

## به کارگیری روش‌های آماری و زمین آماری در ارزیابی نوسانات عیاری خوراک کارخانه پرعیارکنی مجتمع مس سرچشمه

مجتبی تقوایی نژاد<sup>۱</sup>؛ محمدرضا شایسته فر<sup>۲</sup>؛ محمد جلالی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن دانشگاه شهیدباهنر کرمان، [mojtabawithyou@yahoo.com](mailto:mojtabawithyou@yahoo.com)

۲- استادیار بخش مهندسی معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان، [shayeste@mail.uk.ac.ir](mailto:shayeste@mail.uk.ac.ir)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان، [mohammadls2005@gmail.com](mailto:mohammadls2005@gmail.com)

### چکیده

یکی از مشکلات مورد بحث از ابتدای شروع به کار معدن مس سرچشمه تاکنون، اختلاف عیاری بین خاک ارسالی معدن و مصرفی تغلیظ می‌باشد. وجود اختلافات معنی‌دار عیاری میان معدن و تغلیظ و نوسانات شدید عیاری در خوراک مصرفی تغلیظ، از عوامل مؤثر بر کاهش بازبایی و بهره‌وری کارخانه پرعیارکنی می‌باشند. در این مقاله با به کارگیری ابزارهای آماری و زمین آماری روشی جهت تعیین نوسانات دقیق عیاری خوراک مصرفی کارخانه پرعیارکنی ارائه شده است تا با استفاده از نتایج آن، امکان مقایسه این نوسانات با نوسانات پیش‌بینی شده خاک ارسالی معدن به صورت شیفتی و روزانه و همچنین شناسایی خطاهای مراحل مختلف نمونه برداری فراهم گردد. همچنین با شناسایی پارامترهای مؤثر در واریانس نوسانات و تعیین حد مجاز آنها، پیشنهادهایی جهت کاهش نوسانات عیاری و مدنظر قرار دادن آنها در برنامه ریزی روزانه تا حد امکان ارائه گردید. در نهایت پیشنهاد شد، در صورتی که از ۱۰۰ روز متوالی ۹۵ مورد عیار خوراک کارخانه تغلیظ در محدوده اطمینان عیار اجرایی معدن قرار گیرد، جهت کاهش مؤثر هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری و بازبایی کارخانه تغلیظ، از آن تاریخ به بعد نمونه‌گیری از خوراک کارخانه تغلیظ صورت نگیرد و عیار اجرایی معدن در محاسبات متالورژی تغلیظ لحاظ گردد.

کلمات کلیدی: نوسانات عیاری، زمین آمار، محدوده اطمینان عیاری، واریانس پراکندگی، واریانس توزیعی ترکیبی، واریانس تخمین

## To Apply the Statistical Implement and Geostatistic in Evaluation of Grade Deviation of Concentrating Plant Feed of Sarcheshmeh Copper Plant

Mojtaba Taghvaeenejad, Mohammadreza Shayestefar, Mohammad Jalali

### Abstract

One of the discussed problems from the beginning work of the Sarcheshmeh copper mine until now is the grade deviation between the transmission soil of the mine and the concentration of consumption. The presence of grade stochastic deviations between mine and concentration and the intense grade deviation in concentration consumption feed, is of effective applications in relation to reduce the recovery and the productivity of concentration plant feed. In this paper with application of statistical implement and geostatistic, a method is represented to evaluate the accurate grade deviation and with the help of its results, possibility of deviation comparison with predicted deviation of transmission soil of the mine in the form of shift and daily work and also recognition of different stages of bias and errors of sampling. Also with identification of affection parameters in variance deviation and identification of their standard limit, it is finally suggested reducing the grade deviation take them into consideration in daily schedule as far as possible. Finally it is suggested that providing from continuous 100 days, 95 cases of concentrating plant grade feed in the limitation of grade confidence of mining operation. Towards the effective reduction of expenditures and increasing productivity and recovery of concentration plant, it should be taken into account that from that time onwards, the sampling from the concentration plant feed has not been recorded and executive grade of the mine should be take into account in metallurgical calculations.

