



محاسبه عیارجد در کانسارهای تک و چند فلزی

احمدرضا صادی - استادیار مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس sayadi@modares.ac.ir
حسام دهقان جان آبادی - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس dehghan@modares.ac.ir

چکیده:

یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار در عملیات معدنکاری عیارجد می‌باشد. تغییرات عیارجد روی عیار متوسط کانسار و تناژ ماده معدنی و باطله تاثیر گذاشته و در نتیجه پارامترهایی مانند ارزش خالص فعلی، گردش نقدینگی پروژه‌ها، عمر پروژه، بازیابی و محدوده نهایی نیز دستخوش تغییر و تحول می‌گردند. روش‌های متعددی تا کنون به منظور تعیین عیارجد ارائه گردیده است. این روش‌ها عمدتاً در مرحله طراحی معدن و با هدف بهینه سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تعیین عیارجد در اغلب این روش‌ها نیاز به پارامترهای متعددی دارد. یکی دیگر از مشکلاتی که همواره معدنکاران با آن مواجه‌اند، محاسبه عیارجد در کانسارهای چند فلزی است. استفاده از روش‌های معمول برای محاسبه عیارجد مشکل و حتی بعضاً ناکارآمد بوده است. استفاده از عیارجد معادل یکی از جدیدترین روش‌هایی است که در این زمینه ارائه گردیده است.

در این تحقیق روش جدیدی جهت تعیین عیارجد با استفاده از ارزش نقطه‌ای ماده معدنی ارائه شده و به کمک آن عیارجد معادن مس سونگون و سرب و روی گوشفیل محاسبه شده است. مقایسه عیارجد بدست آمده از این روش با عیارجد محاسبه شده با روش‌های معمول در معادن ذکر شده، نتایج مشابهی را نشان می‌دهد. تعیین عیارجد با استفاده از ارزش نقطه‌ای ماده معدنی در ذخایر تک و چندفلزی علاوه بر سهولت محاسبه، از دقت بالایی نیز برخوردار بوده و به تعداد پارامترهای کمتری نیازمند است. این روش در مرحله مطالعات امکان‌سنجی به دلیل نیاز به اطلاعات محدود از کارایی زیادی برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عیارجد، ارزش نقطه‌ای، کانسارهای چند فلزی

Cut off grade estimation for multiple metal deposits

ABSTRACT:

One of the most critical parameters in mining operation is cut-off grade. cut-off grade alteration can change the average deposit grade, ore and waste tonnage and finally change other parameters such as net present value, cash flow of projects, age of projects, recovery and ultimate pit limit. There are numerous methods to determine the cut-off grade. These methods are using in order to optimization in mine design stage. Numerous parameters need to determine cut-off grade in this methods. Another problem that the miners confront it, is Cut-off grade estimation for multiple metal deposit. The ordinary cut-off grade estimation methods are difficult and not useful. One of the new methods that presented in this field, is Using the equal cut-off grade.

In this paper, exhibit new method in order to cut-off grade estimation using ore point value and with this method determined the cut-off grade of Songon copper mine and Goshfil lead-zinc mine. Comparison between calculated cut-off grade and ordinary methods in that mines, show the same result. Cut-off grade estimation using ore point value in one and multiple metal deposit is easy and need the lesser parameters than other methods. This method can use in feasibility study stage because of need limiting information.

