

# طرح استخراج و همگون سازی ماده معدنی در معدن دره کاشان به روش زمین آمار

امان... ملک محمدی

حسن مدنی

استادیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر      دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## چکیده:

معدن دره کاشان که در ۱۳ کیلومتری جنوب غربی کاشان قرار دارد، یکی از معادن مهم باریت ایران است. با توجه به تولید نسبتاً بالای معدن، نوسانات ایجاد شده در خوراک ارسالی به کارگاه فرآوری، مشکلاتی را به بار می آورد که مهمترین آنها کاهش راندمان و افزایش باطله است. در این تحقیق ابتدا با بررسی اطلاعات موجود، مدل توزیع ماده معدنی در کانسار تعیین شد. سپس اطلاعات حاصل از چالهای اکتشافی یک بلوک استخراجی مورد پردازش قرار گرفت و مدل تغییر نمای منطبق با آن مشخص گردید. براساس این اطلاعات، برنامه ای برای استخراج و همگون سازی ماده معدنی پیشنهاد شد که اجرای آن تا حد زیادی از مشکلات موجود، خواهد کاست.

## Planning the Mining and Belending Schedules in Dorreh Barite Mine by Geostatistical Methods

Hassan Madani

Amanollah Malak Mohammadi

Assistant Professor, Mining Dept.  
AmirKabir University.

M. Sc. Student, Mining Dept.  
AmirKabir University.

### Abstract:

*Dorre barite mine is located 13 Km south west of Kashan in central part of Iran and is one of the largest barite deposits in Iran. In order to achieve an enhanced uniformity in the density of run-of-mine, a normal distribution model was first determined. A gaussian model was then adopted for the variogram of the blocks, based on the information gathered from blasting holes of typical mining blocks. Using these models and information, the reserves and variance of the blocks were calculated. A loading and blending schedule is then produced that reduces the variations of the mine output and hence the feed for the pre-processing plant.*

## ۱- آشنایی

مقاله حاضر، بخشی از تحقیقات انجام شده در قالب پروژه کارشناسی ارشد تحت عنوان ارزیابی ذخیره، بلوک بندی و طراحی استخراج و همگون سازی ماده معدنی در معدن دره کاشان است. معدن دره کاشان، به وسیله شرکت درین کاشان بهره برداری می شود که این شرکت، خود یکی از شرکتهای تابعه شرکت سرمایه گذاری وابسته به سازمان تأمین اجتماعی است.

## ۲- اطلاعات عمومی درباره معدن باریت دره کاشان

معدن باریت دره کاشان در فاصله ۱۳ کیلومتری جنوب غرب کاشان قرار دارد. آب و هوای ناحیه دره، خشک و کویری است. تابستانهای بسیار گرم و زمستانهای سرد و خشکی دارد.

معدن در ناحیه ای کوهستانی واقع شده است. در این ناحیه وضعیت آب و هوایی از حالت کویری خشک به شرایط کوهستانی تغییر می یابد لذا دارای رگبارهای موضعی سیل آسا و زمستانهای پر برف است. منطقه فاقد رودخانه فصلی است و از نظر پوشش گیاهی فقیر است.

## ۳- تاریخچه معدن

عملیات استخراج سنگ باریت از معدن دره از سال ۱۳۵۶ آغاز شد. قبل از انقلاب معدن متعلق به یک شرکت مختلط ایرانی-آمریکایی به نام درین ایمکو بود. کارخانه تولید پودر باریت نیز در همان زمان نصب و راه اندازی شد. پس از انقلاب، به مدت هفت سال کارخانه تعطیل بود و از خط تولید موجود در جهت تولید سایر محصولات معدنی استفاده می شد. در سال ۱۳۶۶ مجدداً استخراج باریت از معدن دره شروع شد و هم اکنون با ظرفیت تولید سالانه ۷۰۰۰۰ تن باریت در حال استخراج است. بجز خط تولید باریت، مجتمع دارای امکانات تولید زغال و گوگرد میکرونیزه، آهک هیدراته و بعضی محصولات دیگر صنایع معدنی است که این امکانات به همت کارکنان مجتمع فراهم آمده است.

## ۴- مروری بر وضعیت فعلی استخراج و فرآوری سنگ معدن

معدن باریت دره کاشان در حال حاضر به روش استخراج سطحی مورد بهره برداری قرار می گیرد.

استخراج کانسنگ با حفر چالهایی به قطر ۶۴ میلی متر در پله های استخراج به ارتفاع ۳ متر، با فاصله ردیف چالهای ۱/۵ متر و فاصله داری ۲ متر انجام می شود. خرج گذاری چالها با آنفو و استفاده از دینامیت به عنوان کمک خرج و انفجار توسط فتیله انفجاری انجام می گیرد. سنگ خرد شده توسط لودر در کامیونهای ۱۰ و ۱۶ تنی بارگیری و تا محل سنگ شکن فکی اولیه در محوطه معدن حمل می شود.