**Keywords:** grade deviation, geostatistics, grade confidence, dispersion variance, composition and distribution variance, estimation variance.

## ۱- مقدمه

آگاهی از میزان نوسانات عیار متوسط خوراک مصرفی کارخانه پرعیارکنی برای به کارگیری تمهیدات لازم جهت افزایش بازیابی و همچنین تجزیه و تحلیل اختلافات عیاری با معنی میان معدن و تغلیظ امری بسیار حیاتی محسوب می‌شود. وجود اختلافات معنی‌دار عیاری میان خاک ارسالی معدن و مصرفی تغلیظ و نوسانات شدید عیاری در خوراک مصرفی تغلیظ، سبب افت قابل ملاحظه بازیابی مس و عیار کنسانتره تولیدی در کارخانه پرعیارکنی می‌گردد. نمونه‌گیری‌های دقیق و مرتب، مهم‌ترین ابزار کنترل عیار در کارخانه‌های فرآوری می‌باشند. لذا جهت محاسبه نوسانات عیاری خوراک کارخانه پرعیارکنی و به حداقل رساندن آن‌ها، بایستی سعی در شناسایی خطاهای مراحل مختلف نمونه برداری و کاهش آن‌ها نمود [۶].

از ابتدای شروع فعالیت مجتمع مس سرچشمه تاکنون، مطالعات چندان زیادی در جهت بررسی و شناسایی منابع خطا و کنترل عیار کارخانه تغلیظ انجام نگرفته است. برای برآورد مولفه‌های مختلف واریانس نوسانات، از روش‌های نمونه‌برداری دوزنی جهت محاسبه واریانس توزیعی و ترکیبی، روش دوستون مشابه جهت تهیه نمونه‌های تکراری همزمان و آنالیز مجدد برای محاسبه واریانس آماده سازی و آنالیز، روش‌های زمین‌آماری جهت تعیین واریانس تخمین نمونه‌برداری سیستماتیک و آمار کلاسیک جهت محاسبه واریانس پراکنندگی استفاده گردیده است. با به کارگیری این روش‌ها، می‌توان نوسانات عیاری خوراک کارخانه تغلیظ را به صورت شیفتهی و روزانه محاسبه نمود و اختلافات عیاری بامعنی میان خوراک ارسالی معدن و مصرفی تغلیظ را با به کارگیری آزمون‌های آماری مورد بررسی قرارداد.

## ۲- متن

### ۲-۱- محاسبه پراش نمونه برداری به کمک روش دو وزنی

برای محاسبه پراش نمونه‌برداری از روش نمونه‌برداری دوزنی که یکی از روش‌های تخمین تغییرپذیری ذاتی واحد نمونه‌برداری می‌باشد، استفاده شد [۱]. برای این منظور به مدت ده شیفته از خوراک کارخانه پرعیارکنی (سرریز سیکلون‌های اولیه)، دو سری نمونه کلی سبک (۱۰۰-۲۰۰ گرم) و سنگین (۱/۵ - ۲ کیلوگرم) تهیه و جهت تعیین عیار مس مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (جدول ۱ ضمیمه).

نمونه‌های کلی مربوط به هر شیفته از اختلاط جزء نمونه‌های برداشت شده در فواصل منظم زمانی درون شیفته به نسبت وزنی خوراک کارخانه حاصل گردیدند. آماده سازی نمونه‌ها نیز شامل فیلتراسیون، خشک کردن و خرد و پودر کردن می‌باشد.