Key words: cut-off grade, point value, multiple metal deposits

۱. مقدمه

یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار در عملیات معدنکاری عیارحد (پایین ترین عیار قابل استخراج) می‌باشد. تیلور یکی از بهترین تعاریف را برای عیارحد عنوان نموده است: "عیاری که به هر دلیل ویژه‌ای برای جداسازی دو مسیر فعال، به عنوان مثال در معدن یا خارج از آن، آسیاب یا دمپ باطله به کار رود" [۲،۱]. علت اینکه از عیارحد به عنوان یک شاخص حساس یاد می‌شود وابستگی تعداد زیادی از دیگر پارامترهای معدنی به این کمیت است. تغییرات عیارحد روی عیار متوسط کانسار و تناژ ماده معدنی و باطله تاثیر گذاشته و در نتیجه پارامترهایی مانند جریان نقدینگی پروژه‌ها، عمر پروژه، ارزش خالص فعلی و محدوده نهایی نیز دستخوش تغییر و تحول می‌گردند. روش‌های متعددی جهت تعیین عیارحد وجود دارد که از مهمترین آن‌ها می‌توان به الگوریتم Lane (۱۹۶۴) و یا تعیین عیارحد با استفاده از نمودار ارزش خالص فعلی- عیار اشاره کرد [۲،۴،۵]. این روش‌ها عمدتاً در مرحله طراحی معدن و با هدف بهینه سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تعیین عیارحد با استفاده از روش Lane نیاز به پارامترهای متعددی دارد، و دسترسی به تمام آن‌ها در خلال مطالعات امکان‌سنجی مشکل می‌باشد. یکی دیگر از مشکلاتی که همواره معدنکاران با آن مواجه‌اند، محاسبه عیارحد در کانسارهای چند فلزی است. استفاده از روش‌های معمول برای محاسبه عیارحد معادل مشکل و حتی بعضاً ناکارآمد بوده است. استفاده از الگوریتم Lane در کانسارهای چند فلزی نیز عملاً امکان ناپذیر است، زیرا در ذخایر تک فلزی شش نقطه جهت محاسبه عیارحد بهینه کاندید می‌شوند، و محاسبه عیارحد از میان این شش نقطه امری ممکن است [۴]، اما در ذخایر چند فلزی بی نهایت نقطه وجود دارد که ممکن است جهت محاسبه عیارحد بهینه کاندید شوند که ارزشیابی از این بی نهایت نقطه غیر ممکن است. استفاده از عیار هم‌ارز برای محاسبه عیارحد بهینه در ذخایر چند فلزی، یکی از جدیدترین روش‌هایی است که در این زمینه و بر مبنای الگوریتم Lane ارائه گردیده است [۶].

در این تحقیق به چگونگی تعیین عیارحد با استفاده از ارزش نقطه‌ای ماده معدنی در ذخایر تک و چندفلزی در خلال مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های اکتشافی پرداخته شده است. استفاده از ارزش نقطه‌ای ماده معدنی جهت تعیین عیارحد نه تنها موجب سهولت و دقت بالا در تعیین عیارحد می‌گردد بلکه به تعداد پارامترهای کمتری نیز به منظور محاسبه عیارحد نیازمند است.

۲. محاسبه ارزش نقطه‌ای ماده معدنی

ارزش نقطه‌ای ماده معدنی عبارتست از ارزش هر درصد فلز موجود در کانسنگ و یا به عبارت دیگر ارزش نقطه‌ای ماده معدنی بیانگر میزان ارزشی است که یک درصد فلز موجود در ماده معدنی دارد. اولین گام به منظور محاسبه ارزش نقطه‌ای ماده معدنی تعیین راندمان بازیابی فراوری با استفاده از رابطه ۱ می‌باشد:

$$\rho = \frac{T_c \times g_c}{T_o \times g_o} \quad (1)$$

که در آن:

ρ : راندمان بازیابی فراوری

T_o : تناژ کانسنگ ورودی به کارخانه فراوری

T_c : تناژ کنسانتره

g_c : عیار کنسانتره

g_o : عیار کانسنگ

درآمد حاصل از فروش کنسانتره (R) نیز با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$R = T_c \times P_c \quad (2)$$

که در آن:

P_c : قیمت فروش یک تن کنسانتره

با جایگزینی T_c از رابطه ۲ در رابطه ۱ داریم:

$$R = \underbrace{(T_o \times g_o)}_I \underbrace{\left(\frac{\rho \times P_c}{g_c}\right)}_{II} \quad (3)$$

همانطور که مشاهده می‌شود رابطه ۳ از دو بخش تشکیل شده است. بخش I حاصل ضرب عیار کانسنگ در تناژ کانسنگ ورودی به کارخانه فراوری و یا به عبارت دیگر بیانگر میزان فلز ارسالی به کارخانه فراوری است. بخش II نیز حاصل تقسیم قیمت فروش یک تن کنسانتره بر عیار کنسانتره ضمن لحاظ نرخ بازیابی فراوری است که در واقع بیانگر ارزش یک درصد فلز موجود در کانسنگ می‌باشد. این نسبت اصطلاحاً ارزش نقطه‌ای ماده معدنی نامیده شده و با علامت ν نمایش داده می‌شود.