براساس عملیات اکتشافی انجام شده، معدن به چهار بلوک تحت عنوان بلوکهای ۱ تا ۴ تقسیم بندی شده است. سنگ معدن پس از یک مرحله سنگ شکنی تا حد زیر ۱۰ سانتی متر توسط نوار در محل مجاور سنگ شکن انباشت می شود و مجدداً با کامیون تا بونکر بین راه حمل می گردد. این بونکر در واقع خوراک دهنده یک لوله ۶۰ متری به قطر ۵۰ سانتی متر است که به علت صعب العبور بودن بخشی از مسیر، در فاصله بین معدن و کارخانه نصب شده است. سنگ در پایانه لوله مجدداً توسط لودر بارگیری و به وسیله کامیون تا کارخانه حمل می شود. فاصله بین معدن تا کارخانه ۸ کیلومتر است. سنگ باریت در مجاورت کارخانه در محوطه ای انباشت شده و توسط لودر مجدداً به بونکر سنگ شکن، حمل می شود. از این مرحله به بعد چرخه عملیات خردایش و کانه آرایی سنگ باریت در محوطه کارخانه شروع می شود. مدار خردایش و فرآوری سنگ باریت در شکل (۱) نشان داده شده است. سنگ باریت در یک مدار بسته توسط یک خوراک دهنده دوار از مسیر ۲ به سرند لرزان دو طبقه منتقل و بخش درشت آن توسط سنگ شکن فکی تا زیر ۲ سانتی متر خرد و بخش ریزدانه توسط سرندي با ابعاد چشمه ۸ میلی متر جدا می شود. بخش خرد شده تا حد مطلوب از طریق مسییر ۹ به دستگاه چیک، خوراک دهی می شود. بخش درشت دانه تا حد ۸ میلی متر در سنگ شکن غلتک خرد و مجدداً در مدار خردایش قرار می گیرد. نسبت کلی خردایش در کل مسیر سنگ شکنی حدود ۲۲ است.

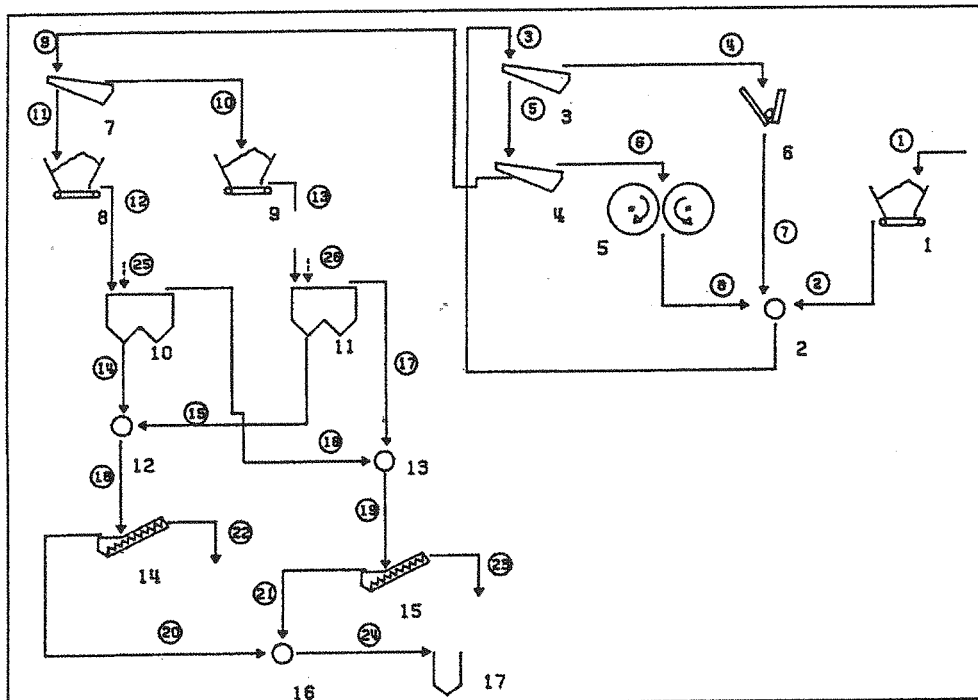
محصول پر عیار جیکها توسط یک کلاسیفایر مارپیچی نرمه گیری و در نهایت توسط نوار در محوطه مجاور جیک تلمبار می شود، باطله نیز پس از نرمه گیری به محل انباشت باطله منتقل می گردد. سنگ باریت فرآوری شده به آسیای غلتکی هدایت می شود. باریت در این آسیا تا حد ۲۲۵ میکرون خرد شده و پس از

بسته بندی به منظور استفاده در حفاری چاه های عمیق به شرکت نفت تحویل داده می شود. وزن مخصوص نسبی باریت تحویلی باید  $4/2$  باشد.