در نهایت با محاسبه پراش برای هر یک از دوسری جزء نمونه‌ها، به کمک روابط زیر پراش‌های توزیعی، ترکیبی و نمونه برداری محاسبه گردیدند (جدول ۱).

$$Var(c) = \frac{\Delta m(1)\Delta m(2)[Var(1) - Var(2)]}{\Delta m(2) - \Delta m(1)} \quad (1)$$

$$Var(d) = Var(2) - \frac{\Delta m(1)[Var(1) - Var(2)]}{\Delta m(2) - \Delta m(1)} \quad (2)$$

$$Var(s) = Var(c) + Var(d) \quad (3)$$

که در آن

Var(c): پراش ترکیبی، ناهمگنی بین ذرات (مقیاس میکرو)

Var(d): پراش توزیعی، ناهمگنی در توزیع فضایی ذرات درکل واحد نمونه برداری (مقیاس ماکرو)

Var(s): پراش نمونه برداری

Var(1): پراش در سری نمونه‌های سبک

Var(2): پراش در سری نمونه‌های سنگین

$\Delta m(1)$ : میانگین وزن جزءنمونه‌های با وزن کم

$\Delta m(2)$ : میانگین وزن جزءنمونه‌های با وزن زیاد

جدول ۱- محاسبه واریانس توزیعی، ترکیبی و نمونه برداری

Var(1)	Var(2)	Var(c)	Var(d)	Var(s)
$1/1 \times 10^2$	$6 \times 10^3$	$7/3 \times 10^4$	$4/58 \times 10^3$	$5/32 \times 10^3$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود پراش توزیعی نقش بیشتری در پراش نمونه برداری دارد که نشان دهنده ناهمگن بودن واحد نمونه برداری نسبت به توزیع ذرات با جنس مختلف است و برای کاهش این نوع ناهمگنی بایستی در نمونه برداری نهایی اهمیت بیشتری به تعداد جزء نمونه‌ها نسبت به وزن آن‌ها داده شود [۵]

## ۲-۲- محاسبه واریانس مراحل آماده‌سازی و آنالیز

برای محاسبه پراش هر مرحله از عملیات باید ترتیبی اتخاذ گردد تا نمونه‌های تکراری از آن مرحله تهیه و مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. هرچه نتایج به دست آمده از آنالیز جزء نمونه‌های تکراری به هم نزدیک‌تر باشد، پراش آن مرحله کمتر خواهد بود. در این پژوهش برای محاسبه پراش روی هم رفته دو مرحله آماده‌سازی و آنالیز از برداشت نمونه‌های تکراری به روش دو ستون مشابه به دلیل پایین بودن خطای برآورد استفاده شد (جدول ۲ ضمیمه).  
فرمول کلی محاسبه این نوع واریانس‌ها به صورت زیر است:

$$Var(Pa) = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n |x_{i1} - x_{i2}|}{n} \right]^2 \quad (۴)$$

که در آن مقادیر  $x_{i1}$ ,  $x_{i2}$  به دست آمده در هر تکرار و  $n$  تعداد زوج نمونه‌های تکراری است [2].  
با انجام آزمون آماری  $t$  (t-test) و آنالیز واریانس برای نمونه‌های تکراری، مشاهده شد که نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های اصلی و تکراری اختلاف معنی‌داری نداشته و خطاها همگی تصادفی و در نتیجه خطای سیستماتیک قابل تشخیصی وجود ندارد.  
با استفاده از فرمول واریانس برای نمونه‌های تکراری داریم:

$$Var(pa) = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{\sum_{i=1}^{10} |x_{i1} - x_{i2}| + \sum_{i=1}^{10} |x'_{i1} - x'_{i2}|}{2n} \right]^2 = \frac{\pi}{4} (0/019)^2 = 0/00028$$

واریانس آماده‌سازی و آنالیز:

$$Var(a) = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{\sum_{i=1}^{10} |x_{i1} - x'_{i1}| + \sum_{i=1}^{10} |x_{i2} - x'_{i2}|}{2n} \right]^2 = \frac{\pi}{4} (0/016)^2 = 0/0002$$

واریانس آنالیز:

$$var(p) = var(pa) - var(a) = 0/000283 - 0/0002 = 0/000083$$

واریانس آماده‌سازی:

