

تخمین ذخیره زمین آماری کانسار مس جانجا

خاطره دانایی^۱، علی مرادزاده^۲، غلام حسین نوروزی باغکمه^۳، ریچارد اسمیت^۴، میثم عابدی^۵، فرشاد ژولیدهسر^۶، شهرام ادیب^۷

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران، تهران، ایران، danaei.khatereh@ut.ac.ir

^۲ استاد تمام، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران، تهران، ایران، a_moradzadeh@ut.ac.ir

^۳ استاد تمام، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران، تهران، ایران، norouzi@ut.ac.ir

^۴ استاد تمام، دانشکده علوم زمین، دانشگاه لورنشین، سادبری، کانادا، rsmith@laurentian.ca

^۵ استادیار، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران، تهران، ایران، MaysamAbedi@ut.ac.ir

^۶ دکتری مهندسی اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران، تهران، ایران، F.joulidehsar@ut.ac.ir

^۷ مدیر اکتشاف معدن، شرکت تهیه و تولید مواد معدنی، تهران، ایران، fardadib@yahoo.com

چکیده

مدل سازی و تخمین ذخیره جزء مهمترین مراحل طراحی هر معدن است. بنابراین یکی از مهمترین مسائلی که مهندسی معدن با آن روبرو هستند، تعیین حدود ماده معدنی (کانسار) و تخمین کمیت و کیفیت ذخیره است. در این مقاله نتایج مدل سازی و تخمین ذخیره به روش زمین آماری برای معدن مس جانجا ارائه می گردد. برای انجام مراحل فوق از نرم افزار دیتامین استفاده شده است. در ابتدا با استفاده از اطلاعات موجود نظیر داده های اکتشافی، مقاطع زمین شناسی و غیره، شکل کانسار به صورت یک پوسته توخالی تهیه و سپس این پوسته با در نظر گرفتن شیب و امتداد اولیه، توسط بلوک های کوچکتر پر گردید. در مرحله بعد تحلیل های آماری و زمین آماری بر روی داده های اکتشافی صورت گرفته و عملیات تخمین عیار برای مدل بلوکی، با روش کریجینگ انجام شد. پس از بررسی صحت تخمین ها از طریق اعتبارسنجی متقابل، میزان ذخیره کانسار محاسبه گردید. **واژه های کلیدی:** مدل سازی، مدل بلوکی، نرم افزار Datamine، معدن مس جانجا.

Geostatistical reservoir modeling of Janja copper deposit

Khatereh Danaei¹, Ali Moradzadeh², Gholam-Hossain Norouzi³, Richard Smith⁴,
MaysamAbedi⁵, Farshad joulidehsar⁶

¹ PHD student, Department of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, danaei.khatereh@ut.ac.ir.

² Professor, Department of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, a_moradzadeh@ut.ac.ir.

³ Professor, Department of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, norouzi@ut.ac.ir.

⁴ Professor, Department of Earth Sciences, Laurentian University, Sudbury, Canada, rsmith@laurentian.ca.

⁵ Assistant Professor, Department of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, MaysamAbedi@ut.ac.ir.

⁶ PHD, Department of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, F.joulidehsar@ut.ac.ir

⁷ Director of Mine Exploration, Minerals Production Company, Tehran, Iran, fardadib@yahoo.com

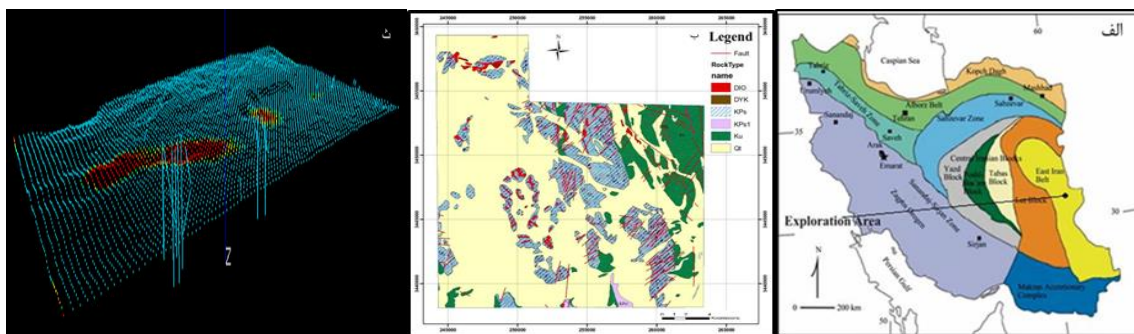
Abstract

Modeling and ore reserve estimation are very important in excavation designing of any mine. Thus, description and evaluation (quantitatively and qualitatively) of ore body for Mining Engineer is a vital task. In this research, the results of modeling and reserve estimation of Janja copper mine are presented through implementing a geostatistical modeling. For this purpose, DATAMINE software is utilized. In the first step, using information such as exploratory data, geological sections, and so on, the border of sought target is created and then is discretized into smaller blocks considering dip and direction of the layer. In the next step, statistical and geostatistical analysis on the drilling data is performed to estimate the grade of blocky model using kriging. After cross validation of the results, the amount of the resource is determined.

