

## ارزیابی اقتصادی و تحلیل ریسک معدن مس سونگون

احمد رضا صیادی<sup>۱</sup>، مسعود منجزی<sup>۱</sup>، مهرداد حیدری<sup>۲</sup>، مهدی وحیدی<sup>۳</sup>

۱. استادیار دانشگاه تربیت مدرس، sayadi@modares.ac.ir

۲. عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس

(دریافت ۱۵ مهر ۱۳۸۵، پذیرش ۲ مهر ۱۳۸۶)

### چکیده

در مطالعات امکان‌سنجی جنبه‌های متعدد فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گیرد. مولفه‌های هزینه نقش قابل توجهی در دامنه تغییرات برآمدهای اقتصادی پروژه داشته و تحلیل توزیع سهم نسبی آنها ضروری است. ارزیابی اقتصادی و مالی بر مبنای مفروضات و متغیرهایی صورت می‌پذیرد که مقادیر آنها همراه با عدم قطعیت بوده و بنابراین حساسیت و ریسک برآمدهای اقتصادی پروژه باید ارزیابی گردد. در این تحقیق، مدلی با استفاده از نرم‌افزارهای *Excel* و *Comfar* جهت تحلیل اقتصادی و مالی معدن مس سونگون تهیه و بر اساس آن سناریوهای متعددی با توجه به مقادیر مورد انتظار متغیرهای بحرانی، مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه جهت تحلیل ریسک اقتصادی و مالی از روش شبیه‌سازی مونت کارلو برای تخمین محتمل‌ترین برآمد پروژه استفاده گردید.

بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل هزینه، کارخانه تغلیظ و معدن به ترتیب با ۴۱ و ۳۲ درصد بیشترین سهم از هزینه‌های سرمایه‌ای و با ۵۲ و ۳۴ درصد بیشترین سهم را از هزینه‌های عملیاتی به خود اختصاص می‌دهند. همچنین حساسیت نرخ بازگشت داخلی نسبت به قیمت فروش کنسانتره بیشتر از سایر عوامل است. در این ارتباط نرخ بازبایی کارخانه فرآوری، نرخ برابری ارز، هزینه‌های سرمایه‌ای، شیب نهایی معدن و هزینه‌های عملیاتی، در درجات بعدی اهمیت قرار می‌گیرند. در نهایت تحلیل ریسک انجام شده نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۰ درصد، محدوده نرخ بازگشت داخلی از ۳۲/۹٪ بیشتر و از ۵۶/۱۹٪ کمتر خواهد بود.

### کلمات کلیدی

تحلیل حساسیت، ریسک، هزینه، نرخ بازگشت داخلی، روش مونت کارلو و معدن مس سونگون

## ۱- مقدمه

در مطالعات امکان‌سنجی و برنامه‌ریزی معادن، جنبه‌های متعددی باید مورد ارزیابی قرار گیرد، عوامل فنی مرتبط با اندازه و نوع پروژه، عوامل اقتصادی مربوط به چگونگی ساماندهی و تصمیم‌گیری و نهایتاً مشخصه‌های مالی که به چگونگی تأمین منابع مالی، الگوی مالکیت و . . . وابسته است. این مطالعات بر مبنای مفروضات و متغیرهای متعددی صورت می‌پذیرد که مقادیر آنها ناشناخته بوده و باید به کمک داده‌های موجود تخمین زده شوند. معمولاً مقادیر تخمینی همراه با خطا بوده و چنین خطاهایی ممکن است تأثیر زیادی در شاخص‌های امکان‌سنجی پروژه یا برنامه‌ریزی معدن داشته باشد. بنابراین ارزیابی برآمدهای پروژه معدنی برای محدوده‌ای از مقادیر محتمل برای هر متغیر و تحلیل پتانسیل ریسک، ضروری است [۱]. روش‌های متعددی جهت تحلیل ریسک اقتصادی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به تحلیل حساسیت، تحلیل سناریو، درخت تصمیم‌گیری، روش مجذور مربعات و روش شبیه‌سازی مونت کارلو اشاره کرد.

تحلیل حساسیت جهت برآورد اثرات احتمالی پارامترهای یک پروژه به کار رفته و طیف تغییرات متغیرها، با توجه به مقادیر حدی شاخص‌های ارزیابی پروژه محاسبه می‌شود. از مهم‌ترین مزایای این روش شناسایی تاثیرگذارترین عوامل بر اقتصاد پروژه بوده و شناخت این پارامترها به مدیریت این امکان را می‌دهد که شرایط بدبینانه و خوشبینانه را از قبل پیش‌بینی کند [۲] و [۳]. نمودارهای عنکبوتی ساده‌ترین ابزار جهت نمایش گرافیکی نتایج حاصل و همچنین جهت مقایسه با یکدیگر می‌باشند [۴]. به کمک نتایج اخذ شده می‌توان میزان ریسک را نیز محاسبه کرد. میزان ریسک هر عامل از حاصلضرب عدم قطعیت در میزان تاثیر آن محاسبه می‌شود. عدم قطعیت در واقع سطح دقت تخمین بوده که معمولاً به کمک قضاوت‌های مهندسی یا تحلیل‌های آماره‌ای تعیین می‌شود و میزان تاثیر نیز به کمک شیب منحنی تحلیل حساسیت به دست می‌آید [۲].

با توجه به دشوار بودن تعیین اثر ترکیبی پارامترهای ورودی یک طرح، گاهی بررسی‌هایی انجام می‌شود که در آن تغییرات ترکیبی متغیرها نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. این نوع رویکرد، تحلیل سناریو نامیده می‌شود. با استفاده از این نوع تحلیل، اطلاعات واقع‌گرایانه‌تری به دست می‌آید ولی با این وجود این روش هیچگونه شاخصی از کیفیت پارامترهای ورودی به دست نمی‌دهد و همچنین تاثیر انحراف معیار در نتایج به دست آمده را مشخص نمی‌کند [۴]. تحلیل ریسک را می‌توان به عنوان مرحله نهایی تحلیل سناریو در نظر گرفت [۵].

روش جذر مربعات براساس منحنی‌های توزیع (انواع چولگی) توسط *O'hara* جهت تحلیل پروژه‌های معدنی ارائه شده است. در این روش با توجه به مقدار مورد انتظار (مقادیر اولیه) و میزان انحراف کلی نسبت به این مقدار، منحنی توزیع شاخص ارزیابی پروژه به دست می‌آید [۶]. در این روش همبستگی متغیرها باید بررسی و در محاسبات لحاظ گردد.

روش کلی درخت تصمیم بر شناسایی ضمنی طرح‌های آینده و نتایج اجمالی حاصل از یک تصمیم اولیه مبتنی است. در این روش از شاخه‌ها برای نمایش طرح‌ها و نتایج ممکن هر یک استفاده می‌شود. در این نوع از تصمیم‌گیری، یک شیوه مناسب که بتواند گزینه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کند مورد نیاز است [۷].