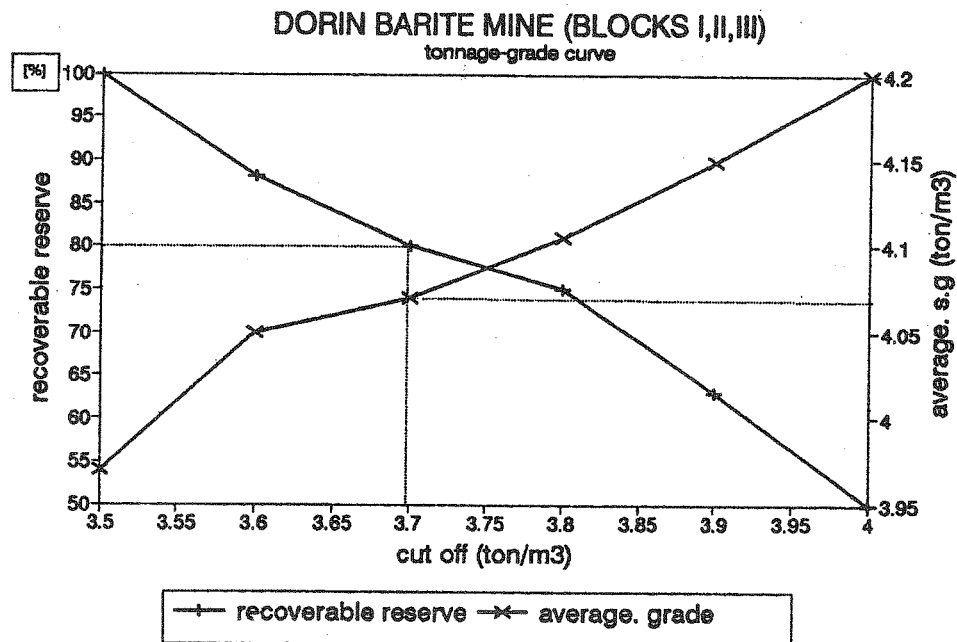
### ۵- وضعیت توزیع ماده معدنی

منحنی تناژ عیار باریت در بلوکهای ۱، ۲ و ۳ برای وزن مخصوص حد  $3/2$  تا ۴ در شکل (۲) آورده شده است. با توجه به اینکه نمونه های مورد پردازش از هر ۳ بلوک I, II, III، تهیه شده اند لذا ویژگی های مدل توزیع حاصله (میانگین و واریانس) را می توان با اطمینان بیشتری معرف خصوصیات وزن مخصوص باریت در کل کانسار تلقی کرد. براساس منحنی تناژ عیار، وزن مخصوص نسبی حدود ۵۰ درصد از ذخیره معدن بالاتر از  $4 t/m^3$  است، یعنی اگر تمام بخشهای معدن را با مغزه هایی به قطر ۶۰ میلی متر و طول ۱ متر استخراج کنیم، انتظار می رود که وزن مخصوص نسبی ۵۰ درصد ذخیره بالای ۴ و وزن مخصوص نسبی متوسط  $4/2$  باشد. شایان ذکر است که این وزن مخصوص دقیقاً منطبق بر استاندارد کیفی محصول مورد نظر است، لذا می توان گفت که با انتخاب وزن مخصوص  $4 t/m^3$ ، کانسنگ

استخراج شده را مستقیماً می توان در صنعت نفت به کار برد. واضح است که این بررسی صرفاً از دیدگاه آماری قابل قبول است و نقطه ضعف آن در عدم تعیین موقعیت مکانی بلوکهای استخراجی است، بدین معنی که اگر چه می توان ذخیره قابل استحصال را با دقت بالا تخمین زد لیکن موقعیت مکانی بلوکها را نمی توان به طور دقیق مشخص کرد. نکته دیگر، مسأله وضعیت گسترش لایه و ساختار آن در کانسار است. در واقع این پرسش مطرح می شود که آیا نمونه های با وزن مخصوص نسبی بالاتر از ۴ به چه نحوی در معدن گسترش یافته اند. آیا در میان سایر بخشهای کم عیارتر پراکنده اند و یا به صورت یک پارچه و مداوم قرار گرفته اند و یک زون بندی مشخص و یک پارچه ای را نشان می دهند. به منظور مشخص شدن این مطلب، کلیه مقاطع زمین شناسی مربوط به یخشهای اکتشاف شده بلوکهای I, II, III مورد بازبینی و بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی ها نشان می دهد که در محدوده های اکتشاف شده در بلوکهای I, II, III بخشهای با وزن مخصوص نسبی بالاتر از ۴ عموماً به حالت لایه ای و در بالای ناحیه کم عیارتر قرار دارند و از تداوم و یکپارچگی برخوردارند.



شکل (۱) کانه آرابی سنگ باریت [۱]



شکل (۲) منحنی تناژ وزن مخصوص باریت بخش اکتشاف شده بلوکهای I, II, III [۲]

کرد. این که وضعیت خوراک دهی باید به همین منوال ادامه یابد یا استخراج گزینشی انجام گیرد و با اکتشافات حین استخراج تکمیل شود و بالاخره کپه های همگن سازی احداث گردد، به عوامل متعدد زیر بستگی دارد:

- الف- میزان تغییرات مجاز محصول و احتمالاً جریمه ناشی از تحویل محصولی خارج از استاندارد
- ب- هزینه های مربوط به جیک
- ج- هزینه های حمل و نقل
- د- هزینه های استخراج
- ه- هزینه های اکتشافات تکمیلی و تقضیلی
- ز- میزان ذخیره کانسار و برنامه های استخراجی دراز مدت

ح- امکان فروش محصول به کشورهای دیگر چنانچه عوامل یاد شده مشخص و میزان ریسک و احتمال تغییرات هر یک از عوامل براساس شرایط ویژه خود نیز مشخص باشد، در یک نگرش کلی که در آن فاکتورهای یاد شده در رابطه ای منطقی قرار گیرند، می توان برنامه ریزی تولید را به نحوی انجام داد که حداقل هزینه را در برداشته باشد و در ضمن تغییرات در هر بخش در چارچوب حد مجاز قرار گیرد.