باید توجه داشت که واریانس آماده‌سازی فقط شامل آماده‌سازی نمونه در کارخانه تغلیظ می‌باشد و واریانس آنالیز شامل واریانس اندازه‌گیری و واریانس آماده‌سازی نمونه‌ها در نمونه‌کوبی آزمایشگاه می‌باشد.  
برای محاسبه واریانس آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه ۱۰ نمونه  $x_1$  انتخاب گردیدند که آنالیز مجدد شوند (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج آنالیز مجدد

شماره نمونه	$x_1$	$x'_1$	$ x_1 - x'_1 $
1	0/94	0/95	0/01
2	0/92	0/93	0/01
3	1/00	0/99	0/01
4	0/8۶	0/88	0/02
5	0/87	0/85	0/02
6	0/87	0/84	0/03
7	0/88	0/88	0/00
8	0/88	0/87	0/01
9	0/80	0/81	0/01
10	0/81	0/83	0/02
میانگین	0/883	0/883	0/014

لذا واریانس آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه بر طبق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Var(a_a) = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{\sum_{i=1}^{10} |x_{i1} - x'_{i1}|}{n} \right]^2 = \frac{\pi}{4} (0/014)^2 = 1/54 \times 10^{-4}$$

$$var(p_a) = var(a) - var(a_a) = 2 \times 10^{-4} - 1/54 \times 10^{-4} = 4/6 \times 10^{-5}$$

### ۲-۳- محاسبه واریانس روی هم رفته نمونه برداری

کمیتی است آماری که برای سنجش دقت روی هم رفته مراحل مختلف نمونه برداری، آماده سازی و آنالیز نمونه ها به کار می رود. مقدار این پراش برابر مجموع پراش های مراحل سه گانه فوق است. بدیهی است برای تعیین آن بایستی مقدار هر یک از سه پراش معلوم باشد. رابطه پراش کلی را می توان به صورت زیر نوشت :

$$var(t) = \frac{var(c)}{k \cdot \Delta m \cdot n} + \frac{var(d)}{k \cdot n} + \frac{var(p)}{K \cdot k} + \frac{var(a)}{K \cdot k \cdot i} \quad (5)$$

که در آن

n: تعداد جزء نمونه در هر پشته

$\Delta m$ : جرم جزء نمونه ها (kg)

K: تعداد پشته

k: تعداد نمونه های آنالیز شده از هر پشته

i: تعداد دفعات تکرار اندازه گیری

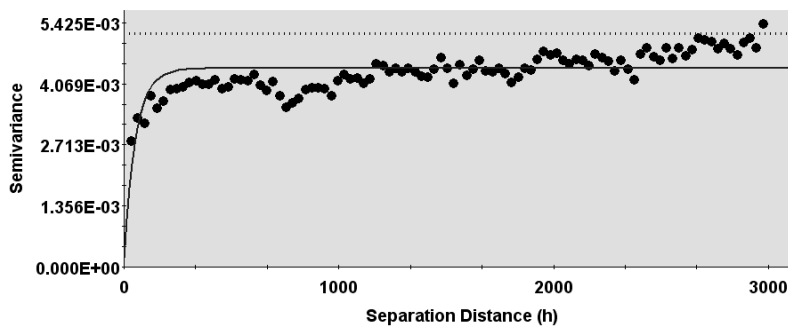
حال با محاسبه تک تک مولفه‌های پراش روی هم رفته و با توجه به این که در حالت فعلی تعداد ۴۸ جزء نمونه در هر شیفت کاری ۸ ساعته به جرم تقریبی ۱۲۰ گرم به طریقه نمونه برداری اتوماتیک صورت می پذیرد، و نمونه تکراری و آنالیز مجدد نیز نداریم؛ واریانس روی هم رفته نمونه برداری در حالت فعلی برابر خواهد بود با:

$$\text{var}(t) = \frac{7/3 \times 10^{-4}}{48 \times 0/12} + \frac{4/58 \times 10^{-3}}{48} + 8/3 \times 10^{-5} + 2 \times 10^{-4} = 5/04 \times 10^{-4}$$