روش مونت کارلو یکی از قوی‌ترین ابزارها جهت تحلیل آماری مجهولات موجود در مسائل مهندسی بوده و مخصوصاً در مسائل پیچیده که متغیرها با معادلات غیر خطی به یکدیگر مرتبط می‌شوند، بسیار مفید است [۸]. در این روش، میانگین حاصل از توزیع آماری شاخص‌های ارزیابی پروژه بر اساس توابع توزیع مقادیر متغیرهای ورودی در جریان نقدینگی به دست می‌آید. بدین منظور برای هر متغیر یک مقدار تصادفی از تابع توزیع مربوط انتخاب شده و سپس شاخص‌های ارزیابی محاسبه می‌شوند. این فرایند تکرار شده و در نهایت هیستوگرام توزیع شاخص‌های ارزیابی ترسیم می‌شود. استفاده از ورودی‌های احتمالی برای متغیرها، ریسک حاصل از مقادیر غیر منطقی را نشان می‌دهد [۵]. جهت تولید اعداد تصادفی در روش مونت کارلو از نرم‌افزارهایی نظیر  $\text{Risk}^1$  می‌توان استفاده نمود. قبل از ورود اطلاعات، بایستی حداقل تعداد تکرار مورد نیاز در شبیه‌سازی تعیین گردد. این تعداد با توجه به تعداد متغیرهای اولیه و سطح اطمینان مورد نظر از رابطه ۱ بدست می‌آید [۸].

$$n = \left( \frac{100d}{E} \right)^2 \times \frac{1 - P_f}{P_f} \times m \quad (1)$$

که در این فرمول  $n$  مینیمم تعداد تکرار شبیه‌سازی،  $P_f$  احتمال عملکرد نامطلوب،  $E$  درصد نسبی خطا در برآورد احتمال  $P_f$ ،  $m$  تعداد متغیرهای تصادفی و  $d$  انحراف نرمال استاندارد است که براساس سطوح اطمینان (جدول ۱) به دست می‌آید.

جدول ۱: تعیین انحراف نرمال استاندارد [۸]

انحراف استاندارد ( $d$ )	۱/۲۸۲	۱/۶۴۵	۱/۹۶۰	۲/۵۷۶
سطح اطمینان	٪۸۰	٪۹۰	٪۹۵	٪۹۹

### ۳- روش تحقیق

به منظور ارزیابی اقتصادی، مالی و تحلیل حساسیت و ریسک معدن مس سونگون، در مرحله اول یک مدل ارزیابی اقتصادی- مالی تهیه شده و بر اساس آن شاخص‌های اقتصادی طرح در یک شرایط مبنا (اولیه) محاسبه گردیده است.

مدل اقتصادی با توجه به میزان ذخیره، نرخ تولید، هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی، درآمدهای حاصل از فروش کنسانتره و استهلاک سرمایه‌گذاری ثابت، در محیط نرم‌افزارهای *Excel* و *Comfar* تهیه شده است. چگونگی تأمین منابع مالی پروژه و شرایط بازپرداخت وام در قالب یک مدل مالی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. استهلاک سرمایه‌گذاری ثابت با توجه به نرخ‌های استهلاک مصوب قوانین مالیاتی به تفکیک ارزی و ریالی برای معدن و کارخانه به صورت مجزا محاسبه گردیده است. با توجه به عمر ۳۱ ساله معدن و کارخانه فرآوری و همچنین عمر مفید ماشین‌آلات، میزان تجدید سرمایه‌گذاری در پایان عمر هر یک از ماشین‌آلات تعیین شده و ارزش اسقاط برای هر یک از موارد منظور شده است. در این مرحله با توجه به نقش قابل توجه مولفه‌ها و اقلام هزینه در بزرگی و دامنه تغییرات برآمدهای اقتصادی پروژه، رفتار آنها از طریق بررسی سهم نسبی مجموعه‌ی اقلام مختلف هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی در هزینه بخش‌های مختلف طرح مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مرحله دوم سناریوهای متعددی با توجه به تغییرات منفرد یا جمعی پارامترهای اقتصادی- مالی پروژه نظیر قیمت مس، نرخ تورم، تأمین منابع مالی (وام داخلی و یا خارجی)، مالیات، فروش محصولات در داخل و یا خارج از کشور و ... پیش‌بینی و حساسیت شاخص‌های اقتصادی پروژه نظیر نرخ بازگشت داخلی (*IRR*) و ارزش خالص فعلی (*NPV*) نسبت به این متغیرها ارزیابی گردید. در مرحله سوم با استفاده از مدل ساخته شده در نرم‌افزار *Excel* و نرم‌افزار *Risk*، تحلیل احتمالاتی برآمدهای پروژه نسبت به قیمت مس و نرخ تورم با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو انجام و محتمل‌ترین مقادیر قابل انتظار محاسبه گردید.

### ۴- تحلیل هزینه‌ها

سرمایه مورد نیاز جهت فاز اول بهره‌برداری معدن برابر ۱۸۶/۲۶۸ میلیون دلار و ۱۶۹۴/۶۴ میلیارد ریال برآورد شده است (جدول ۲).

هزینه‌های سرمایه‌ای مورد نیاز برای فاز دوم کارخانه و جهت رسیدن به ظرفیت نهایی طرح، بالغ بر ۸۵۶/۲۱۱ میلیارد ریال برآورد و هزینه‌های تجدید سرمایه‌گذاری در بخش‌های معدن و

پس از تعیین تعداد تکرار مورد نیاز، باید توزیع احتمال وقوع متغیرهای تصادفی تعیین گردد. جهت دستیابی به پارامترهای خروجی، ارتباط بین متغیرهای خروجی و ورودی از طریق فرمول‌ها و روابط موجود نیز مشخص می‌شود. در پایان شبیه‌سازی، در یک سطح اطمینان معین، احتمال وقوع هر پارامتر تعیین می‌شود.

### ۲- مس سونگون

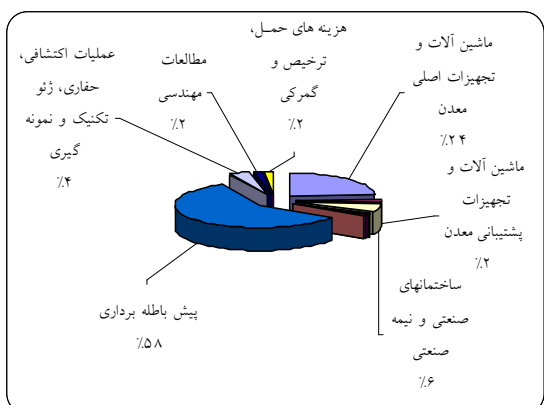
کانسار مس سونگون واقع در یکصد کیلومتری شمال شرقی تبریز، کانساری پورفیری بوده و عمده کانی‌سازی مس در توده نفوذی مونزونیتی تا ولکانیکی و یا در همبری توده‌های نفوذی با آهک کرتاسه صورت گرفته است. ذخیره قطعی کانسار در حدود ۷۹۶ میلیون تن با عیار متوسط ۰/۶ درصد برآورد شده است. این کانسار طی یک دوره ۳۱ ساله به صورت روباز استخراج خواهد شد. تولید سالانه ۷ میلیون تن کانسنگ در فاز اول (۱۷۰ هزار تن کنسانتره مس با عیار ۳۰٪ در شش سال اول بهره‌برداری) و ۱۴ میلیون تن کانسنگ در فاز دوم (۳۰۰ هزار تن کنسانتره از سال هفتم تا پایان عمر معدن) پیش‌بینی شده است. ذخیره قابل استخراج این معدن حدود ۳۸۸ میلیون تن و باطله همراه آن ۶۳۲ میلیون تن برآورد شده است.

