



### استفاده از شبیه سازی مونت کارلو جهت تحلیل ریسک و آنالیز حساسیت معدن سنگ آندزیت-بازالت سربیشه، بیرجند

آریافر، احمد<sup>۱</sup> - زارع مطلق، سهیل<sup>۲</sup>

۱- عضو هیات علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه بیرجند

[aaryafar@birjand.ac.ir](mailto:aaryafar@birjand.ac.ir)

۳- عضو هیات علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان

[zaremotlagh@yahoo.com](mailto:zaremotlagh@yahoo.com)

#### چکیده

بخش معدن به عنوان یکی از ریسک پذیرترین زمینه ها جهت سرمایه گذاری شناخته شده است. درمهارت‌های مدیریتی جدید، مدیریت ریسک و کنترل آن از ویژگی‌های یک مدیر توانمند نام برده شده است. در طول اجرای یک پروژه معدنی تغییر هر یک از عوامل تاثیرگذار بر روی پروژه ممکن است سبب تاثیر گذاری بر اجرا، تولید و سودآوری پروژه گردد لذا یک مدیر پروژه معدنی باید نسبت به نقش هر یک از عوامل تاثیر گذار در پروژه آگاه باشد. در فرآیند ارزیابی اقتصادی یک معدن، عواملی همچون تولید سالیانه، درآمد سالیانه، هزینه سالیانه، حقوق دولتی و طول مدت بهره برداری تاثیرگذار می باشند. در مطالعه حاضر معدن سنگ آندزیت- بازالت سربیشه که در ۷۴ کیلومتری جنوب شرقی بیرجند واقع شده است جهت تحلیل ریسک و آنالیز حساسیت با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو مورد بررسی قرار گرفته است. در این شبیه سازی، هزینه و درآمد سالیانه، تولید سالیانه و حقوق دولتی به عنوان متغیرهای ورودی و ارزش فعلی خالص و نرخ بازگشت سرمایه به عنوان متغیرهای خروجی در نظر گرفته شده اند. که در نتیجه شبیه سازی، حساسیت پروژه در طول ۱۲ سال مدت بهره برداری آن نسبت به هر یک از متغیرهای ورودی مشخص گردیده است که این نتایج می تواند در راستای بهینه کردن مدیریت جهت افزایش سود آوری پروژه بکار گرفته شود.

**کلمات کلیدی:** شبیه سازی - مونت کارلو - تحلیل ریسک - آنالیز حساسیت - معدن آندزیت بازالت - سربیشه

#### The use of Mont Carlo simulation for risk and sensitivity analysis, Case study: Sarbisheh basalt-andesite mine, Birjand

#### Abstract

Investment in the mine scope is one of the most risk able fields. In the new management skills, risk management is a very important feature. During of the execution of a mine project, the variation of each effective factor can affect on the execution, production and efficiency, therefore a mining project manager must be knowledge about of any effective parameter such as Annual productivity, annual benefit, annual cost and exploitation time, in project The net present value (NPV) is one of the most important methods for economical evaluation of project. In this method the present worth of incomes and costs are calculated. A project with positive NPV is economic. As a case study, the Sarbisheh basalt-andesite mine which is located at the 74 km from southeastern of Birjand and 9 km from east of Sarbisheh is investigated. The access road to mine is Birjand-Nehbandan road. The 1:500 topography maps from area were made and evaluation deposit was done. Then the value of capital investments was calculated. In next step the value of exploitation costs by considering of total production and the scope of other activities were determined. The discounted cash flow (D.C.F) table was accomplished by computing the tax, depreciation, return over and royalty values. The NPV method, among of different methods, is applied for basalt-andesite mine evaluation. as a result the NPV value obtained 6451918946 (R.I.S).