$$\nu = \frac{\rho \times P_c}{g_c} \quad (4)$$

اکنون با بازنویسی رابطه ۳ خواهیم داشت:

$$R = (T_o \times g_o) \times \nu \quad (5)$$

حال با استفاده از رابطه ۵ درآمد حاصل از فروش یک تن ماده معدنی را محاسبه می‌نماییم، جهت انجام این کار کافی است تا متغیر T_o (تناژ بار ورودی به کارخانه) را برابر با یک تن در نظر بگیریم. بنابراین درآمد حاصل از فروش یک تن کانسنگ برابر خواهد بود با:

$$R = I \times g_o \times \nu \quad (6)$$

رابطه ۶ رابطه‌ای جهت محاسبه درآمد یک تن کانسنگ سر معدن می‌باشد. تنها مسئله مجهول باقی مانده در تعیین میزان ارزش نقطه‌ای ماده معدنی چگونگی محاسبه قیمت فروش یک تن کنسانتره می‌باشد که بر اساس روابط شناخته شده‌ای نظیر روابط زیر قابل محاسبه خواهد بود.

۳- محاسبه قیمت فروش یک تن کنسانتره

در این بخش روابط مورد نیاز جهت محاسبه درآمد حاصل از فروش یک تن کنسانتره برای فلزاتی چون مس، روی و سرب آورده شده است:

- کنسانتره مس:

جهت محاسبه درآمد حاصل از فروش یک تن کنسانتره مس می‌توان از رابطه ۷ استفاده نمود.

$$P_c = Q_{cu} \left(\frac{g_c - 1}{100} \right) - T - F \quad (7)$$

که در آن :

P_c : قیمت فروش یک تن کنسانتره مس

Q_{cu} : قیمت فلز مس در بازار بورس

T : هزینه حمل و نقل کنسانتره

F : هزینه ذوب و تصفیه فلز

- کنسانتره روی:

جهت محاسبه قیمت فروش یک تن کنسانتره روی از روابط زیر استفاده می‌کنیم.

اگر عیار کنسانتره روی بیش از ۵۳ درصد باشد، طبق رابطه ۸ می‌توان قیمت فروش را محاسبه نمود.

$$P_c = 0.85 \times Q_{zn} \times g_c - T - F \quad (8)$$

و اگر عیار کنسانتره روی کمتر از ۵۳ درصد باشد، قیمت فروش یک تن کنسانتره روی طبق رابطه ۹ محاسبه می‌گردد.

$$P_c = Q_{zn} \left(\frac{g_c - 8}{100} \right) - T - F \quad (9)$$

Q_{zn} : قیمت فلز روی در بازار بورس

- کنسانتره سرب:

جهت محاسبه قیمت فروش یک تن کنسانتره سرب از روابط زیر استفاده می‌کنیم.
اگر عیار کنسانتره سرب بیش از ۶۰ درصد باشد، طبق رابطه ۱۰ می‌توان قیمت را محاسبه نمود.

$$P_c = 0.95 \times Q_{pb} \times g_c - T - F \quad (10)$$

و اگر عیار کنسانتره سرب کمتر از ۶۰ درصد باشد، قیمت فروش یک تن کنسانتره سرب طبق رابطه ۱۱ محاسبه می‌گردد.

$$P_c = Q_m \left(\frac{g_c - 3}{100} \right) - T - F \quad (11)$$

Q_{pb} : قیمت فلز سرب در بازار بورس

۴- محاسبه عیارحد با استفاده از ارزش نقطه‌ای ماده معدنی

۴-۱- محاسبه عیارحد کانسارهای تک فلزی

در نقطه سربسری عیار قابل استخراج، عیارحد خواهد بود، در این شرایط هزینه‌های عملیاتی (OC) با درآمد (R) برابر خواهد بود:

$$R (\$) = OC (\$) \quad (12)$$

با توجه به رابطه ۱۲ و قراردادن آن در رابطه ۶ نتیجه زیر حاصل می‌گردد:

$$g_{cut-off} = \frac{OC}{v} \quad (13)$$

بدین ترتیب عیارحد با استفاده از رابطه ۱۳ محاسبه خواهد شد.