نسبت باطله‌برداری معدن ۱/۶۳ و شیب نهایی معدن با احتساب تأثیر جاده‌های حمل داخل کاواک ۳۷ درجه تعیین شده است. راه ارتباطی دارای عرض ۳۰ متر و شیب ۸ درصد فرض شده است. عرض پله ایمنی و پله کاری به ترتیب ۸ و ۴ متر می‌باشد. ارتفاع دیواره اطمینان ۱/۵ متر و شیب آن ۷۰ درجه است. نرخ بازیابی کارخانه تغلیظ در دو بخش هیپوزن و سوپرزن به ترتیب ۹۱ و ۸۵ درصد برآورد شده است [۹].

با توجه به تغییر برخی از مؤلفه‌های فنی و اقتصادی و عدم قطعیت همراه با اطلاعات مورد استفاده، مطالعات فنی و اقتصادی این پروژه نیاز به بازنگری دارد. در این تحقیق، حساسیت برآمدهای اقتصادی طرح نسبت به تغییر پارامترهای فنی و اقتصادی بررسی شده است. با توجه به تأثیر بسزای هزینه و درآمد در شاخص‌های اقتصادی، تحلیل احتمالاتی نیز نسبت به تغییرات متغیرهای قیمت مس و نرخ تورم انجام شده است. نظر به در دسترس بودن مقادیر این دو متغیر و امکان تعیین تابع توزیع احتمال آنها، از روش مونت کارلو جهت تحلیل ریسک استفاده شده است.

و عمومی ۲/۷ دلار (۲۱۶۴۴ ریال) بر تن کانسنگ ورودی برآورد شده است [۹ و ۱۰].

کارخانه تغلیظ با ۵۲ درصد، بیشترین سهم را از هزینه عملیاتی در مقایسه با سایر بخش‌ها (در طول دوران بهره‌برداری) به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۵). همچنین قطعات یدکی بیشترین سهم (۵۳ درصد) را از میان اقلام هزینه عملیاتی طرح در طول دوره بهره‌برداری شامل می‌شود (شکل ۶).



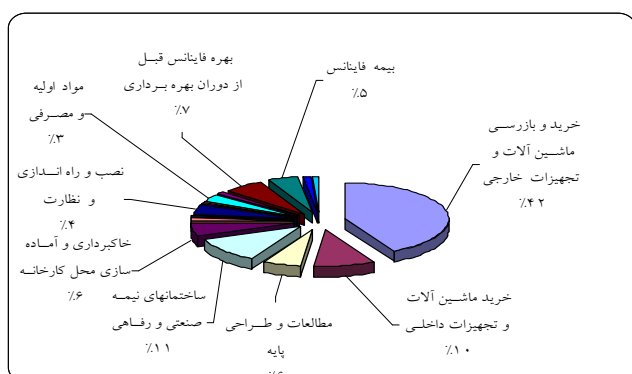
شکل ۲: سهم نسبی اقلام هزینه سرمایه‌های معدن

سد رسوب‌گیر بر اساس عمر مفید تجهیزات مورد نیاز هر بخش محاسبه شده است [۹ و ۱۰].

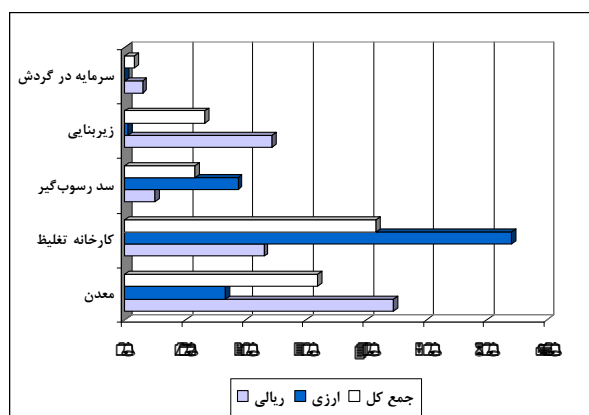
جدول ۲: خلاصه سرمایه گذاری اولیه طرح مس سونگون

ردیف	سر فصل هزینه	سرمایه گذاری اولیه		جمع کل (میلیون ریال)
		ریالی (میلیون ریال)	ارزی (میلیون دلار)	
۱	معدن	۷۵۵۵۷۱	۳۱/۱۴۶	۱۰۰۴۷۳۹
۲	کارخانه تغلیظ	۳۹۰۷۶۱	۱۱۹/۴۵۹	۱۳۰۶۶۶۴
۳	سد رسوب‌گیر	۸۴۰۸۳	۳۴/۹۱۴	۲۶۳۳۹۸
۴	زیربنایی	۴۱۴۵۴۷	۰/۷۹۴	۴۱۵۸۵۸
۵	سرمایه در گردش	۴۹۶۷۵	۰	۴۹۶۷۵
	جمع	۱۶۹۴۶۳۷	۱۹۶/۳۱۳	۳۱۴۰۳۳۴

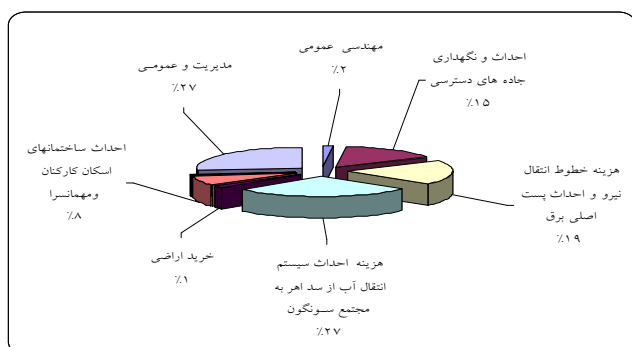
سهم هزینه‌های سرمایه‌های بخش‌های معدن، کارخانه، سد رسوب‌گیر و امور زیربنایی و عمومی از کل سرمایه‌گذاری اولیه به تفکیک هزینه‌های ارزی و ریالی در شکل ۱ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود کارخانه تغلیظ و معدن به ترتیب با ۴۱ و ۳۲ درصد بیشترین سهم از سرمایه‌گذاری اولیه را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۳: سهم نسبی اقلام هزینه سرمایه‌های کارخانه تغلیظ