با توجه به اثبات مزایای استخراج گزینشی<sup>۲</sup> در

۶- بررسی اختلاط مواد در معدن دره کاشان به منظور ارزیابی نحوه اختلاط مواد در معدن دره و تأثیر آن بر سیستم فرآوری به عنوان بخشی از عملیات استخراج و کنترل مواد اولیه، وزن مخصوص باریت اندازه گیری شده در سه ماهه و نیم آخر سال ۱۳۷۰ و سال ۱۳۷۱ جمع آوری و به طور جداگانه مورد پردازش قرار گرفت.

براساس این بررسی ها، وزن مخصوص نسبی متوسط خوراک ورودی به دستگاه جیک ۳/۹۴ و انحراف استاندارد داده ها ۰/۰۹ است. هر چند میزان چولگی<sup>۱</sup> توزیع فراوانی وزن مخصوص بالاست اما با فرض توزیع طبیعی، دامنه نوسانات وزن مخصوص باریت با سطوح اعتماد مختلف به شرح جدول (۱) است.

چنانچه نتایج جدول (۱) را مبنای ارزیابی قرار دهیم، در این صورت دامنه تغییرات بیش از حد متعارف خواهد شد. واضح است که این دامنه تغییرات زیاد، تأثیر منفی بر کارکرد سیستم جیک می گذارد. نوسانات خوراک ورودی موجب کاهش بازیابی کیفی دستگاه جیک و به هدر رفتن پول و انرژی است.

کیفیت خوراک دهی به سیستم را با توسل به اکتشافات دقیق تر حین استخراج، استخراج گزینشی و یا احداث کپه همگن سازی مواد می توان بیشتر کنترل

مقایسه با استفاده از دستگاه جیک جهت کانه آرایی و استخراج توأم مواد، طرح استخراج معدن بایستی در چهارچوب ردیفهای زیر مدون شود:

الف- اکتشاف دقیق و بلوک بندی کانسار، ارزیابی

ذخیره بلوکها در سراسر معدن

ب- طرح اختلاط مواد برای بلوکها جهت استخراج

گزینشی

ج- طرح کاراک معدنی

د- اختلاط مواد در بلوکها، کنترل کیفی محصول

معدن

مسأله مهم در این مرحله از مطالعات، بررسی

اختلاط مواد در بلوکها و کنترل کیفی محصول معدن

است که در مباحث بعدی به آن می پردازیم.

جدول (۱) بررسی دامنه تغییرات وزن مخصوص نسبی

بر اساس سطوح اعتماد مختلف

سطوح اعتماد		
۹۹٪	۹۵٪	۶۶٪
۳/۶۶-۲/۲۰	۳/۷۵-۲/۱۲	۳/۸۲-۲/۰۳

۷- ارزیابی ذخیره و اختلاط مواد بلوکهای استخراجی

بر مبنای اطلاعات حاصل از ۴۹ چال استخراجی یک نوبت آتشیاری که به فواصل  $2 \times 1/5$  متر و به عمق  $2/5$  متر در بلوک حفر شده بود، با انتخاب مختصات مبنای فرضی  $X=0$  و  $Y=0$ ، مختصات سایر نقاط محاسبه و با وزن مخصوص های مربوطه جهت پردازش به صورت فایل به کامپیوتر داده شد.

با توجه به یکسان بودن عمق کلیه چالها، وزن مخصوص به عنوان تنها متغیر در نظر گرفته شد و پردازش داده ها بر اساس آن انجام گرفت.

هدف از این بررسی ها عبارتست از:

- مشخص کردن وزن مخصوص متوسط بلوک استخراجی

- محاسبه میزان سنگ باریت موجود در هر بلوک

- بلوک بندی کانسار با ابعاد مختلف و مشخص کردن

کیفیت هر بلوک و بهترین ابعاد بلوکهای استخراجی با

عنایت به میزان خردایش سنگ و ذخیره قابل استحصال

- مشخص کردن زونهای پر عیار و کم عیار

- پیشنهاد طرح استخراج و بارگیری به نحوی که

حداقل نوسانات در خوراک ارسالی به کارگاه فرآوری حاصل شود.

وزن مخصوص چالهای استخراجی  $2/5$  متری یک

روند افزایش از غرب به شرق و از شمال به جنوب را

نشان می دهد. بنابراین وزن مخصوص چالها در

محدوده بلوک مورد ارزیابی به گونه ای توزیع شده اند که

قانونمندی ایستایی را نمی توان در مورد آن صادق

دانست. ارزیابی کیفیت بلوکهای استخراجی در این حالت

را می توان به روشهای زیر انجام داد:

الف- استفاده از کریگینگ معمولی

ب- استفاده از روش کریگینگ عمومی<sup>۲</sup>

ج- استفاده از روش مقادیر باقیمانده و تکنیک کریگینگ

به علت عدم دسترسی به نرم افزارهای لازم برای

اجرای روشهای کریگینگ عمومی و مقادیر باقی مانده،

تنها به روش کریگینگ معمولی کار شده است.