۴-۲- محاسبه عیارحد کانسارهای چند فلزی

در این خصوص می‌توان از دو روش ارزش نقطه‌ای معادل و روش ترسیمی استفاده نمود.

- روش ارزش نقطه‌ای معادل

کانسار نمونه‌ای را که حاوی ۲ فلز می‌باشد در نظر می‌گیریم. عیارحد معادل بر حسب یکی از فلزات با استفاده از رابطه ۱۴ محاسبه می‌گردد.

$$g_{cut-off_{eq}} = \frac{OC}{v_{eq}} \quad (14)$$

که در آن:

$g_{cut-off_{eq}}$: عیارحد معادل بر حسب یکی از فلزات

OC: هزینه عملیاتی

v_{eq} : ارزش نقطه‌ای معادل بر حسب یکی از فلزات موجود در ماده معدنی

لذا برای محاسبه عیارحد در این کانسار دو فلزی تنها کافی است v_{eq} برای هر یک از فلزات موجود

در کانسار محاسبه گردد. جهت محاسبه v_{eq} هر یک از فلزات موجود در کانسنگ، می‌توان از روابط ۱۵

و ۱۶ استفاده نمود:

$$v_{eq-1} = v_1 + \left(\frac{v_2}{v_1} \right) \times g_2 \quad (15)$$

که در آن:

v_{eq-1} : ارزش نقطه‌ای معادل فلز ۱

v_1 : ارزش نقطه‌ای فلز ۱

v_2 : ارزش نقطه‌ای فلز ۲

g_2 : عبار فلز ۲ در کانسنگ

$$v_{eg-2} = v_2 + \left(\frac{v_1}{v_2} \right) \times g_1 \quad (16)$$

که در آن:

v_{eg-2} : ارزش نقطه‌ای معادل فلز ۲

v_1 : ارزش نقطه‌ای فلز ۱

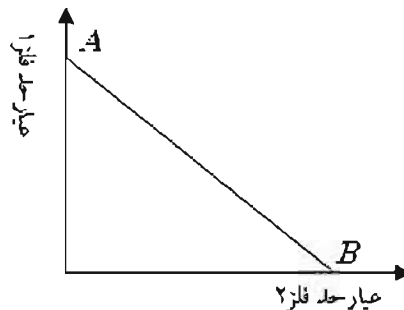
v_2 : ارزش نقطه‌ای فلز ۲

g_1 : عبار فلز ۱ در کانسنگ

بدین ترتیب، با استفاده از رابطه ۱۴ می‌توان عبارحد معادل را بر اساس ارزش نقطه‌ای فلزات مختلف در کانسنگ محاسبه نمود.

- روش ترسیمی

در این روش عبارحد فلز ۱ و فلز ۲ به طور جداگانه و بدون در نظر گرفتن دیگری با استفاده از رابطه ۱۳ محاسبه می‌شوند. متعاقباً منحنی عبارحد فلز ۱ و ۲ مانند شکل ۱ ترسیم می‌شود.



شکل ۱- روش ترسیمی تعیین عبارحد در کانسارهای دو فلزی

منحنی A-B بیانگر حد پایین منطقه موجه عبارحد فلزات ۱ و ۲ می‌باشد. به عبارتی هر مجموعه دوتایی عبار فلز ۱ و ۲ که در قسمت بالای این منحنی قرار گرفت بیانگر رعایت عبارحد می‌باشد.