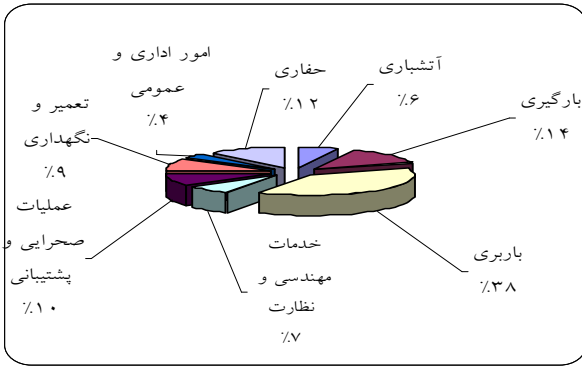
شکل ۱: سهم بخش‌های مختلف در سرمایه گذاری اولیه طرح



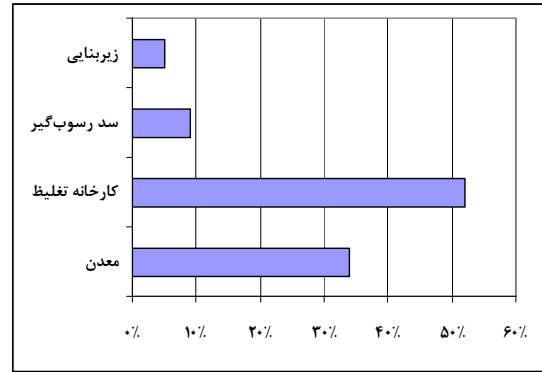
شکل ۴: سهم نسبی اقلام هزینه سرمایه‌های امور زیربنایی

هزینه‌های اقلام پیش باطله‌برداری (۵۸٪)، ماشین‌آلات وارداتی (۴۲٪)، سیستم انتقال آب (۲۷٪) به ترتیب بیشترین سهم را از هزینه‌های سرمایه‌های بخش‌های معدن، کارخانه فرآوری، امور زیربنایی به خود اختصاص می‌دهند (شکل‌های ۲-۴). عملیات اجرای سد، ۸۷٪ هزینه سرمایه‌گذاری سد رسوب‌گیر را شامل می‌شود.

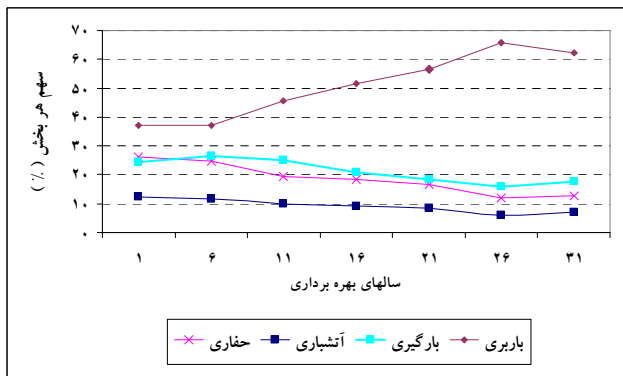
هزینه عملیاتی متوسط در بخش معدن ۵۲ سنت (۴۱۴۳ ریال) بر تن سنگ استخراجی و هزینه عملیاتی متوسط در بخش کارخانه فرآوری با احتساب هزینه‌های مربوط به سد رسوب‌گیر



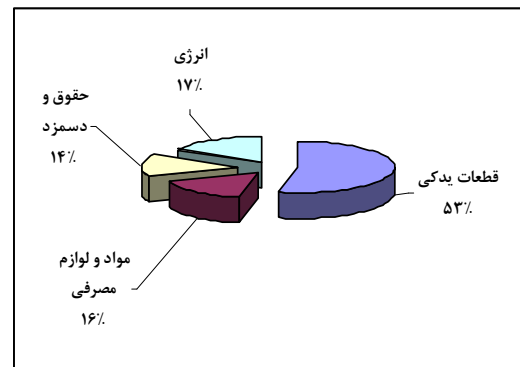
شکل ۸: سهم بخش‌های مختلف در هزینه عملیاتی معدن



شکل ۵: سهم بخش‌های مختلف در هزینه عملیاتی

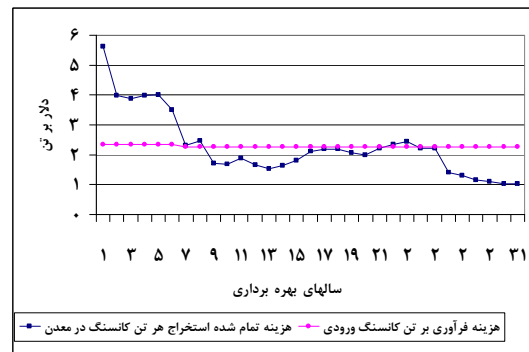


شکل ۹: روند تغییرات سهم بخش‌های هزینه عملیاتی معدن



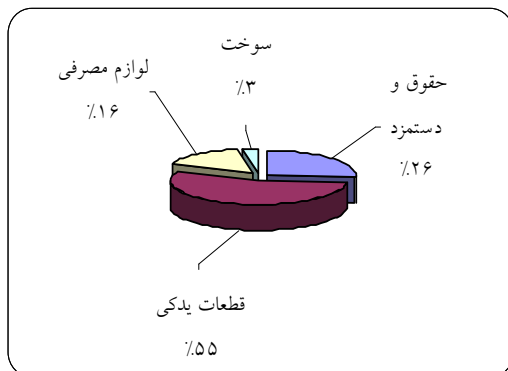
شکل ۶: سهم اقلام مختلف در هزینه عملیاتی

روند تغییرات هزینه عملیاتی در طول عمر معدن در شکل ۷ آورده شده است.



شکل ۷: روند هزینه‌های عملیاتی در دوران بهره برداری

هزینه‌های عملیاتی را نیز می‌توان براساس سهم اقلام هزینه دستمزد، قطعات یدکی مصرفی، تعمیر و نگهداری، مواد و لوازم مصرفی، سوخت و انرژی مورد نیاز، تجزیه و تحلیل نمود (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). مشاهده می‌شود که سهم قطعات یدکی و دستمزد نسبت به دیگر اقلام هزینه عملیاتی معدن بیشتر است. (به ترتیب ۵۵ و ۲۶ درصد). به همین صورت، اقلام هزینه تعمیر و نگهداری و انرژی بیشترین سهم را از هزینه‌های عملیاتی کارخانه فراوری دارا می‌باشند (به ترتیب ۲۲ و ۵۵ درصد).

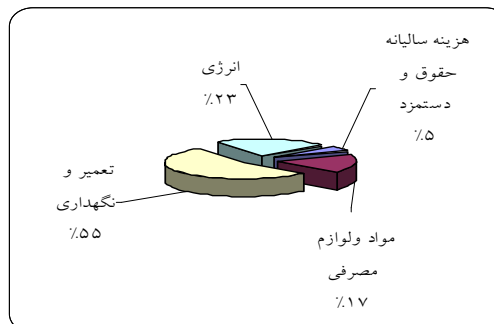


شکل ۱۰: سهم اقلام مختلف در هزینه عملیاتی معدن

عملیات باربری بیشترین سهم (۳۸٪) از هزینه‌های عملیاتی معدن را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۸). به منظور ارزیابی دقیق‌تر، روند تغییرات سهم این بخش‌ها در هزینه عملیاتی معدن در طول مدت بهره‌برداری در دوره‌های ۵ ساله بررسی شده است (شکل ۹). ملاحظه می‌شود که سهم بخش باربری از دیگر بخش‌ها بیشتر است. ضمناً سهم این بخش در دوران بهره برداری روندی صعودی دارد در حالیکه هزینه دیگر بخش‌ها روند نزولی از خود نشان می‌دهند.

