌سازی برای ارزیابی ذخیره کانسارها علاوه بر بالابردن سرعت و دقت انجام محاسبات، امکان ذخیره‌سازی تمامی اطلاعات جمع‌آوری شده در بانک اطلاعاتی نرم‌افزار را به کاربر خواهد داد تا مدیریت داده‌ها راحت‌تر صورت گیرد.

مطالعات انجام شده در معدن چاهسرب نشان داد که بیشترین میزان ذخایر باقیمانده در تونل‌های ۱ و ۲ معدن مزبور موجود می‌باشد. با ساختن مدل‌های تورسیمی و تخمین عیار و وزن مخصوص هر بخش کانی‌سازی میزان ذخیره کانسنگ سرب و روی در تونل‌های ۱، ۲، ۴، ۵ و ۶ معادل ۴۵۹۷۶ تن برآورد شده است. با توجه به نتایج به دست آمده تناژ سرب و روی در تونل‌های ۱، ۲، ۴، ۵ و ۶ به ترتیب برابر با ۲۰۴۲ و ۵۹۷۴ تن می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌شود که برای استخراج ذخایر باقیمانده، تونل‌های شماره ۱ و ۲ در اولویت قرار بگیرند.

#### ۷- سپاسگزاری

با تشکر از استاد ارجمند جناب آقای دکتر پیمان افضل که نظرات ارزشمند در جهت رفع نواقص این مقاله ارائه نمودند و نویسندگان را در انجام این مقاله یاری کردند.

#### ۸- منابع

۱. پورعبداللہی دیزج، ع.، ۱۳۸۷، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و نحوه تشکیل کانسار چاهسرب (شمال طبس)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ص ۱۱.
2. Cox, D.P. and Singer, D.A., 1986, Mineral Deposit Models, United States Geological Survey, New York.
3. Foose, M.P. and Graunch, V.J.S., 1986, Low Ti Iron Oxide CU-U-AU-REE Deposits, U.S. Geological Survey, New York.
4. Houlding, S.W., 1994, 3D Geo-science modelling computer techniques for geotechnical characterization, Berlin-Heidelberg: springer-verlag.
5. Moon, Ch.J.; Whateley, M.K.G. and Evans, A.M., 2006, Introduction to Mineral Exploration, Blackwell, Oxford.
6. Murray, W. Hitzman, 2005, @evolution in mining- implications for exploration, MINING ENGINEERING, PP. 30- 33.
7. Stoker, P.T. and Gilfillan, J.F., 2001, Mineral Resource and Ore Reserve Estimation, AusIMM, Australia.