۵- مطالعه موردی

۵-۱- محاسبه عبارحد معدن مس سونگون

معدن مس سونگون در استان آذربایجان شرقی و در حدود ۷۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان اهر در یک منطقه کوهستانی با متوسط ارتفاع ۲۰۰۰ متر بالای سطح دریا واقع شده است. ذخیره مس این معدن دارای دو زون هیپوزن و سوپرزن می‌باشد، که به ترتیب تولید سالانه کانسنگ از هر یک از این زونها برابر ۷ میلیون تن و ۱۴ میلیون تن می‌باشد. زون هیپوزن طی ۶ سال در مرحله اولیه و زون سوپرزن در مدت زمان ۲۵ سال در مرحله توسعه استخراج می‌گردند. مشخصات فنی این معدن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات فنی طرح مس سونگون

تولید سالانه	شیب نهایی معدن	عبار کنسانتره	راندمان بازیابی	زون
۷ میلیون تن در مرحله اول	۲۷ درجه	۳۰%	۹۱%	هیپوزن
۱۴ میلیون تن در مرحله توسعه			۸۵%	سوپرزن

با توجه به دو مرحله بودن تولید این معدن، در نظر گرفتن یک عبارحد برای هر یک از مراحل امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. جداول ۲ و ۳ به ترتیب نشان دهنده عبارحد محاسبه شده توسط ارزش نقطه‌ای ماده معدنی در فاز اول و توسعه می‌باشند. لازم به ذکر است که مقدار F در این معدن معادل ۱۴۲/۳ دلار بر تن کنسانتره مس در نظر گرفته شده است.

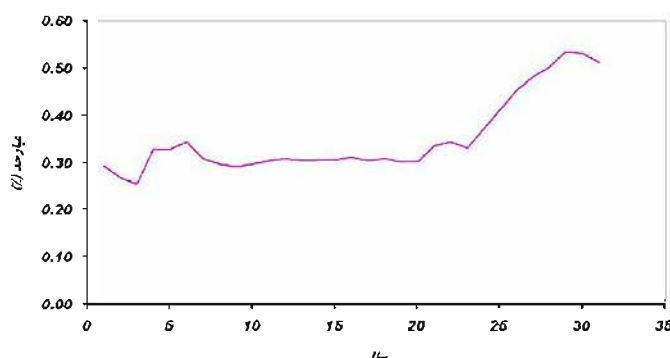
جدول ۲- عیارحد محاسبه شده در مرحله اول تولید

سال	تولید کانسنگ (میلیون تن در سال)	هزینه‌های عملیاتی (میلیون دلار در سال)	عیار متوسط (%)	عیار کنسانتره (%)	راندمان فراوری (%)	بازیابی راندمان فراوری (%)	قیمت مس تصفیه شده (دلار بر تن)	قیمت کنسانتره (دلار بر تن)	ارزش نقطه‌ای ماده معدنی	عیارحد (%)
۱	۵	۱۱۲	۰/۷۳	۳۳	۸۵/۳	۲۰۹۲	۵۷۰	۱۵/۱۸	۰/۳۹	
۲	۷	۱۱۲	۰/۷۳	۳۳	۸۵/۵	۲۳۱۵	۶۳۵	۱۶/۹۷	۰/۳۷	
۳	۷	۱۱۲	۰/۷۹	۳۳	۸۵/۳	۳۲۰۳	۶۶۶	۱۷/۷۳	۰/۳۵	
۴	۷	۱۱۹	۰/۹۰	۳۳	۸۵/۳	۳۰۰۲	۵۳۰	۱۲/۳۱	۰/۳۳	
۵	۷	۱۳۱	۰/۹۶	۳۱	۸۵/۹	۳۰۰۲	۵۳۴	۱۲/۸۰	۰/۳۳	
۶	۷	۱۳۷	۰/۹۶	۳۱	۸۶/۳	۳۰۰۲	۵۳۰	۱۲/۷۲	۰/۳۴	