جدول ۳: شرایط پایه و سناریوهای مورد مطالعه

تحلیل سناریوها				سناریو/گزینه
گزینه ۴	گزینه ۳	گزینه ۲	گزینه ۱	
بدون وام و با مالیات	با وام و بدون مالیات	بدون وام و مالیات	با وام و مالیات	شرایط پایه
۲۰۰۴	۲۰۰۴	۲۰۰۴	۲۰۰۴	قیمت مس (دلار)
۱۸۶۲۶۸/۸	۱۸۶۲۶۸/۸	۱۸۶۲۶۸/۸	۱۸۶۲۶۸/۸	سرمایه گذاری (میلیارد ریال)
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	نرخ تنزیل (درصد)
-۱۰۰۷۸۱	۱۳۴۴۷۰	۱۶۷۹۵	۱۷۳۹۳	NPV (میلیون ریال)
۹/۵	۱۱/۱۱	۱۰/۰۸	۱۰/۱۶	IRR (%)



شکل ۱۱: سهم اقسام مختلف در هزینه عملیاتی کارخانه تغلیظ

### ۵- تحلیل حساسیت

به منظور ارزیابی میزان تأثیر تغییر پارامترها بر روی شاخص‌های اقتصادی و مالی طرح، داده‌های مورد نیاز به تفکیک بخش‌های معدن، کارخانه فرآوری، سد رسوب‌گیر، خدمات و امور زیربنایی گردآوری و دسته‌بندی گردید که از جمله آن می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- پارامترهای فنی طرح بهره‌برداری
- هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و تجدید آن به صورت ارزی و ریالی با احتساب استهلاک و ارزش اسقاط آنها
- هزینه‌های عملیاتی (دستمزد، قطعات یدکی، لوازم مصرفی و سوخت) به صورت ارزی و ریالی
- درآمد حاصل از فروش کنسانتره، هزینه حمل کنسانتره تا مجتمع مس سرچشمه و هزینه‌های ذوب و پالایش
- وام‌های دریافتی با منشاء خارجی و داخلی

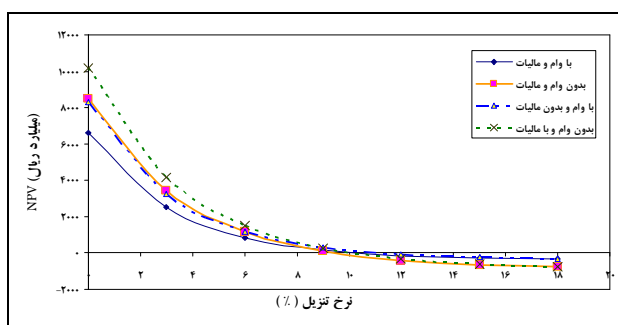
جهت بررسی تأثیر همزمان متغیرهای وام و مالیات، چهار سناریو مختلف با توجه شرایط وام و مالیات در نظر گرفته شد (جدول ۳).

با توجه به اطلاعات پایه، قیمت مس معادل ۲۰۰۴ دلار بر تن و احتساب نرخ برابری هر دلار برحسب مورد هزینه در سال‌های گذشته معادل ۳۳۰۰ ریال و ۸۰۰۰ ریال و تأمین مالی پروژه از طریق وام با منشاء خارجی و داخلی (جدول ۴)، ارزش خالص فعلی معادل ۱۷۳۹۳ میلیون ریال (نرخ تنزیل ۱۰ درصد) و نرخ بازگشت داخلی طرح ۱۰/۱۶ درصد برآورد گردید.

جدول ۴: میزان و شرایط وام‌های دریافتی

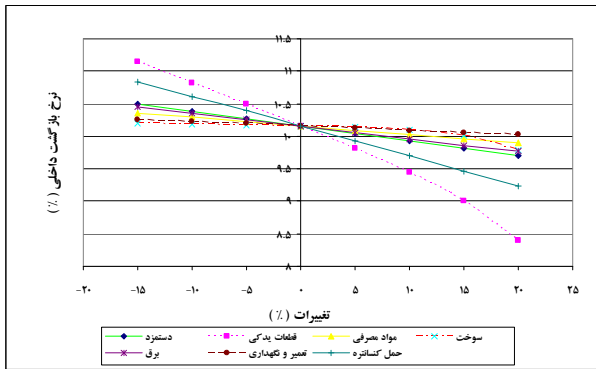
سال دریافت وام										میزان وام دریافتی	
۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۳	۱۳۸۲	۱۳۸۱	۱۳۸۰	۱۳۷۹	۱۳۷۸	۱۳۷۷	۱۳۷۶		
۰	۰	۰	۰	۰	۵۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۴۱۴۵۰	۱۶۲۶۳	یارانه‌ای ٪۶	داخلی (میلیون ریال)
۰	۰	۰	۲۵۹۰۴۹	۳۰۷۷۹۹	۱۸۱۲۳۱	۵۵۵۵۲	۲۵۰۰۰	۰	۰	مشارکتی ٪۱۸	
۳۳۵۶۶	۴۴۶۲۵	۳۱۹۳	۱۶۵۴۲	۱۶۸۴۱	۵۵۳۶۴	۱۰۱۶	۰	۰	۰	خارجی (هزار دلار) با بهره ٪۲/۵	

در شکل ۱۲ تأثیر وام و مالیات در ارزش خالص فعلی بررسی گردیده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نرخ تنزیل بیش از نرخ بهره وام دریافتی، سناریویی که در آن وام لحاظ شده و مالیات حذف گردیده است، ارزش خالص فعلی بیشتری را نسبت به سناریوهای دیگر در پی دارد.



شکل ۱۲: تأثیر سناریوهای مختلف در ارزش خالص فعلی

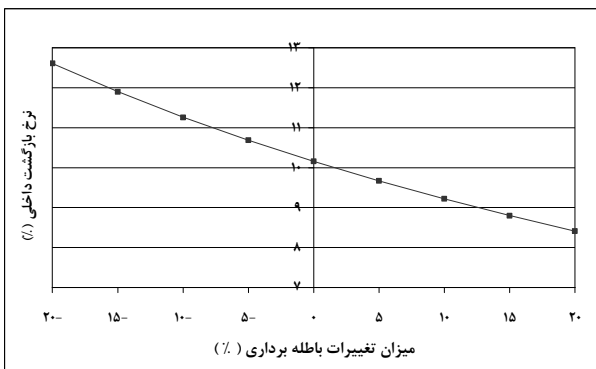
با استفاده از مدل به‌دست آمده تغییرات نرخ بازگشت داخلی نسبت به پارامترهای درآمد، هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی برای گزینه یک (در بردارنده وام و مالیات) محاسبه شده و در شکل ۱۳ آمده است. این بررسی نشان می‌دهد قیمت محصول همواره به عنوان تأثیرگذارترین متغیر مطرح است. همچنین سودآوری طرح نسبت به تغییرات هزینه سرمایه‌ای در مقایسه با هزینه‌های عملیاتی، حساسیت بیشتری نشان می‌دهد.