#### ۲-۴- محاسبه واریانس تخمین نمونه برداری سیستماتیک کارخانه تغلیظ

یکی از مهمترین نقاط قوت زمین‌آمار، توانایی آن در محاسبه واریانس تخمین است. به منظور تعیین واریانس تخمین نمونه برداری سیستماتیک خوراک کارخانه تغلیظ مجتمع مس سرچشمه، نمونه‌هایی در طول شبانه‌روز به فواصل زمانی ۳۰ دقیقه از پالپ برداشته شد و مورد آماده سازی و آنالیز قرار گرفت. بنابراین با بسط پارامتر زمان مواجه هستیم و تغییر نمای مدل نمایی مناسب است. در واقع در چنین حالتی، عیار نمونه‌ای را که در وسط یک فاصله زمانی گرفته شده است، برای تمامی آن فاصله زمانی تعمیم می دهیم. لذا واریانس تخمینی که در این حالت بایستی محاسبه شود، واریانس تخمین یک خط به کمک نقطه میانی آن است [۳].

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های برداشت شده جهت رسم واریوگرام تجربی در نرم افزار GS+، مورد استفاده قرار گرفتند (شکل ۱).



Exponential model ( $C_0 = 0.00020$ ;  $C_0 + C = 0.00441$ ;  $A_0 = 55.00$ ;  $r^2 = 0.286$ ;  
RSS = 1.362E-05)

شکل ۱- منحنی واریوگرام تجربی حاصل از نمونه برداری سیستماتیک خوراک کارخانه پرعیارکنی

جدول ۳- مدل برازش شده به واریوگرام و ویژگی های مختلف آن را بیان می کند.

جدول ۳- پارامترهای واریوگرام

مدل واریوگرام	اثر قطعه ای ( $C_0$ )	شعاع تأثیر ( $A$ )	سقف ( $C_0+C$ )
نمایی	۰/۰۰۰۲	۱۶۵	۰/۰۰۴۴

می‌توان مقدار  $\sigma^2_E$  را از طریق نمودارهای مربوط به توابع کمکی یا مستقیماً از طریق نمودار شکل ۱ ضمیمه محاسبه نمود. باید توجه داشت که آن چه از این نمودار به دست می آید مقدار  $\frac{\sigma^2_E - C_0}{C}$  می باشد. با توجه به پارامترهای واریوگرام و

مقدار  $\frac{l}{a} = 0/18$  داریم:

$$\frac{(\sigma^2_E - C_0)}{C} = \frac{(\sigma^2_E - 0/0002)}{0/00421} = 0/033 \Rightarrow \sigma^2_E = 0/00034$$

## ۲-۵- محاسبه واریانس پراکندگی

واریانس پراکندگی معیاری جهت اندازه گیری پراکندگی ( تغییرات ) عیاری در خوراک کارخانه پرعیارکنی می باشد. برای آگاهی از میزان تغییرات عیار خوراک در درون شیفت، از واریانس نمونه ای مطابق با رابطه ۶ استفاده می شود.

$$S^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2}{n-1} \quad (6)$$

## ۲-۶- محاسبه نوسانات عیاری خوراک کارخانه تغلیظ

حال با داشتن مولفه های مختلف واریانس نوسانات، می توان به کمک رابطه (۷) نوسانات عیاری خوراک کارخانه تغلیظ را به صورت شیفتی و روزانه محاسبه نمود. [۷].

$$\sigma_f^2 = \sigma_d^2 + \sigma_E^2 + \sigma_o^2 \quad (7)$$

که در آن

$\sigma_E^2$ : واریانس تخمین

$\sigma_d^2$  و  $\sigma_o^2$  به ترتیب واریانس روی هم رفته نمونه برداری و واریانس پراکندگی عیار خوراک کارخانه تغلیظ با استفاده از رابطه (۸) نیز در سطح اعتماد معین، می توان مقدار نوسانات عیار خوراک مصرفی کارخانه تغلیظ را محاسبه نمود

$$CI = \pm Z \sigma_f \quad (8)$$

که در آن

در سطح اعتماد ۹۵٪،  $z=1/96$

$\sigma_f^2$  واریانس نوسانات

CI خطای مجاز یا نوسانات میانگین عیار خوراک کارخانه می باشد [۸].