Keywords: Modeling, Block model, Datamine Software, Janja copper mine.

۱ مقدمه

مس یکی از مفیدترین و پرمصرفترین عناصر فلزی و اولین فلزی است که توسط بشر کشف شده است. مس جزء محدود فلزاتی است که به صورت آزاد در طبیعت یافت می‌شود. منابع شناخته شده جهان ۹۱۱ میلیون تن فلز مس و ذخیره احتمالی آن را ۲۴۰۰ میلیون تن فلز برآورد کرده است. ایران از لحاظ ذخایر معدنی روی کمربند مس قرار گرفته است که این کمربند از جنوب شرق شروع شده و تا شمال غرب و نواحی آذربایجان ادامه دارد که به کمربند ارومیه-دختر معروف است. کانسار مس جانجا در ۲۰۵ کیلومتری جنوب شرقی نهبندان واقع شده است. برای تخمین ذخیره کانسار در این تحقیق از ۲۵ حفاری استفاده شده است که باز هم حفاری‌ها در محدوده در حال انجام است [۱]. برای مدل‌سازی عیاری توده‌های معدنی روش‌های گوناگونی وجود دارد که مدل‌سازی با روش کریجینگ یکی از روش‌های مرسوم در جهان است که به صورت گسترده در تخمین ذخیره معادن ایران مورد استفاده قرار گرفته است. مزیت اصلی این روش نسبت به سایر روش‌ها تأثیر موقعیت نمونه نسبت به نقطه مورد تخمین و ارائه خطای تخمین می‌باشد [۲]. در این راستا اطلاعات حاصل از آنالیز گمانه‌های اکتشافی از نظر مقادیر خارج از ردیف، تعداد جوامع و نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفتند. بلوک مدل مورد تخمین با توجه به شبکه حفاری و وضعیت معدنکاری با ابعاد $10 \times 10 \times 2.5$ تعریف شد. در نهایت کریجینگ با استفاده از نرم‌افزار دیتامین انجام گرفت. منطقه جانجا بر اساس تقسیم‌بندی ساختاری ایران، در زون ساختاری شرق ایران است (شکل ۱ الف) که روی نقشه $1:250,000$ زابل و $1:1,000,000$ خونیک و بندان واقع شده است (شکل ۱ ب). به طور کلی رخنمون سنگی این محدوده شامل سنگ‌های رسوبی و سنگ‌های آذرین درونی می‌باشد. سنگ‌های رسوبی آن شامل ماسه‌سنگ-شیل سازند شمشک، سنگ آهک‌های ژوراسیک و شیل‌های مارنی به اضافه رسوبات کواترنری است. سنگ‌های آذرین خروجی نیز شامل داسیت و توف‌های لایه‌ای است [۳]. همچنین شکل (۱ ث) داده‌های اینورژن بدست آمده از mag3d در دیتامین را نشان می‌دهد که چاه‌ها نیز همزمان نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت محدوده در زون‌های ساختاری ایران، (ب) نقشه زمین‌شناسی پهنا اکتشافی جانجا، اقتباس از نقشه $1:1,000,000$ خونیک با کمی تغییرات، (ث) نمایش داده‌های اینورژن بدست آمده از mag3d در دیتامین.