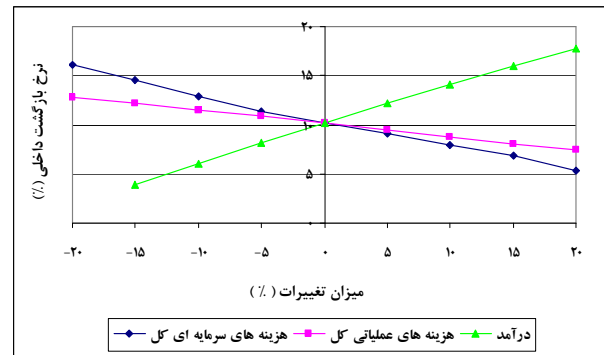
شکل ۱۵: حساسیت نرخ بازگشت داخلی نسبت به اقلام هزینه

جهت مشخص شدن توان واقعی طرح، سناریوی جریان نقدینگی بدون در نظر گرفتن وام‌های دریافتی (داخلی و خارجی) ارزیابی گردید و نرخ بازگشت داخلی برابر ۹/۵ درصد بدست آمد. وام‌های داخلی به دوصورت یارانه‌ای و مشارکتی بوده و شرایط بازپرداخت آنها از زمان شروع بهره‌برداری معدن به صورت اقساط مساوی ۵ ساله و با نرخ بهره ۶٪ برای وام یارانه‌ای و ۱۸٪ برای وام مشارکتی است. شرایط بازپرداخت وام خارجی در ۱۷ دوره شش ماهه از یک سال پس از شروع بهره‌برداری با اقساط مساوی و نرخ بهره ۲/۵٪ است. با توجه به نرخ بهره پایین وام‌های خارجی در مقایسه با وام‌های داخلی، تأمین منابع مالی بصورت فاینانس کمک شایانی در رشد شاخص‌های ارزیابی طرح خواهد داشت. در جدول ۴ شرایط وام‌های دریافتی به تفکیک آمده است. همچنین برای مشخص کردن میزان تأثیر نرخ مالیات و حقوق دولتی تحلیل اقتصادی طرح، بدون در نظر گرفتن این دو عامل نیز انجام شده و نرخ بازگشت داخلی برابر ۱۱/۴۲ درصد حاصل شد.

شیب نهایی دیواره معدن با در نظر گرفتن جاده‌های حمل و نقل داخل معدن ۳۷ درجه منظور شده است. افزایش شیب نهایی موجب کاهش میزان باطله‌برداری شده و نتیجه آن رشد نرخ بازگشت داخلی است (شکل ۱۶).

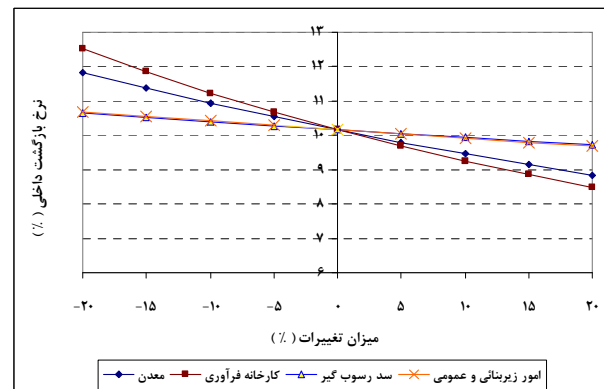


شکل ۱۶: حساسیت نرخ بازگشت داخلی نسبت به باطله‌برداری



شکل ۱۳: حساسیت نرخ بازگشت داخلی نسبت به هزینه و درآمد

تأثیر تغییرات هزینه سرمایه‌ای کارخانه تغلیظ در نرخ بازگشت داخلی بیشتر از هزینه مشابه در سایر بخش‌های طرح است (شکل ۱۴).



شکل ۱۴: حساسیت نرخ بازگشت داخلی نسبت به هزینه سرمایه‌ای

به منظور بررسی تأثیر تغییرات هزینه‌های عملیاتی، حساسیت شاخص‌های اقتصادی طرح نسبت به هزینه‌های دستمزد، قطعات یدکی، لوازم مصرفی، انرژی (شامل سوخت مصرفی و الکتریسیته)، تعمیر و نگهداری و حمل کنسانتره (تا مجتمع مس سرچشمه) ارزیابی شده و نتایج به‌دست آمده در شکل ۱۵ آمده است. با توجه به این نتایج، تغییرات در هزینه قطعات یدکی و حمل کنسانتره بیشترین تأثیر را بر نرخ بازگشت داخلی خواهد داشت.

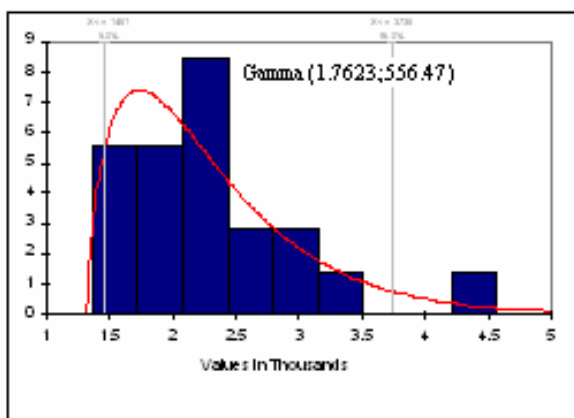
جدول ۵: قیمت مس در ۲۰ سال اخیر

ردیف	سال	قیمت (\$/tonne)	ردیف	سال	قیمت (\$/tonne)
۱	۱۹۸۶	۱۳۷۰	۱۱	۱۹۹۶	۲۳۰۰
۲	۱۹۸۷	۱۷۷۰	۱۲	۱۹۹۷	۲۲۸۰
۳	۱۹۸۸	۲۶۰۰	۱۳	۱۹۹۸	۱۵۷۰
۴	۱۹۸۹	۲۸۰۰	۱۴	۱۹۹۹	۱۸۰۰
۵	۱۹۹۰	۲۶۶۰	۱۵	۲۰۰۰	۱۷۵۰
۶	۱۹۹۱	۲۳۲۰	۱۶	۲۰۰۱	۱۵۷۵
۷	۱۹۹۲	۲۲۵۰	۱۷	۲۰۰۲	۱۶۰۰
۸	۱۹۹۳	۱۹۰۰	۱۸	۲۰۰۳	۲۳۰۰
۹	۱۹۹۴	۲۳۰۰	۱۹	۲۰۰۴	۳۲۵۰
۱۰	۱۹۹۵	۲۹۳۰	۲۰	۲۰۰۵	۴۵۷۰