## ۲-۷- مطالعه موردی: برآورد نوسانات عیاری خوراک کارخانه پرعیارکنی مجتمع مس سرچشمه در یک روز خاص

به عنوان مثال مولفه های واریانس نوسانات عیاری خوراک کارخانه تغلیظ در یک روز خاص به شرح زیر است:

الف) واریانس روی هم رفته نمونه برداری که برای هر شیفت (BوA) در حالت فعلی برداشت جزء نمونه ها برابر است با:

$$\sigma_o^2 = 5/04 \times 10^4$$

ب) واریانس تخمین مربوط به هر شیفت نیز (بر طبق قضیه حد مرکزی) با تقسیم واریانس تخمین میانگین محاسبه شده در بند ۲-۴ بر تعداد بازه های زمانی ۳۰ دقیقه ای موجود در هر شیفت ۸ ساعته به صورت مقابل حاصل می شود.

$$\sigma_E^2 = \frac{3/34 \times 10^4}{16} = 2 \times 10^5$$

ج) واریانس پراکندگی عیار خوراک مصرفی کارخانه در این روز خاص، برای شیفت A با میانگین عیاری ۹۳٪ و شیفت B با میانگین عیاری ۹۲٪ برابر است با:

$$\sigma_d^2 = 8/3 \times 10^{-4} \quad \text{شیفت A}$$

$$\sigma_d^2 = 6/4 \times 10^{-4} \quad \text{B شیفت}$$

و واریانس نوسانات برای هر شیفت بنابر رابطه (۷) برابر است با

$$\sigma_f^2 = 5/04 \times 10^4 + 2 \times 10^5 + 8/3 \times 10^{-4} = 1/35 \times 10^{-3} \quad \text{شیفت A}$$

$$\sigma_f^2 = 5/04 \times 10^4 + 2 \times 10^5 + 6/4 \times 10^{-4} = 1/16 \times 10^{-3} \quad \text{B شیفت}$$

۲-۷-۱- برآورد نوسانات میانگین عیار خوراک کارخانه تغلیظ برای خوراک مصرفی مورد نظر به تفکیک شیفیت حدود اطمینان میانگین عیار در شیفیت A و B (نوسانات عیاری) در سطح اعتماد ۹۵٪ به شرح زیر می باشد:

$$\bar{X} \pm Z\sigma_f = 0/93\% \pm (1/96 \times \sqrt{1/35 \times 10^{-3}}) = 0/93 \pm 0/07(\%) \quad \text{شیفیت A}$$

$$\bar{X} \pm Z\sigma_f = 0/92\% \pm (1/96 \times \sqrt{1/16 \times 10^{-3}}) = 0/92 \pm 0/06(\%) \quad \text{شیفیت B}$$

۲-۷-۲- برآورد نوسانات میانگین عیار خوراک کارخانه تغلیظ در مجموع دو شیفیت بکمک رابطه اثر متقابل خطاهای تصادفی در حالت کلی برای تخمین واریانس جامعه کلی می توان به واریانس های محاسبه شده متناسب با تعداد اندازه گیری های مربوط به هر یک، وزن یا اهمیت داد. رابطه واریانس وزن دار در این حالت به صورت زیر است.