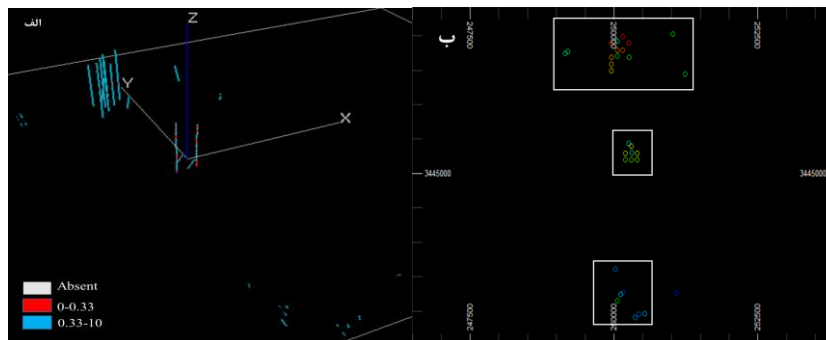
۲ روش تحقیق

در محدوده مورد مطالعه از نرم‌افزار دیتامین برای تخمین ذخیره چاه‌های موجود استفاده شده است. برای وارد کردن یکسری داده گمانه، داخل دیتامین باید موارد زیر که در ادامه تشریح می‌شود، انجام شود. این داده شامل سه دسته Collar (مختصات سر گمانه‌ها)، Survey (هندسه گمانه مثل آزیموت و شیب)، Assay (عیار گمانه‌ها) می‌باشد که فایل آنها به عنوان نمونه در شکل ۲ برای داده‌های جانجا آورده شده است.

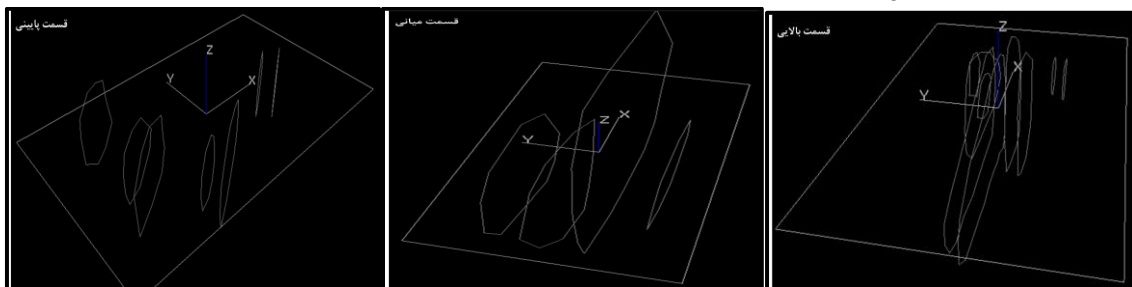
collar				survey				assay			
BHID	X COLLAR	Y COLLAR	Z COLLAR	BHID	DIP	BRG	AT	BHID	FROM	TO	CU_PERC_CALC
BH-01	251093	3443252	2078.44	BH-01	-60	200	0	BH-01	4	5	0.0036
BH-02	250170	3443261	2068.827	BH-02	-60	315	0	BH-01	9.8	10.8	0.0046
BH-03	250442	3442948	2074.533	BH-03	-60	355	0	BH-01	11	12	0.0044
BH-04	250032	3443602	2064.256	BH-04	-70	350	0	BH-01	12	13	0.0049
BH-05	250379	3442895	2068.402	BH-05	-60	315	0	BH-01	13	14	
BH-06	250544	3442951	2080.89	BH-06	-60	355	0	BH-01	19	20.1	0.0052
BH-07	250124	3443237	2067.767	BH-07	-60	315	0	BH-01	23.5	24.5	0.0047
BH-08	250267	3445424	2084.551	BH-08	-60	180	0	BH-01	24.5	25.5	0.0043
BH-09	250072	3446916	2098.246	BH-09	-70	180	0	BH-01	33.4	34.5	0.0048
BH-10	250320	3445290	2094.204	BH-10	-60	180	0	BH-01	34.5	35.5	0.0008
BH-11	249163	3446738	2089.244	BH-11	-60	340	0	BH-01	35.5	36.5	0.0014
BH-12	249208	3446760	2091.464	BH-12	-60	340	0	BH-01	36.5	37.5	0.0005
BH-13	251245	3446433	2100.604	BH-13	-70	200	0	BH-01	37.5	38.5	0.0008
BH-14	250070	3446695	2087.507	BH-14	-90	0	0	BH-01	38.5	39.5	0.0013
BH-15	251029	3447019	2117.16	BH-15	-60	0	0	BH-01	39.5	40.5	0.0012
BH-16	250070	3443146	2062.582	BH-16	-60	315	0	BH-01	40.5	41.5	0.0009
BH-17	250270	3446677	2088.046	BH-17	-70	180	0	BH-01	41.5	42.5	0.0035
BH-18	250211	3445187	2091.706	BH-18	-90	0	0	BH-01	42.5	43.5	0.0016
BH-19	250311	3445187	2093.8	BH-19	-90	0	0	BH-01	43.5	44.5	0.0004
BH-20	250411	3445187	2091.76	BH-20	-90	0	0	BH-01	44.5	45.5	0.0011
BH-21	250211	3445287	2093.134	BH-21	-90	0	0	BH-01	45.5	46.5	0.003
BH-22	250411	3445287	2099.264	BH-22	-90	0	0	BH-01	46.5	47.5	0.0027
BH-25	250311	3445387	2088.974	BH-25	-90	0	0	BH-01	47.5	48.5	0.0015
BH-32	249965	3446480	2082.521	BH-32	-90	0	0	BH-01	48.5	49.5	0.0012

شکل ۲: داده‌های مورد نیاز برای وارد شدن به نرم‌افزار.