جدول ۶: نرخ تورم صنعت در ۲۰ سال اخیر

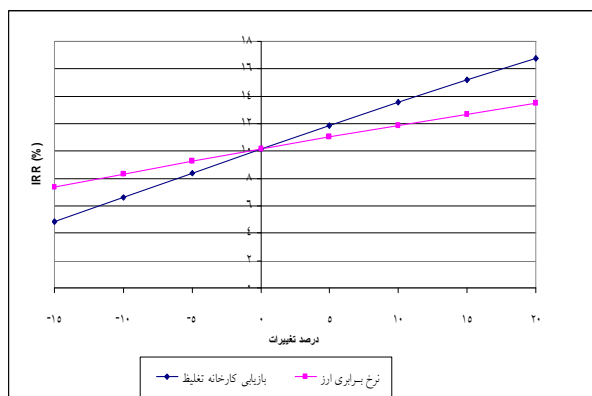
ردیف	سال	قیمت (\$/tonne)	ردیف	سال	قیمت (\$/tonne)
۱	۱۹۸۶	۱۳۷۰	۱۱	۱۹۹۶	۲۳۰۰
۲	۱۹۸۷	۱۷۷۰	۱۲	۱۹۹۷	۲۲۸۰
۳	۱۹۸۸	۲۶۰۰	۱۳	۱۹۹۸	۱۵۷۰
۴	۱۹۸۹	۲۸۰۰	۱۴	۱۹۹۹	۱۸۰۰
۵	۱۹۹۰	۲۶۶۰	۱۵	۲۰۰۰	۱۷۵۰
۶	۱۹۹۱	۲۳۲۰	۱۶	۲۰۰۱	۱۵۷۵
۷	۱۹۹۲	۲۲۵۰	۱۷	۲۰۰۲	۱۶۰۰
۸	۱۹۹۳	۱۹۰۰	۱۸	۲۰۰۳	۲۳۰۰
۹	۱۹۹۴	۲۳۰۰	۱۹	۲۰۰۴	۳۲۵۰
۱۰	۱۹۹۵	۲۹۳۰	۲۰	۲۰۰۵	۴۵۷۰

میزان نرخ بازگشت داخلی با سطح اعتماد ۹۰ درصد از ۹/۳۲ درصد بیشتر و از ۱۹/۵۶ درصد کمتر خواهد بود. مقدار میانگین این شاخص برابر ۱۴/۰۴ درصد می‌باشد. بر این اساس محدوده IRR با سطح اطمینان ۹۰ درصد از ۹/۳۲٪ بیشتر و از ۱۹/۵۶٪ کمتر خواهد بود.



شکل ۱۸: توزیع احتمال قیمت مس در ۲۰ سال گذشته

نرخ بازبایی کارخانه فرآوری برای کانه هیپوژن و سوپرژن به ترتیب برابر ۹۱ و ۸۵ درصد است. درآمد نیز بر اساس این نرخ محاسبه شده است. با توجه به این‌که در دوران بهره‌برداری ممکن است بسته به عوامل فنی و یا تغییرات در مواد شیمیایی مصرفی، تغییراتی در بازبایی کارخانه فرآوری ایجاد شود، میزان تأثیر و حساسیت نرخ بازگشت داخلی نسبت به نرخ بازبایی بررسی شد (شکل ۱۷).



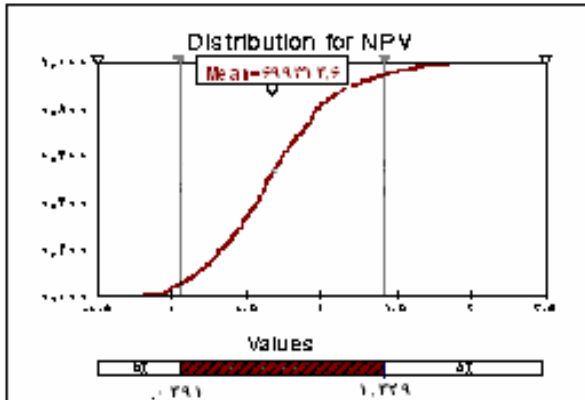
شکل ۱۷: حساسیت نرخ بازگشت داخلی نسبت به بازبایی تغلیظ و نرخ برابری ارزش

## ۶- تحلیل احتمالاتی

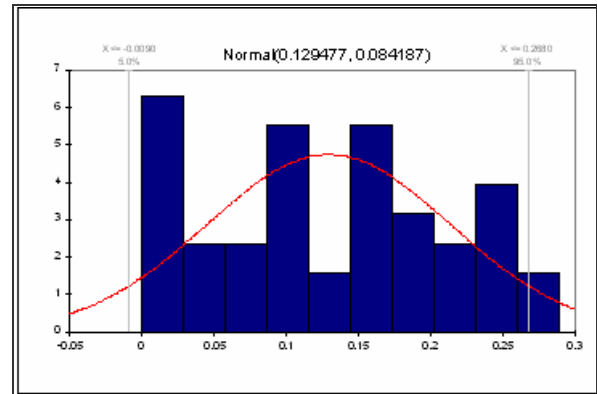
همانطور که ذکر شد در این تحقیق جهت تحلیل ریسک از روش مونت کارلو استفاده شده است. به منظور بررسی و تحلیل ریسک معدن مس سونگون از نرم افزار Risk@ جهت تولید اعداد تصادفی و در قالب مدل اقتصادی ایجاد شده در نرم افزار صفحه گسترده Excel استفاده شده است. با توجه به تأثیر قابل توجه تغییرات درآمد و هزینه بر برآمدهای اقتصادی و مالی طرح، این بررسی نسبت به قیمت مس و نرخ تورم صورت گرفته است. به همین منظور از داده‌های مربوط به قیمت مس (جدول ۵) و نرخ تورم در ۲۰ سال اخیر (جدول ۶) استفاده شد.

با توجه به این داده‌ها، بهترین توزیع احتمال این دو متغیر تعیین شد (شکل‌های ۱۸ و ۱۹). با استفاده از توزیع احتمال بدست آمده و با در نظر گرفتن گزینه یک، توزیع نرخ بازگشت داخلی و ارزش خالص فعلی طرح محاسبه شد (شکل‌های ۲۰ الی ۲۳)





شکل ۲۳: توزیع تجمعی احتمال ارزش خالص فعلی طرح



شکل ۱۹: توزیع احتمال نرخ تورم در ۲۰ سال گذشته

### ۷- نتیجه گیری

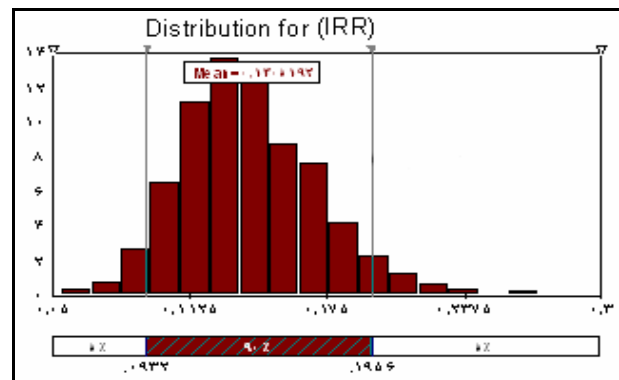
۱) کارخانه تغلیظ و معدن با ۴۱ و ۳۲ درصد بیشترین سهم از هزینه سرمایه‌های و با ۵۲ و ۳۴ درصد بیشترین سهم از هزینه‌های عملیاتی طرح را به خود اختصاص می‌دهند. هزینه پیش‌بازگشت‌برداری و ماشین‌آلات با ۶۰ و ۲۶ درصد و هزینه ماشین‌آلات و ابنیه با ۵۱ و ۱۱ درصد به ترتیب بیشترین سهم از هزینه سرمایه‌های معدن و کارخانه تغلیظ را شامل می‌شوند. هزینه اقلام قطعات یدکی (۵۳٪) و مواد-لوازم مصرفی (۱۶٪) بیشترین سهم را از هزینه عملیاتی طرح دارا است.