۷-۱- بررسی مدل توزیع

توزیع فراوانی وزن مخصوص نسبی باریت برای ۴۹

نمونه مورد بررسی در شکل (۳) نشان داده شده است،

متوسط وزن مخصوص نسبی نمونه ها  $4/115$  و

انحراف معیار آنها  $0/062$  است، لذا دامنه نوسانات وزن

مخصوص با سطح اعتماد ۹۵ درصد بین  $4/24$  تا

$3/991$  است. با توجه به پایین بودن چولگی و

کورتوسیس<sup>۳</sup>، توزیع را می توان طبیعی فرض کرد.

۷-۲- مدل، تغییر نما<sup>۵</sup>

با استفاده از داده های موجود، تغییر نمای شرقی

غربی بلوک مطابق شکل (۴) رسم شده است. دامنه تغییر

نما حدود ۸ متر، اثر قطعه ای<sup>۶</sup>  $0/007$  و مقدار آستانه<sup>۷</sup>

$0/0305$  محاسبه شده است، تغییر نمای منطبق شده از

نوع گوسی است. به علت افزایش نظام دار وزن

مخصوص نمونه ها، منحنی تجربی تغییر نما تا حد دامنه

۱۶ متر افزایش می یابد و در آخر با کاهش وزن

مخصوص از اندازه آن نیز کاسته می شود. این افزایش

غیر عادی از فاصله ۸ متری به صورت یک شکستگی در

منحنی تجربی قابل تفکیک است. به هر صورت، در این

حالت یک تغییر نمای با دامنه تأثیر ۸ متری و یک تغییر

نمای با دامنه تأثیر ۱۶ متری مطابق شکل (۵) بر منحنی تجربی داده‌های برآزش شده است.

### ۳-۷- ارزیابی مدل تغییر نما به روش ارزش گذاری مجدد<sup>۱</sup>

به منظور انجام این ارزیابی، وزن مخصوص چالهای اکتشافی به عنوان مجهول در نظر گرفته شد و مقدار آن به کمک اطلاعات سایر چالها و با استفاده از مدل ریاضی منطبق شده تخمین زده شد. نتایج این بررسی نشانگر آن است که اختلاف میانگین مقادیر تخمین زده شده و واقعی صفر و واریانس تخمین خطای برآورد با واریانس پیش بینی شده به روش کریگینگ بسیار نزدیک است.

#### الف- مدل با شعاع تأثیر ۸ متر

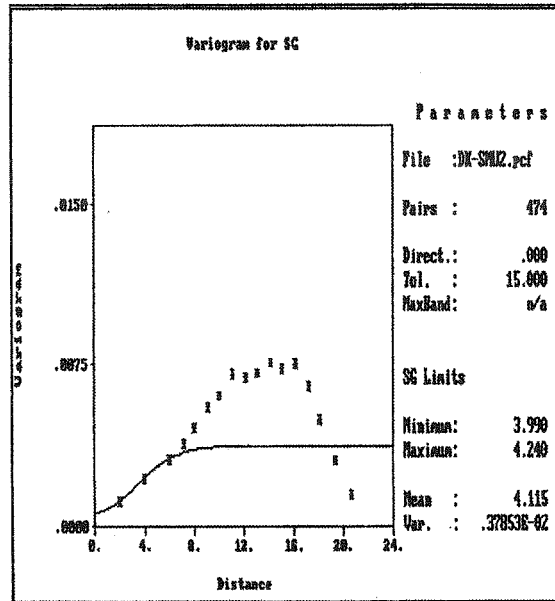
توزیع فراوانی اختلاف مقادیر تخمین زده شده در مورد وزن مخصوص چالها و مقادیر واقعی براساس مدل ریاضی منطبق شده با شعاع تأثیر ۸ متر، مطابق شکل (۶) است. مشاهده می‌شود که توزیع خطاها حالت طبیعی دارد و میانگین اختلاف خطاها صفر است. در شکل (۷) منحنی پراکنش بین مقادیر واقعی و تخمین زده شده آورده شده است. در این شکل خط همبستگی مقادیر واقعی و تخمین زده شده طی زاویه ۴۵ درجه نسبت به محورها قرار می‌گیرد و بیضوی پراکنش به شدت باریک است.

#### ب- مدل با شعاع تأثیر ۱۶ متر

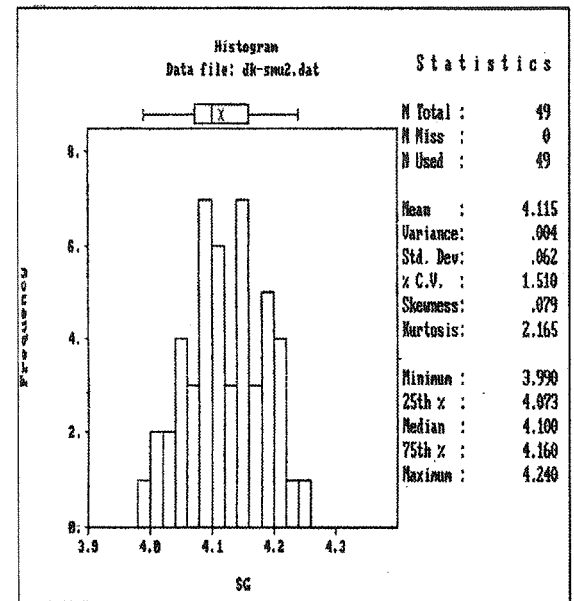
با توجه به روند روبه تزايد مقدار تغییر نما بر اساس فاصله به لحاظ وجود اثر بالا روندی، تغییر نمای گوسی با شعاع تأثیر ۱۶ متر، اثر قطعه‌ای  $0.0007$  مطابق شکل (۵) بر تغییر نمای تجربی منطبق گردید. نتایج ارزیابی مجدد براساس این مدل مبین این مطلب است که دو مدل منطبق شده اختلاف اساسی باهم ندارند لیکن در مجموع به منظور بررسی کیفیت و کمیت بلوکها مدل با شعاع تأثیر ۸ متر به عنوان مدل ریاضی انتخاب می‌شود.