**Key words:** simulation- Mont Carlo- risk analysis- sensitivity analysis- Andesite-basalt

#### ۱- مقدمه

برای ارزیابی پروژه های معدنی و تحلیل صورت های مختلف طرح مساله، آشنایی با روشهای ارزیابی و امکان سنجی پروژه ها و جای گذاری اقلام هزینه و درآمد در جدول D.C.F و لحاظ ارزش زمانی پول در مراحل مختلف حل مساله ضروری است. یکی از مهمترین روشهای ارزیابی اقتصادی پروژه ها، روش NPV است که بر اساس آن ارزش فعلی کلیه درآمدها و هزینه ها در زمان حال (در سال صفر) مورد محاسبه قرار میگیرد. بر این اساس چنانچه مقدار NPV بزرگتر و یا مساوی صفر باشد، پروژه اقتصادی است ولی چون در سرمایه گذاری جنبه سودآوری طرح مورد نظر است، فقط زمانی اجرای پروژه اقتصادی خواهد بود که مقدار



NPV مثبت باشد. یکی از مباحث مهم در اقتصاد مهندسی مدیریت بهینه پروژه ها می باشد که برای این منظور باید حساسیت یک پروژه نسبت به عوامل درگیر در آن مورد بررسی قرار گیرد. در این پروژه حساسیت پروژه نسبت به ۴۸ فاکتور تاثیرگذار در طول مدت بهره برداری مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور از نرم افزار @risk و روش شبیه سازی مونت کارلو استفاده گردیده است. لذا با این نگرش، بررسی فنی و اقتصادی معدن سنگ آندزیت بازالت سربیشه با استفاده از روش NPV صورت گرفته که در ادامه روند ارزیابی مورد بحث قرار می گیرد. این معدن در ۷۴ کیلومتری جنوب شرق بیرجند و در ۹ کیلومتری شرق شهرستان سربیشه واقع شده است. راه دسترسی به معدن از طریق جاده اصلی بیرجند-نهبندان می باشد. محدوده معدن به صورت شش ضلعی ABCDEF و به مساحت تقریبی چهار کیلومتر مربع می باشد [۴]

این منطقه جزو کمربند افیولیت ملائزی-فلیشی شرق کشور است که قدیمی ترین تشکیلات آن مربوط به کرتاسه و جدیدترین آن رسوبات عهد حاضر است. محدوده مورد بررسی که ماده معدنی نیز در آن جای گرفته اغلب سنگهای ولکانیکی می باشند. ولکانیکها بیشتر به صورت سنگ داسیتی دایک مانند دانه ریز، آندزیت و پیروکسن آندزیت با بافت پورفیری، باندهای توفی سفید رنگ با لنتزهای از شیشه های پرلیتی، بازالت ها و آندزیت بازالت های با بافت پورفیری و حفره ای می باشند. رسوبات به شکل مخروط افکنه و تراس های آبرفتی در منطقه دیده می شوند. دگرگونی در منطقه اتفاق افتاده به طوری که در اغلب جاها (خارج از محدوده ماده معدنی) سنگها در حد رخساره شیست سبز تا آمفیبولیت دگرگون شده اند [۴]. براساس مطالعات کانی شناسی حاصله، کانی های اصلی سنگ شامل پلاژیوکلا، هورنبلند و اوزیت بوده و کانی های گروه سرپانتین، کلریت و اسمکتیت، مگنتیت، کرومیت، کوارتز و کلسیت به عنوان کانی های همراه در سنگ حضور دارند و بافت سنگ از نوع دانه ای ریز دانه می باشد.

### ۲- برآورد میزان ذخیره و تعیین دوره بهره برداری

با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه و ماده معدنی، جهت تعیین ذخیره توده سنگ که بصورت یک بلوک می باشد بعد از تهیه نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰ با استفاده از روش مقاطع متوالی حجم کل توده محاسبه و سپس از طریق رابطه  $M=V.D$  که در آن: M: وزن ماده معدنی (تن) و D: وزن مخصوص (برحسب گرم بر سانتی متر مکعب) است وزن توده معدنی محاسبه گردید. مقادیر حجم و وزن محاسبه شده برای توده معدنی به ترتیب ۱۴۸۰۴۸ متر مکعب و ۴۰۱۲۱۰ تن می باشد. با توجه به شرایط ماده معدنی و اینکه بخشی از ذخیره محاسبه شده باطله بوده و بخشی نیز به عنوان لاشه پرت می شود بنابراین تنها ۳۵ درصد ذخیره فوق قابل استحصال است یعنی تقریباً ذخیره قطعی برابر با ۱۴۰۰۰۰ تن می باشد. با پیشنهاد مسئول معدن، تولید سالانه ۵۰۰۰ تن در مدت ۱۲ سال در نظر گرفته شده است [۳]