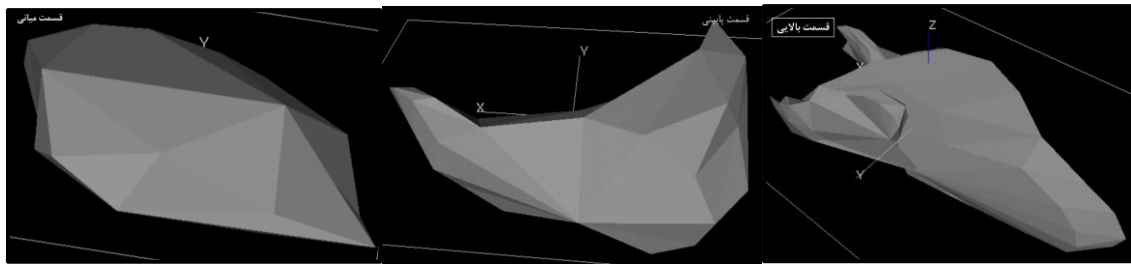
بعد از ادغام کردن این سه فایل، گمانه‌ها ایجاد می‌شوند. سپس دور هر گمانه string کشیده می‌شود. از وصل کردن stringها، wireframe (یا پوسته) ایجاد می‌شود. بعد با کشیدن پوسته دور گمانه‌ها، داخل پوسته بلوک‌بندی می‌شود. با کمک داده‌های معلوم، عیار بلوک‌های مجهول با روش‌های مختلف تخمین زده می‌شود و سپس با داشتن حجم، عیار بلوک‌ها و چگالی کانسنگ، نمودار عیار تناژ رسم می‌شود. در ادامه دید از بالای گمانه‌ها در محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است. شکل ۳-الف نمایش سه بعدی گمانه‌ها همراه با رنگ‌بندی آنها و لجنده آنها در محدوده مورد مطالعه آورده شده است. همچنین چون فاصله‌ی گمانه‌ها در محدوده مورد مطالعه زیاد می‌باشد برای تخمین ذخیره چاه‌ها، محدوده مورد مطالعه به سه قسمت بالایی، میانی و پایینی تقسیم شده است که به صورت کادر سفید رنگ در شکل ۳-ب نشان داده است. در شکل ۴ نمایش سه‌بعدی مقاطع که دور آنها استرینگ کشیده شده است و در شکل ۵ نمایش پوسته سه‌بعدی ساخته شده در محدوده مورد مطالعه برای هر سه قسمت بالایی، میانی و پایینی نشان داده شده است. در شکل ۶ نمایش سه‌بعدی مدل تخمین زده شده همراه رنگ‌بندی در محدوده مورد مطالعه برای هر سه قسمت بالایی، میانی و پایینی نشان داده شده است.



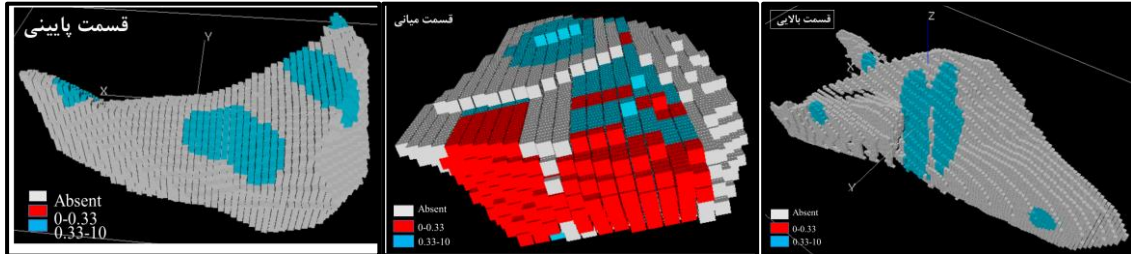
شکل ۳: الف) نمایش سه‌بعدی گمانه‌ها در محدوده مورد مطالعه ب) دید از بالای گمانه‌ها



شکل ۴: استرینگ دور مقاطع قسمت بالایی، میانی و پایینی.