#### ۴-۷- محاسبه ذخیره بلوک استخراجی

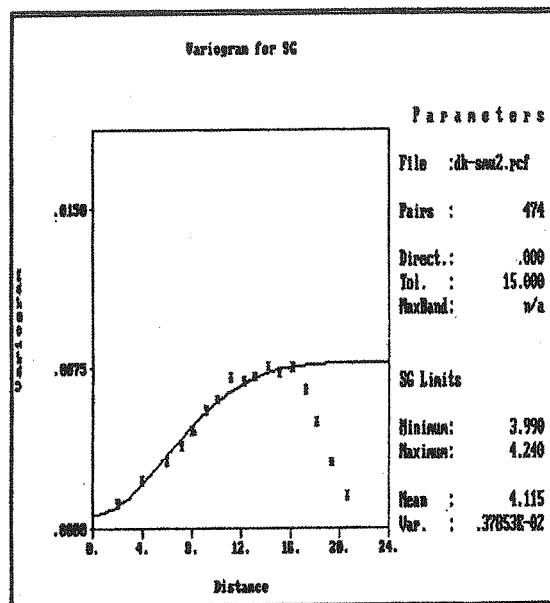
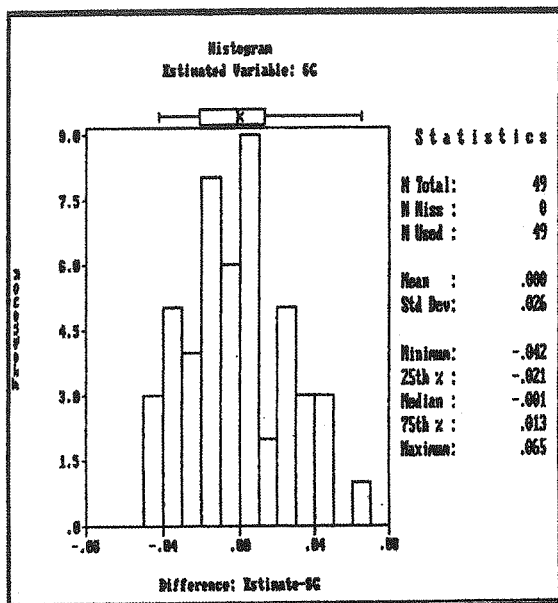
ابعاد بلوک استخراجی  $20 \times 7/5$  متر است و با توجه به ظرفیت هر کامیون که معادل ۱۰ تن است، ابعاد بلوکهای تخمین ذخیره  $2 \times 0/5$  متر در نظر گرفته شده است. نحوه ارزیابی بلوکهای استخراجی که در حقیقت واحد استخراج‌گزینه‌ی<sup>۱</sup> هستند، در شکل (۷) نشان داده شده و نحوه محاسبه ذخیره بلوکها نیز در جدول (۲) درج شده است. برای محاسبه ذخیره تعداد  $4 \times 4$  نقطه در هر بلوک مورد تخمین قرار گرفته و در محاسبات از تغییر نمای منطبق شده بر مدل گوسی با شعاع تأثیر ۸ متر استفاده شده است. نتایج محاسبات ارزیابی بلوکهای استخراجی در شکل (۸) نشان داده شده است. در این شکل زونهای با وزن مخصوص مختلف با علائم متفاوت



شکل (۲) تغییر نمای گوسی با شعاع تأثیر ۸ متر



شکل (۳) توزیع فراوانی وزن مخصوص نسبی باریت



شکل (۶) توزیع اختلاف وزن مخصوص واقعی و مقادیر تخمین زده شده چالهای استخراجی به کمک تغییر نمای گوسی با شعاع تأثیر ۸ متر

شکل (۵) تغییر نمای گوسی با شعاع تأثیر ۱۶ متر

### ۸- طرح استخراج و بارگیری

با توجه به نتایج به دست آمده از ارزیابی ذخیره بلوک استخراجی به روش کریگینگ که در شکل (۹) مشخص شده است، بلوکهای استخراجی باید به نحوی بارگیری شوند که میزان نوسانات وزن مخصوص سنگ استخراج شده حداقل باشد. با توجه به نیاز روزانه حدود ۴۰۰ تن سنگ استخراجی از معدن، بلوک مورد نظر، تقریباً خوراک ۴ روز کارخانه را تأمین می کند. چنانچه سنگ باریت صرفاً از این بلوک استخراج شود، باید کیفیت آن در هر روز معادل و یا نزدیک به ۴/۱۱ که متوسط ذخیره بلوک است باشد. با توجه به نقشه محاسبه ذخیره