### ۳- سرمایه گذاری ثابت، هزینه های بهره برداری و تشکیل جدول DCF

اقلام سرمایه گذاری ثابت انجام شده در جدول ۱ آورده شده است [۳]. با توجه به حجم فعالیتهای معدنی، اقلام هزینه های جاریه در جدول ۲ آورده شده است [۳]. با در نظر گرفتن یک روش استهلاک مناسب برای هر یک از اقلام مستهلک پذیر (سرمایه گذاری ثابت) میزان استهلاک نیز مطابق جدول ۳ محاسبه شده است [۲]. همچنین با محاسبه عوامل تاثیر گذار در جریان نقدینگی، جدول D.C.F مطابق جدول شماره ۴ تشکیل گردید و سپس با استفاده از روش NPV یا ارزش فعلی خالص طرح محاسبه و معادل ۸۹۴،۲۱۵،۴۶۴،۴۷ ریال بدست آمد.

### ۴- شبیه سازی مونت کارلو جهت آنالیز حساسیت پروژه

مونت کارلو نام معروفی برای تکنیک شبیه سازی است که از تولید اعداد تصادفی برای انتخاب رویدادهای معین، با توجه به توزیع احتمالی وقوع آن رویداد استفاده می کند. برای تولید اعداد تصادفی می توان از سکه، تاس و غیره استفاده کرد. نظر به اینکه توزیع بیشتر مولفه های فرآیند مالی قابل پیش بینی است و با توجه به تکرار بسیار زیاد محاسبات، می توان برای شبیه سازی فرآیند مالی از کامپیوتر (نرم افزار @risk) استفاده کرد. در جدول ۶ اطلاعات مربوط به شبیه سازی آورده شده است [۱]. اطلاعات ورودی در



شبهه سازی عوامل تاثیر گذار بر فرآیند مالی مثل هزینه سالیانه، درآمد سالیانه، تولید سالیانه، حقوق دولتی می‌باشد. در جدول ۵ نتایج حاصل از شبهه سازی مونت کارلو جهت بررسی حساسیت پروژه نسبت به عوامل فرآیند مالی آورده شده است که نمایش گرافیکی آن در اشکال ۱ و ۲ آورده شده است.

### ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

روش ارزش فعلی خالص یکی از مهمترین روشهای ارزیابی اقتصادی پروژه ها می‌باشد که براساس آن ارزش فعلی خالص تمامی درآمدها و هزینه ها در سال صفر محاسبه می‌گردد و پروژه ای که NPV آن مثبت باشد به عنوان پروژه اقتصادی شناخته می‌شود. به عنوان یک مطالعه موردی، معدن آندزیت بازالت سربیشه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور بعد از برآورد میزان ذخیره معدن (۱۴۰۰۰ تن)، میزان سرمایه گذاری ثابت انجام شده مطابق جدول ۱ محاسبه و هزینه های جاری با توجه به حجم فعالیت ها و میزان تولید سالیانه مطابق جدول ۲ پیش بینی گردید. در ادامه میزان سرمایه در گردش، حقوق دولتی و مالیات محاسبه و با انتخاب روش استهلاک مناسب برای هر یک از اقلام سرمایه گذاری ثابت، میزان استهلاک محاسبه گردید جدول (۳). با محاسبه کلیه عوامل تاثیرگذار در جریان نقدینگی، جدول D.C.F مطابق جدول ۴ تشکیل و ارزیابی اقتصادی براساس روش NPV صورت گرفت که میزان ارزش فعلی خالص طرح مبلغی معادل ۸۹۴،۲۱۵،۴۶۴،۴۷ ریال بدست آمد. با علم به اینکه با توجه به روش NPV، طرحی اقتصادی است که ارزش فعلی خالص آن مثبت باشد. بنابراین اجرای این پروژه اقتصادی است و باید بهره برداری صورت گیرد. در ادامه تحلیل حساسیت پروژه با روش شبهه سازی مونت کارلو با استفاده از نرم افزار @risk انجام گردید و ملاحظه شد که پروژه نسبت به هزینه و درآمدهای سالیانه حساس می‌باشد بطوری که بیشترین حساسیت مثبت نسبت به درآمد سالیانه در سال دوازدهم و بیشترین حساسیت منفی (همبستگی منفی) نسبت به هزینه های جاری در سال اول دارد. در پایان به نظر می‌رسد که انجام چنین پروژه هایی می‌تواند در بهره وری بیشتر معادن موثرتر باشد.