جدول ۲- عیارحد محاسبه شده در مرحله توسعه تولید

سال	تولید کانسنگ (میلیون تن در سال)	هزینه‌های عملیاتی (میلیون دلار در سال)	عیار متوسط (%)	عیار کنسانتره (%)	راندمان فراوری (%)	بازیابی راندمان فراوری (%)	قیمت مس تصفیه شده (دلار بر تن)	قیمت کنسانتره (دلار بر تن)	ارزش نقطه‌ای ماده معدنی	عیارحد (%)
۷	۱۲	۱۷۶	۰/۸۷	۳۱	۸۶/۶	۳۰۰۲	۵۲۵	۱۲/۶۷	۰/۳۱	
۸	۱۲	۱۷۲	۰/۶۴	۳۰	۸۸/۱	۳۰۰۲	۵۰۶	۱۲/۸۶	۰/۳۰	
۹	۱۲	۱۷۰	۰/۵۵	۳۰	۸۷/۳	۳۰۰۲	۵۱۵	۱۵/۰۰	۰/۳۹	
۱۰	۱۲	۱۷۲	۰/۶۶	۳۰	۸۷/۸	۳۰۰۲	۵۰۹	۱۲/۹۰	۰/۳۰	
۱۱	۱۲	۱۷۹	۰/۶۳	۲۹	۸۹/۲	۳۰۰۲	۴۹۳	۱۵/۱۳	۰/۳۰	
۱۲	۱۲	۱۸۰	۰/۶۷	۲۹	۸۹/۹	۳۰۰۲	۴۸۲	۱۵/۰۰	۰/۳۱	
۱۳	۱۲	۱۷۸	۰/۵۹	۲۹	۸۹/۷	۳۰۰۲	۴۸۶	۱۵/۰۳	۰/۳۰	
۱۴	۱۲	۱۷۹	۰/۶۳	۲۹	۸۹/۵	۳۰۰۲	۴۸۸	۱۵/۰۶	۰/۳۰	
۱۵	۱۲	۱۷۷	۰/۵۶	۲۹	۹۰/۱	۳۰۰۲	۴۸۱	۱۲/۹۴	۰/۳۰	
۱۶	۱۲	۲۰۵	۰/۳۵	۳۰	۸۸/۷	۳۰۰۲	۴۹۸	۱۲/۷۲	۰/۳۱	
۱۷	۱۲	۲۰۸	۰/۵۷	۲۹	۸۸/۹	۳۰۰۲	۴۹۶	۱۵/۲۰	۰/۳۰	
۱۸	۱۲	۲۰۸	۰/۵۹	۲۹	۸۹/۸	۳۰۰۲	۴۸۵	۱۵/۰۲	۰/۳۱	
۱۹	۱۲	۲۰۹	۰/۵۹	۲۸	۹۰/۳	۳۰۰۲	۴۷۵	۱۵/۳۲	۰/۳۰	
۲۰	۱۲	۲۰۸	۰/۵۸	۲۸	۹۰/۳	۳۰۰۲	۴۷۷	۱۵/۲۰	۰/۳۰	
۲۱	۱۲	۲۳۳	۰/۵۹	۲۸	۹۰/۳	۳۰۰۲	۴۷۸	۱۵/۴۲	۰/۳۳	
۲۲	۱۲	۲۳۰	۰/۵۱	۲۹	۹۰/۳	۳۰۰۲	۴۷۹	۱۲/۹۰	۰/۳۳	
۲۳	۱۲	۲۳۸	۰/۳۳	۲۸	۹۰/۷	۳۰۰۲	۴۷۳	۱۵/۳۳	۰/۳۳	
۲۴	۱۲	۲۱۵	۰/۵۷	۲۸	۹۰/۶	۳۰۰۲	۴۷۲	۱۵/۳۳	۰/۵۷	
۲۵	۱۲	۲۱۵	۰/۵۰	۲۸	۹۰/۹	۳۰۰۲	۴۷۰	۱۵/۳۶	۰/۵۶	
۲۶	۱۲	۲۴۱	۰/۵۳	۲۸	۹۱/۰	۳۰۰۲	۴۷۰	۱۵/۲۸	۰/۴۵	
۲۷	۱۲	۲۴۱	۰/۵۸	۲۸	۹۱/۰	۳۰۰۲	۴۶۹	۱۵/۲۳	۰/۲۸	
۲۸	۱۲	۲۴۱	۰/۵۹	۲۸	۹۱/۰	۳۰۰۲	۴۷۰	۱۵/۲۸	۰/۵۰	
۲۹	۱۲	۲۴۰	۰/۵۸	۲۸	۹۱/۰	۳۰۰۲	۴۶۹	۱۵/۳۴	۰/۵۴	
۳۰	۱۲	۱۳۹	۰/۵۶	۲۸	۹۱/۰	۳۰۰۲	۴۶۹	۱۵/۳۳	۰/۵۳	
۳۱	۱۲	۱۳۹	۰/۵۳	۲۸	۹۱/۰	۳۰۰۲	۴۶۹	۱۵/۳۴	۰/۵۱	

شکل ۲ بیانگر تغییرات عیارحد در سال‌های مختلف تولید معدن مس سونگون می‌باشد.