$$\bar{X} = \frac{A \cdot X_A + B \cdot X_B}{A + B} \quad (9)$$

که در آن

$X_A, X_B$ : حدود اطمینان میانگین عیاری برای شیفیت های A, B

A, B: تناژ مصرفی واحد تغلیظ برای شیفیت های A, B

با توجه به داده های شیفیت A, B داریم:

$$A = 22000 \text{ ton}, \quad X_A = 0/93 \pm 0/07 \%$$

$$B = 20100 \text{ ton}, \quad X_B = 0/92 \pm 0/06 \%$$

$$\bar{X} = 0/92\% \pm \sigma_{\bar{X}}$$

در نتیجه داریم:

$$\bar{X} = 0/92 \pm 0/04(\%)$$

### ۳- نتیجه گیری و پیشنهاد

با توجه به ماهیت خطاهای تصادفی، نمی توان خطاهای ناشی از آماده سازی، آنالیز و همچنین خطای ناشی از متغیرهای ذاتی واحد نمونه برداری را حذف کرد، ولی می توان با به کارگیری روش های مناسب تر نمونه برداری و به کارگیری دستگاه های دقیق تر، آن ها را کاهش داد و دقت عمل را بالا برد.

به کمک پژوهش صورت گرفته و روش های ارائه شده، می توان نوسانات عیاری خاک مصرفی تغلیظ را به صورت شیفیتی، روزانه محاسبه نمود تا با بهره گیری از آزمون های آماری، در سطح اعتماد معین و با دقت وصحت بالایی به مقایسه نوسانات عیاری خوراک کارخانه تغلیظ و نوسانات پیش بینی شده خوراک ارسالی معدن پرداخته و در صورت وجود اختلاف معنی دار عیاری به دنبال شناسایی خطاهای سیستماتیک و رفع یا کاهش آن ها باشیم.

مقدار عددی مجاز نوسانات عیاری خوراک کارخانه به علت هزینه بر بودن آزمایشات حجم کار تا به حال برآورد نگردیده است که پیشنهاد می شود هرچه زودتر این اقدام صورت پذیرد.

در صورتی که از ۱۰۰ روز متوالی ۹۵ مورد عیار خوراک کارخانه تغلیظ در محدوده اطمینان عیار اجرایی معدن قرار گیرد، هم پوشانی نوسانات عیاری بین خاک ارسالی و پالپ کارخانه تغلیظ می توان از آن تاریخ به بعد نمونه گیری از خوراک کارخانه تغلیظ صورت نگرفته و عیار اجرایی معدن را در محاسبات متالورژی تغلیظ لحاظ کرد.

### ۴- تقدیر و تشکر

در خاتمه لازم می دانیم از مساعدت های بی دریغ واحد کنترل تولید مجتمع مس سرچشمه خصوصاً جناب آقای مهندس محمدرضا کارگردیانتی کمال تشکر و قدردانی را داشته باشیم.

## ۶- مراجع

- [۱] حسنی پاک، علی اصغر؛ (۱۳۸۰)؛ *نمونه برداری معدنی*؛ انتشارات دانشگاه تهران.
- [۲] کارگر دیانته، م: (۱۳۸۰) *بهینه سازی و کنترل عیار سنگ معدن مس سرچشمه و تأثیر آن بر بازیابی کارخانه تغلیظ*. اولین کنفرانس معادن روباز ایران.
- [۳] مدنی، حسن؛ (۱۳۷۳)؛ *مبانی زمین آمار*؛ مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر؛ واحد تفرش.
- [۴] حسنی پاک، علی اصغر؛ (۱۳۷۷)؛ *زمین آمار*؛ انتشارات دانشگاه تهران.
- Pitard, f.1997; *Sampling*; Australian Mineral foundation Publication, 575p. [5]
- [6] Thomas, M., and Snowden, D.V.; 1990; “*Improving reconciliation and grade control by statistical and geostatistical analysis*”, Elsevier, Canada, 10p
- [7] Pitard, FF, 2001; “*A strategy in minimizing ore Grade Reconciliation Problems Between the mine and the mill, in mineral resource and ore Reserve Estimation*”, Canadian mining institute, 8p
- [8] Kargar-Dianati, et all; 2005; “*Estimating grade variations of dispatched ore to mineral processing plant at Sarcheshmeh copper mine*” 20th world mining congress.