### ۶- منابع

- [۱] اسکونزاد، محمد مهدی، اقتصاد مهندسی (ارزیابی اقتصادی پروژه های معدنی)، ۱۳۸۰، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- [۲] فضولی، علی، اقتصاد معدن، ۱۳۸۰، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
- [۳] گزارش طرح بهره برداری معدن سنگ آندزیت- بازالت سربیشه
- [۴] گزارش طرح اکتشاف معدن سنگ آندزیت- بازالت سربیشه

[5] Thomas f.torries, evaluating mineral projects (applications), 1998

جدول ۱: هزینه های سرمایه گذاری ثابت

ردیف	شرح	مبلغ (ریال)
۱	تاسیسات و مخازن	۴۱۰۰۰۰۰
۲	ماشین آلات	۵۰۰۰۰۰۰۰
۳	راه سازی	۶۰۰۰۰۰۰
۴	تهیه نقشه ها و اکتشافات	۳۰۰۰۰۰
۵	سایر هزینه های قبل از بهره برداری	۹۸۰۰۰۰۰۰
۶	جمع	۱۶۱۱۰۰۰۰۰



# اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

## اسفند ۱۳۸۸



جدول ۲: هزینه های بهره برداری

ردیف	شرح	مبلغ (ریال)
۱	هزینه پرسنلی	۲۱۸۱۸۹۰۰۰
۲	لوازم مصرفی	۱۹۳۵۰۰۰۰
۳	سوخت	۴۷۳۸۵۰۰۰
۴	تعمیر و نگهداری	۵۲۰۵۰۰۰
۵	اجاره ماشین آلات	۹۶۳۰۰۰۰۰
۶	مرمت جاده ها	۵۰۰۰۰۰
۷	هزینه های پیش بینی نشده	۱۲۵۳۶۲۹۰۰
۸	جمع	۱۳۷۸۹۹۱۹۰۰

جدول ۳: استهلاك تجهيزات و تاسيسات معدن آندزيت بازاليت سربيشه

شرح	روش استهلاك	سرمایه اولیه	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	سال ششم
تاسيسات ومخازن	نزولی 8%	63000000	5040000	4636800	277619	255410	234977	216179
ماشین آلات	نزولی 30%	50000000	15000000	10500000	7350000	5145000	3601500	2521050
هزینه های اکتشاف	نزولی 10%	70500000	7050000	6345000	8221500	7399350	6659415	5993474
جمع		183500000	27090000	21481800	15849119	12799760	10495892	8730703

سال هفتم	سال هشتم	سال نهم	سال دهم	سال یازدهم	سال دوازدهم	ارزش باقی مانده
198884	182974	168336	154869	142479	131081	1507432
1764735	1235315	864720	605304	423713	296599	692064
5394126	4854714	4369242	3932318	3539086	3185178	28666597
						396233475
7357745	6273003	5402298	4692491	4105278	3612858	427099568





# اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد طبس

## اسفند ۱۳۸۸

جدول ۴: جریان نقدینگی معدن آندزیت- بازالت سربیشه (DCF)

ردیف	شرح	سال صفر	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم
1	تولید سالیانه		5000	5000	5000	5000	5000
2	ارزش تولید		1750000000	1750000000	1750000000	1750000000	1.75E+09
3	هزینه های جاری		1584933900	1584933900	1584933900	1584933900	1.585E+09
4	هزینه های استهلاک		27090000	21481800	15849119	12799760	10495892
5	حقوق دولتی		34247500	34247500	34247500	34247500	34247500
6	۳+۴+۵		1646271400	1640663200	1635030519	1631981160	1.63E+09
7	درآمد مشمول مالیات (۲-۶)		103728600	109336800	114969481	118018840	120322708
8	مالیات						
9	۳+۵+۸		1619181400	1619181400	1619181400	1619181400	1.619E+09
10	نقد رسیده (۲-۹)		130818600	130818600	130818600	130818600	130818600
11	ارزش باقی مانده						
12	نقد رفته (سرمایه گذاری)	579733475					
13	جریان نقدینگی	-579733475	130818600	130818600	130818600	130818600	130818600

NPV= ریال ۸۹۴.۲۱۵.۴۶۴.۴۷

IRR= ۲۶٪



# اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

## اسفند ۱۳۸۸



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد طبس

ادامه جدول ۴: جریان نقدینگی معدن آدنزیت- بازالت سربیشه (DCF)