شکل ۲ - تغییرات عیارحد در سال‌های مختلف تولید در معدن مس سونگون

با توجه به تغییرات عیارحد و عوامل تاثیرگذار بر آن در هر سال، صحیح‌تر به نظر می‌رسد که از عیارحد مختص آن سال در برنامه ریزی‌های معدن استفاده کنیم، اما به منظور دسترسی به عیارحد متوسط برای هر یک از فازهای تولید باید از عیارحدهای موجود در این دو مرحله به طور جداگانه میانگین‌گیری به عمل آید. جهت واقعی‌تر شدن نتایج بدست آمده از میانگین‌گیری وزنی استفاده کرده‌ایم. جدول ۴ نشان دهنده عیارحدهای بدست آمده در هر یک از فازهای تولید می‌باشد.

جدول ۴- عیارحد در هر یک از مراحل تولید معدن سونگون

عیارحد (%)	زون	تولید سالانه
۰/۳۰	هیپوزن	۷ میلیون تن در مرحله اول
۰/۲۸	سوپرزن	۱۲ میلیون تن در مرحله توسعه

۲-۵- محاسبه عیارحد معدن سرب و روی گوسفیل

معدن سرب و روی گوسفیل یکی از کانسارهای مهم رشته کوه ایرانکوه می‌باشد و در یال شمالی آن قرار دارد. رشته کوه ایرانکوه در ۲۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان واقع شده است. امتداد کلی این رشته کوه (غرب- شمال‌غرب) و (شرق- جنوب‌شرق) است و طولی در حدود ۲۵ کیلومتر و عرضی در حدود ۳ کیلومتر دارد. در هر دو یال شمالی و جنوبی این رشته کوه تمرکزهایی از ماده معدنی سرب و روی دیده می‌شود. مشخصات فنی معدن گوسفیل در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- مشخصات فنی طرح سرب و روی گوسفیل

تولید سالانه	هزینه عملیاتی (دلار بر تن)	فلز	عیار کنسانتره (%)	قیمت شمش (دلار)	راندمان فراوری (%)	قیمت کنسانتره (دلار)
۲۵۰۰۰۰ تن	۹/۸	سرب	۵۰	۸۰۰	۶۵-۶۰	۲۳۹
		روی	۵۰	۱۲۰۰	۸۵-۸۰	۲۳۲

- محاسبه عیارحد با استفاده از روش ترسیمی

جهت محاسبه زوج عیارهای حد در این معدن از روابط ۱۲ و ۱۳ و با در نظر گرفتن فقط یکی از فلزات در هر مرحله محاسبه استفاده می‌کنیم. نتیجه این محاسبات در جدول ۶ با فرض قیمت ۸۰۰ دلار بر تن برای سرب و ۱۲۰۰ دلار بر تن برای روی آورده شده است.

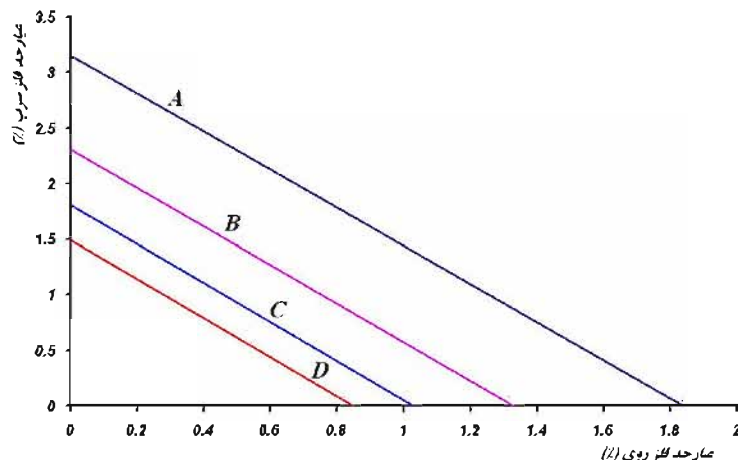
جدول ۶- عیارحد بدست آمده برای هر یک از فلزات به صورت مجزا در معدن گوسفیل