نشان داده شده است. وزن مخصوص نسبی کل براساس محاسبات انجام شده ۴/۱۱۲ و واریانس پراکندگی ۰/۰۰۳ است. چنانچه این واریانس را مبنای بررسی قرار دهیم واریانس میانگین کل برابر ۰/۰۰۰۰۱۷ و انحراف معیار ۰/۰۰۴ خواهد شد. با سطح اعتماد ۹۵ درصد وزن مخصوص نسبی متوسط این بلوک بین ۴/۱۲ تا ۴/۱۰ تغییر خواهد کرد. میانگین واریانس تخمین برابر ۰/۰۰۰۰۲۵ برآورد شده که نشانگر دقت بالای برآورد است. خلاصه محاسبات به عمل آمده در مورد برآورد واریانس تخمین بلوک استخراجی در جدول (۲) درج شده است. به طوری که دیده می شود، مدل تغییر نما با شعاع تأثیر ۸ متر در مجموع نتایج بهتری داشته است.

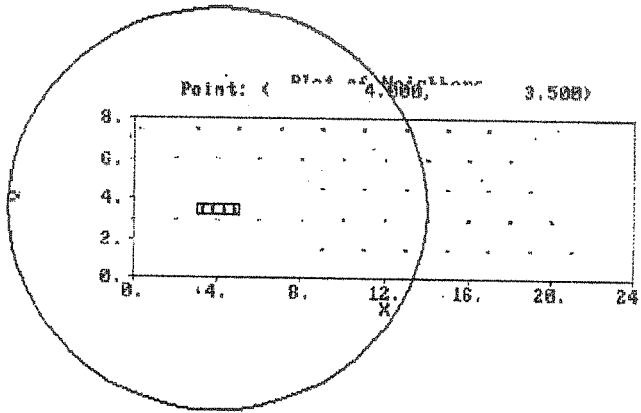
جدول (۲) خلاصه محاسبات تخمین وزن مخصوص بلوک استخراجی به روش کریگینگ

ردیف	شرح وزن مخصوص	وزن مخصوص نسبی	واریانس پراکندگی	واریانس تخمین	واریانس کل
۱	اطلاعات چالهای اکتشافی	۴/۱۱۵	-	-	۰/۰۰۳۸
۲	تخمین وزن مخصوص چالها (شعاع تأثیر ۸ متر)	۴/۱۱۴	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱۰۲	۰/۰۰۳۸۳۳
۳	تخمین وزن مخصوص چالها (شعاع تأثیر ۱۶ متر)	۴/۱۱۲	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۳۶
۴	بلوکهای ۲ × ۵/۰ متر	۴/۱۱۲	۰/۰۰۳۱۳	۰/۰۰۰۱۹۶	۰/۰۰۳۳

می‌توان لودر را در موقعیتهای مختلف قرار داد تا حتی المقدور هر واحد گزینشی به گونه‌ای برداشت شود که میانگین خوراک روزانه مساوی ۴/۱۱ باشد. مهم این است که مسیز بارگیری لودر در مسیر حداقل واریانس باشد. از طرفی اگر فرض کنیم که اختلاط مواد قبل از خوراک دهی به آسیا یا دستگاه جیک فعلاً صورت نمی‌گیرد. بنابراین واریانس وزن مخصوص واحدهای استخراج عیناً به سیستم منتقل می‌شود. در این صورت، نوسانات واحد استخراج گزینشی معادل نوسانات عبور مواد به مدت یک ساعت در خط تولید خواهد بود. مقدار این نوسانات با توجه به محاسبات به عمل آمده معادل  $0.11 \pm 0.11$  می‌شود، یعنی در واقع نوسانات خوراک دهی به سیستم فرآوری برای مدت یک ساعت بین ۴/۲۲ تا ۴ است. با توجه به پایین بودن واریانس تخمین بلوک، نزدیک کردن چالها تأثیری در کاهش نوسانات خوراک به کارخانه نخواهد داشت. در این حالت، افزایش تعداد کارگاه‌های استخراج با توجه به کوچک بودن معدن، امکانات مانور دستگاه‌های بارگیری و حمل