شکل ۵: پوسته سه بعدی ساخته شده قسمت بالایی، میانی و پایینی



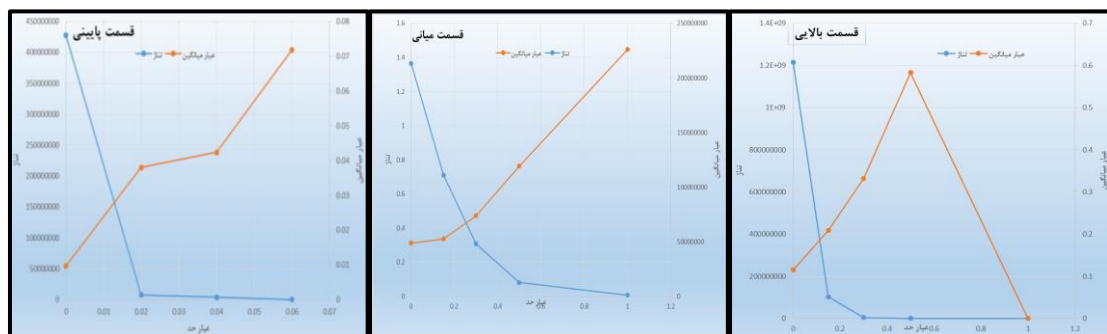
شکل ۶: نمایش سه بعدی مدل تخمین زده شده قسمت بالایی، میانی و پایینی همراه رنگ بندی.

۳- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از مدل سازی اخیر کانسار مس جانجا که با توجه به کارهای اکتشافی جدید انجام شده است، میزان ذخیره در قسمت میانی با توجه به این تعداد چاه با عیار متوسط ۰.۳۳ برابر با ۴۸ میلیون تن می باشد که پیشنهاد می شود با توجه به گپ اطلاعاتی موجود برای ارائه دقیق تر ذخیره معدن، گمانه های جدید با شبکه منظم طراحی گردند. در جدول ۱ بررسی آماری داده های حفاری منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. در شکل ۷ و جدول ۲ به ترتیب نمودار و جدول عیار تناژ در محدوده مورد مطالعه برای هر سه قسمت بالایی، میانی و پایینی نشان داده شده است. در قسمت پایینی محدوده مورد مطالعه عیار نمونه ها بسیار پایین است و ارزش بررسی ندارد اما قسمت بالایی کمی شرایط بهتر می شود ولی در محدوده میانی عیار نمونه ها بالاتر و در نتیجه میزان ذخیره تخمین زده شده بیشتر است.

جدول ۱: بررسی آماری داده های حفاری منطقه مورد مطالعه

نام عنصر و کانسار	تعداد گمانه	تعداد نمونه	میانگین عیار نمونه ها	مینیمم عیار نمونه ها	ماکزیمم عیار نمونه ها	واریانس عیار نمونه ها	عیار حد	متر از کل حفاری	طول نمونه کامپوزیت شده
مس پوروفیری جانجا	۲۵	۴۲۵۸	۰.۱۴۶	۰.۰۰۰۰۱	۴.۳۱	۰.۰۰۳۶	۰.۳۳	۸۴۶۶.۱	۲



شکل ۷: نمودار عیار تناژ قسمت بالایی، میانی، پایینی

جدول ۲: عیار تناژ قسمت بالایی، میانی، پایینی

عیار میانگین	عیار حد	تناژ	
0.114983	0	1215406250	عیار تناژ قسمت بالایی
0.208788	0.15	102937500	
0.332142	0.3	4015625	
0.582723	0.5	15625	
0	1	0	
0.312666	0	213250000	عیار تناژ قسمت میانی
0.336309	0.15	111031250	
0.47289	0.3	47968750	
0.762891	0.5	12640625	
1.445931	1	1125000	
0.00969	0	427500000	عیار تناژ قسمت پایینی
0.038004	0.02	7437500	
0.042341	0.04	3750000	
0.071864	0.06	15625	

تشکر و قدرانی

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران به خاطر تامین داده‌های مغناطیس‌سنجی جانجا جهت انجام این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

۱. شرکت تهیه و تولید مواد معدنی، ۱۳۹۹، گزارش پیشرفت عملیات اکتشافی در محدوده جانجا.
۲. کشمیری، ب.، ۱۳۸۳، " کاربرد نرم افزار Datamine - در برآورد ذخیره کانسار انگوران"، کنفرانس مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس.
۳. شرکت - ملی صنایع مس ایران، ۱۳۸۴، گزارش اکتشافات معدنی.