۲) عدم قطعیت داده‌های مورد استفاده در مطالعات امکان‌سنجی معدن مس سونگون ایجاب می‌کند که متغیرهای تأثیرگذار بر برآمدهای اقتصادی شناسایی شده و حساسیت آنها ارزیابی گردد. این نوع ارزیابی‌ها، پیش‌بینی شرایط بدبینانه و خوشبینانه پروژه را امکان‌پذیر می‌کند.

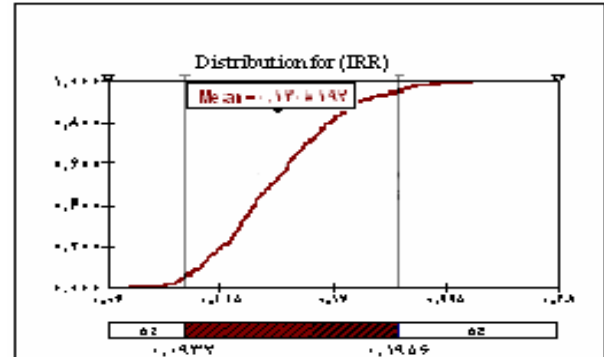
۳) نرخ بازگشت داخلی طرح با توجه به مفروضات پایه به ویژه قیمت مس، معادل ۱۰/۱۶ درصد برآورد شده است. نظر به رشد فزاینده قیمت مس در چند سال گذشته، میزان این شاخص بر اساس قیمت مس در دسامبر سال ۲۰۰۵ به بیش از ۳ برابر نیز می‌رسد.

۴) چنانچه از بخشودگی مالیاتی و همچنین حقوق دولتی استفاده شود، نرخ بازگشت داخلی به میزان ۱/۲۶ درصد رشد خواهد داشت.

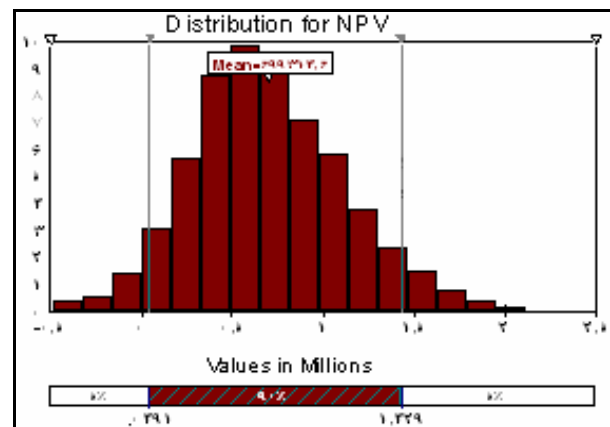
۵) حساسیت نرخ بازگشت داخلی نسبت به عامل درآمد بیشتر از دیگر متغیرها بوده و تغییرات هزینه‌های سرمایه‌ای نیز تأثیر بیشتری نسبت به هزینه‌های عملیاتی دارد. همچنین هزینه قطعات یدکی، هزینه حمل کنسانتره و دستمزد بیشترین تأثیر را در نرخ بازگشت داخلی دارد.



شکل ۲۰: توزیع احتمال نرخ بازگشت داخلی طرح



شکل ۲۱: توزیع تجمعی احتمال نرخ بازگشت داخلی طرح



شکل ۲۲: توزیع احتمال ارزش خالص فعلی طرح

4. Torries, T. F.; "Evaluating mineral projects: application and misconceptions", SME, 1998.
5. Davies, M.P.; 1997; "Potential Problem Analyses: A practical risk assessment technique for the mining industry"; CIM Bulletin, Vol. 90, No.1009, P. 49-52.
6. O'HARA, T.A; 1982; "Analysis of risk in mining projects"; Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, Vol.75, No.843, P.84-90.
7. McGill, J.E.; 2005; "Technical risk assessment techniques in mineral resource management"; University of Pretoria,.
8. Isaksson, T., 2002; "Model for estimation of time and cost based on risk evaluation applied on tunnel projects"; Doctoral Thesis, Royal, Institute of Technology Stockholm, Sweden.

۹. شرکت ملی صنایع مس ایران؛ (۱۳۸۱)؛ "بررسی‌های اقتصادی و مالی طرح مس سونگون"؛ گزارش داخلی طرح مس سونگون.

۱۰. وحیدی، مهدی؛ (۱۳۸۵)؛ "تحلیل حساسیت متغیرهای بحرانی فنی و اقتصادی استخراج معدن مس سونگون"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس.

۶) با توجه به شرایط بازپرداخت وام خارجی، استفاده از این نوع وام مفید بوده و موجب رشد نرخ بازگشت داخلی آن می‌شود.

۷) نرخ بازگشت داخلی طرح با سطح اطمینان ۹۰ درصد از ۹/۳۲ درصد بیشتر و از ۱۹/۵۶ درصد کمتر خواهد بود.

#### ۸- تشکر و قدردانی

انجام این تحقیق بدون مساعدت مسئولین طرح مس سونگون و شرکت‌های مشاور طرح امکان‌پذیر نبوده، بدین‌وسیله کمال تشکر و قدردانی را به‌عمل می‌آورد.

#### ۹- منابع

1. Dowd, P. A.; 1997; "Risk assessment in reserve estimation and open-pit planning"; IMM, Sec A: Mining industry; Vol. 103; P. 129- 204.
2. Smith, L.D; 1995; "Discount rates and risk assessment in mineral project evaluations"; CIM Bulletin, Vol. 88, No.989.
3. Slavich, D.M.; 1982; "roject Evaluation- a key step to implementation"; CIM Bulletin, Vol.75, No.843, P.91-98.

<sup>۱</sup> این نرم افزار، یک برنامه کامپیوتری برای تولید اعداد تصادفی و تحلیل ریسک براساس مفاهیم شبیه سازی مونت کارلو است. این برنامه در قالب یک ماکرو نرم‌افزار Microsoft Excel عمل نموده و از صفحه گسترده مربوطه برای ورود اطلاعات استفاده می‌کند.