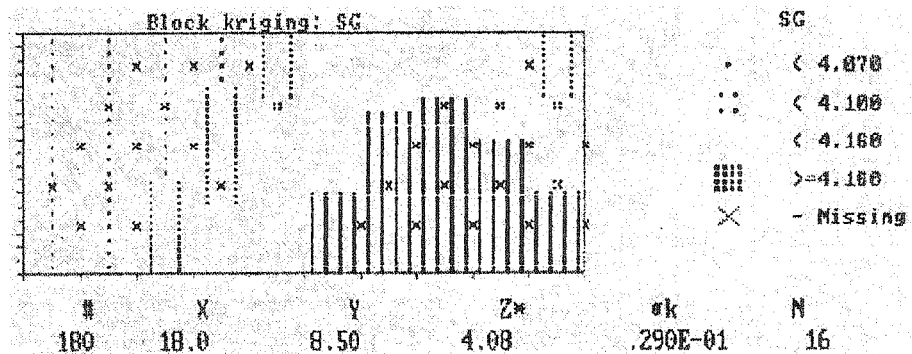
می‌تواند نقش اساسی در کاهش نوسانات داشته باشد. به عنوان مثال چنانچه از دو کارگاه به طور همزمان استخراج شود و سنگ حمل شده از هر دو کارگاه با هم مخلوط شده و سپس به کارخانه ارسال شود، در این صورت مقدار واریانس خوراک کارخانه براساس قوانین زمین آمار معادل  $0.015 / 0$  و نوسانات خوراک دهی ساعتی به کارخانه مساوی  $0.08 \pm 0.11$  خواهد بود، لذا تغییرات وزن مخصوص نسبی بین ۴/۱۹ تا ۴/۰۳ پیش بینی می‌شود. چنانچه این طرح اختلاط و همگون سازی مورد قبول واقع شود، سازماندهی ناوگان بارگیری و حمل و تجهیزات مورد نیاز به شرح زیر خواهد بود:

الف- تأمین ۲ دستگاه لودر با ظرفیت صندوقه بارگیری ۲/۶ مترمکعب که در مقایسه با لودر موجود معدن کوچکتر است و هزینه‌های عملیاتی و استهلاکی کمتری دارد. هریک از لودرها می‌تواند در یک کارگاه عملیات بارگیری را انجام دهد.  
ب- اگر زمان کار مفید کامیون در هر شیفت را ۷



شکل (۷) نحوه ارزیابی ذخیره بلوکهای استخراجی به روش کریگینگ

شکل (۸) بلوک بندی محدوده استخراج براساس تغییرات وزن مخصوص و به کمک روش کریگینگ





استخراج از یک کارگاه فقط یک لودر بیشتر مورد نیاز است، در حالی که ظرفیت لودرها در این حالت کمتر و نیاز هزینه های عملیاتی و استهلاکی آن نیز به مراتب کمتر است. براساس این روش، هر کامیون به نوبت از یک کارگاه، سنگ باریت را به محل سنگ شکنی اولیه حمل می کند و در بازگشت کامیون ۲ سنگ را از کارگاه شماره ۲ به محل سنگ شکنی حمل خواهد کرد. بدین ترتیب، در کپه بعد از سنگ شکنی، بار دو کامیون باهم مخلوط می شود و با برداشت بار توسط لودر به نحو صحیح مواد تا حد مناسب همگون می شوند و از نوسانات خوراک ورودی به کارخانه کاسته خواهد شد.

شده است، بالاترین راندمان را دارد لذا با این تمهید، بهره دهی کارخانه در حد چشمگیری افزایش خواهد یافت.

- 5- Variogram
- 6- Nugget effect
- 7- Sill
- 8- Cross validation
- 9- Selective mining unit
- 10- Availability factor

شرکت درین کاشان، ۱۳۷۲.

[4] David, M. Geostatistical ore Reserve Estimation, Elsevier Scientific Publishing Co., 1977.

[۵] کلارک، ایزابل، زمین آمار، ترجمه: حسن مدنی، انتشارات شرکت ملی فولاد ایران، ۱۳۶۱.

[6] Journol, A. C. Huijbergts C. H. Mining Geo-Statistic, Academic Press, 1978.

ساعت، و ضریب کارآمدگی<sup>۱</sup> دستگاه در طی سال ۶۵ درصد باشد، زمان کار مفید کامیون در هر شیفت ۴/۵ ساعت برآورد می شود. با احتساب ۲ شیفت کاری حمل در معدن جمعاً ۹ ساعت کار مفید قابل انتظار است. چنانچه زمان بارگیری و حمل، تخلیه، بازگشت، انتظار، مانور و سایر وقت های تلف شده دیگر را در یک چرخه کاری کامیون ۱۵ تا ۲۰ دقیقه در نظر بگیریم، در این صورت ظرفیت باربری هر کامیون ۱۰ تنی ۲۷۰ تا ۳۶۰ تن خواهد بود.

بر این اساس، ناوگان بارگیری و حمل شامل ۲ کامیون و ۲ لودر است که در مقایسه با وضعیت

#### ۹- نتیجه گیری:

با استفاده از قوانین زمین آمار در ارزیابی بلوک های استخراجی روزانه معدن، می توان نوسانات وزن مخصوص خوراک ارسالی به کارخانه را کاهش داد. از آنجا که کارخانه به ازای خوراک معینی که برای آن تنظیم

#### پانویس:

- 1- Skewness
- ۲- در تحقیقات انجام شده، سایر روشها نیز بررسی شده اند که در این مقاله صرفاً تجزیه و تحلیل روش استخراج گزینشی آمده است.
- 3- Universal Krigging
- 4- Kurtosis

#### منابع:

- [۱] شرکت انتوک ایران، بهینه سازی وضعیت کارخانه کانه آرائی درین کاشان، ۱۳۷۲
- [۲] ملک محمدی، امان اله. ارزیابی ذخیره به روش زمین آمار، بلوک بندی و طراحی معدن باریت دره کاشان، پایان نامه کارشناسی ارشد، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۲.
- [۳] نظری، مازیار. مطالعات زمین شناسی کمر پایین و کمر بالای کانسار باریت دره کاشان، انتشارات