سال دوازدهم	سال یازدهم	سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم
5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
1750000000	1750000000	1750000000	1750000000	1750000000	1750000000	1750000000
1584933900	1584933900	1584933900	1584933900	1584933900	1584933900	1584933900
3612858	4105278	4692491	5402298	6273003	7357745	8730703
34247500	34247500	34247500	34247500	34247500	34247500	34247500
1622794258	1623286678	1623873891	1624583698	1625454403	1626539145	1628E+09
127205742	126713322	126126109	125416302	124545597	123460855	122087897
44522009.7	44349662.7					
1663703410	1663531063	1619181400	1619181400	1619181400	1619181400	1.619E+09
86296590.3	86468937.3	130818600	130818600	130818600	130818600	130818600
192172752						
2008024342	86468937	130818600	130818600	130818600	130818600	130818600

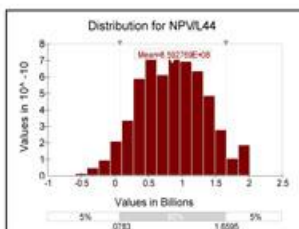


جدول ۵: نتایج حاصل از آنالیز حساسیت معدن آندزیت بازالت سربیشه نسبت به عوامل تاثیر گذار در پروژ

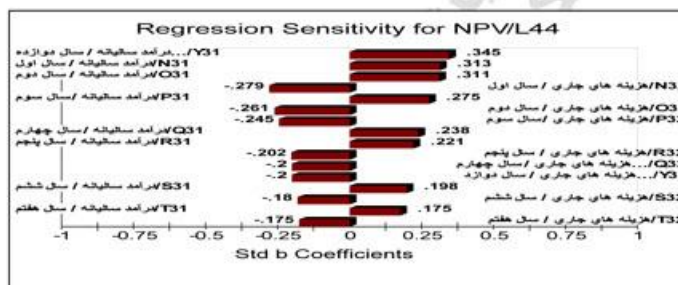
Sensitivity			
Rank	Name	Regr	Corr
1	درآمد سالیانه / سال دوازدهم / Y\$31\$	0.345	0.325
2	درآمد سالیانه / سال اول / N\$31\$	0.313	0.189
3	درآمد سالیانه / سال دوم / O\$31\$	0.311	0.354
4	هزینه های جاری / سال اول / N\$32\$	-0.279	-0.197
5	درآمد سالیانه / سال سوم / P\$31\$	0.275	0.272
6	هزینه های جاری / سال دوم / O\$32\$	-0.261	-0.247
7	هزینه های جاری / سال سوم / P\$32\$	-0.245	-0.219
8	درآمد سالیانه / سال چهارم / Q\$31\$	0.238	0.201
9	درآمد سالیانه / سال پنجم / R\$31\$	0.221	0.187
10	هزینه های جاری / سال پنجم / R\$32\$	-0.202	-0.199
11	هزینه های جاری / سال چهارم / Q\$32\$	-0.200	-0.255
12	هزینه های جاری / سال دوازدهم / Y\$32\$	-0.200	-0.178
13	درآمد سالیانه / سال ششم / S\$31\$	0.198	0.140
14	هزینه های جاری / سال ششم / S\$32\$	-0.180	-0.173
15	درآمد سالیانه / سال هفتم / T\$31\$	0.175	0.174
16	هزینه های جاری / سال هفتم / T\$32\$	-0.175	-0.153

جدول ۶: خلاصه اطلاعات مربوط به شبیه سازی مونت کارلو برای معدن آندزیت بازالت سربیشه

Summary Information	
Workbook Name	AHMADedit. D100.xls
Number of Simulations	1
Number of Iterations	500
Number of Inputs	48
Number of Outputs	2
Sampling Type	Monte Carlo
Simulation Start Time	2013/02/04 14:02
Simulation Stop Time	2013/02/04 14:02
Simulation Duration	00:00:01
Random Seed	1205513316



شکل ۱: نمودار شبیه سازی شده توزیع NPV



شکل ۲: نمودار جهت نشان دهنده همبستگی مثبت و منفی مقدار NPV نسبت به عوامل تاثیر گذار





اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

اسفند ۱۳۸۸



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد طبس

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته  
دانشگاه آزاد اسلامی  
اسفند ۱۳۸۸  
واحد طبس

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش  
تلفن: ۳۲-۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)  
وب سایت همایش: [www.hamayesh-tabas.ir](http://www.hamayesh-tabas.ir)