تولید سالانه	فلز	عیارحد (%)
۲۵۰۰۰۰ تن	سرب	۲/۱۵
	روی	۱/۸۲

جدول ۷ میزان تاثیر تغییر قیمت سرب و روی را بر مقدار عیار حد، نشان می‌دهد. بر اساس نمودار زوج عیار برای دو فلز سرب و روی در این معدن قابل ترسیم می‌باشد (شکل ۳). همانگونه که در شکل نیز مشاهده می‌شود با بالا رفتن قیمت، عیارحد کاهش می‌یابد و محدوده بیشتری از مواد معدنی را نیز می‌توان استخراج نمود.

جدول ۷- چگونگی تغییر عیارحد با تغییر قیمت فلزات در معدن گوسفیل

نام گروه	فلز	قیمت شمش (دلار)	عیارحد (%)
A	سرب	۸۰۰	۲/۱۵
	روی	۱۲۰۰	۱/۸۲
B	سرب	۱۰۰۰	۲/۳۰
	روی	۱۵۰۰	۱/۳۳
C	سرب	۱۲۰۰	۱/۸۱
	روی	۱۸۰۰	۱/۰۲
D	سرب	۱۴۰۰	۱/۴۹
	روی	۲۱۰۰	۰/۸۵



شکل ۳- نمودار زوج عیار در معدن سرب و روی گوسفیل

- محاسبه عیارحد با استفاده از روش ۷ معادل

با توجه به اطلاعات موجود در جدول ۵ و روابط ۱۵ و ۱۶ عیارحد معادل برحسب سرب و روی محاسبه شده است (جدول ۸).

جدول ۸- عیارحد معادل بدست آمده توسط ارزش نقطه‌ای ماده معدنی در معدن گوشفیل

عیارحد معادل (%)	۷ معادل	فلز	تولید سالانه
۰/۷	۱۳/۲۵	سرب	۲۵۰۰۰۰ تن
۱/۵	۶/۴۸	روی	

۶- نتیجه گیری

۱. تعیین عیارحد با استفاده از روش ارزش نقطه‌ای ماده معدنی نه تنها سریعتر از روش‌های دیگر است، بلکه از دقت مناسبی نیز برای تعیین عیارحد در مراحل اولیه برخوردار می‌باشد.
۲. با استفاده از ارزش نقطه‌ای ماده معدنی می‌توان عیارحد کانسارهای چند فلزی را به دو روش عیارحد معادل یا ترسیم‌ی به آسانی محاسبه نمود.
۳. با استفاده از ارزش نقطه‌ای ماده معدنی و نظر به سهولت تعیین عیارحد توسط این روش، می‌توانیم برای هر بخش از معدن به صورت جداگانه یک عیارحد در نظر گرفت.

References

- [1]. Taylor, H.K., 1972. General Background Theory of Cut-off. grades. Institution of Mining and Metallurgy Transactions, A160–179.
- [2]. Taylor, H.K., 1985. Cut-off grades—some further reflections. Institution of Mining and Metallurgy Transactions, A204–216.
- [3]. Hustrulid W., 1995, Open Pit Mine Planning & Design, vol. 1. A.A. Balkema, Rotterdam, Brook.led.
- [4]. Lane, K.F., 1964. Choosing the Optimum Cut-off grade. Quarterly of the Colorado School of Mines 59.
- [5]. Lane, K.F. 1988 , The Economic Definition of Ore, Mining Journal Books Limited, London.p. 145.
- [6]. Osanloo,M,., Ataei ,M, 2003 Using Equivalent Grade Factors to Find the Optimum Cut-off. grades of Multiple metal Deposits . Elsevier.(April), 771–776