



## برنامه ریزی تولید در معادن سنگ تزئینی

### “مطالعه ی موردی در معدن سنگ اتابکی”

دکتر سید کاظم اورعی<sup>۱\*</sup>، دکتر سید مسعود سیدی<sup>۲</sup>، لادن حقیقت<sup>۳</sup>

۱-استادیار، دانشگاه تربیت مدرس تهران

۲-استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

۳-کارشناس ارشد اقتصاد

[1-kazemoraee@yahoo.com](mailto:1-kazemoraee@yahoo.com)

[2-masoudseyedi@yahoo.com](mailto:2-masoudseyedi@yahoo.com)

[3-haghighat\\_100@yahoo.com](mailto:3-haghighat_100@yahoo.com)

### چکیده

از آن جا که ذخایر معدنی جزو منابع اقتصادی پایان پذیر هستند، بنابراین توجه به شیوه اقتصادی تولید در آن ها اهمیت دارد. سنگ های تزئینی در سال های اخیر در ایران و بسیاری کشورهای دیگر بازار خوبی داشته اند. در نظر گرفتن مسائل اقتصادی این معادن و بکار گیری روش های مناسب تولید در آن ها این امکان را برای کشور به وجود می آورد که به منابع در آمدی قابل اعتمادی در کنار نفت دست یافته شود. در بسیاری موارد استخراج معادن سنگ تزئینی به شیوه های غیر اقتصادی صورت می گیرد. یکی از اقدام هایی که می توان برای بهبود وضع تولید معادن سنگ تزئینی انجام داد، برنامه ریزی برای تولید است.

این مقاله با استفاده از روش برنامه ریزی خطی در معادن سنگ تزئینی ایران، مدلی را برای تولید بهینه در یکی از این معادن ارائه می دهد. برای این منظور سه مدل برای سه جبهه کار موجود در معدن ارائه شده است. در هر مدل یک تابع هدف وجود دارد که هدف آن حداکثر کردن سود است و نیز محدودیت هایی گنجانده شده اند که با شرایط معدن مطابقت دارند. متغیرهای موجود در این مدل ها انواع محصولات معدن یعنی سه نوع سنگ متفاوت می باشند. سپس با استفاده از روش سیمپلکس مقدار بهینه تولید محصولات معدن مشخص شده و با توجه به تابلوهای نهایی، شرایط معدن از لحاظ اقتصادی تحت تحلیل قرار گرفته شده است. در مدل سازی برای تعیین ضرایب تابع هدف از روش رگرسیون قید استفاده شده است.

نتایج این مقاله را می توان در کلیه معادن سنگ تزئینی و یا معادن مشابه بکار برد. استفاده از مدل های ارائه شده، به بهره برداران این امکان را می دهد که تولید معدن خود را در حد بهینه نگه داشته و از این طریق بالاترین سوددهی را داشته باشند.

واژه های کلیدی: برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی سلولی، برنامه ریزی تولید، تجزیه و تحلیل حساسیت، اقتصاد معدن.

\* تهران، خیابان نجات الهی، کوی ارشد، پلاک ۱۱، زنگ اول، سمت راست، شرکت سیمان جوبین، تلفن ۰۲۱-۸۸۰۰۶۱۹.



## مقدمه

منابع معدنی به عنوان مواد اولیه ی مورد استفاده در تولیدات صنعتی و برخی فعالیت های اقتصادی مانند ساختمان سازی، ارزش فراوانی دارند. کشور های صاحب این منابع می توانند از فرآوری و عرضه ی این مواد به بازارهای جهانی، در آمد های ارزی سرشاری به دست آورند. از جمله ی مواد معدنی ارزشمند، سنگ های تزئینی هستند که به اشکال و خواص گوناگون در طبیعت یافت می شوند و کاربرد وسیعی در فعالیت های تولیدی دارند. ایران از جمله کشورهایی است که ذخایر متنوعی از سنگ های تزئینی دارد. با بهره برداری صحیح از این ذخایر و فرآوری آن ها، نه تنها می توان به ایجاد فرصت های شغلی مناسب در جامعه دست یافت، بلکه از راه صادرات این سنگ ها، درآمد ارزی قابل توجهی نیز به دست خواهد آمد.

امروزه استخراج سنگ به ویژه سنگ های تزئینی یکی از منابع در آمدی مهم کشورها است. ایران نیز از جمله کشورهایی است که در استخراج و صادرات سنگ های تزئینی جایگاه خوبی در دنیا دارد. بعضی از نمونه های سنگ تزئینی ایران در جهان نظیر ندارد. بنابراین معادن سنگ تزئینی ایران از نظر اقتصادی اهمیت خاصی دارند. در خصوص تولید و عرضه ی سنگ های تزئینی ایران (که به لحاظ تنوع و میزان ذخیره و کیفیت در رده ی نخستین کشور های جهان قرار دارند)، لازم است کلیه ی امکانات و ابزار لازم به کار گرفته شود تا با تولید بهینه در آمد قابل ملاحظه ای نصیب کشور شود.

معادن سنگ تزئینی جزء منابع پایان پذیر هستند، بنابراین توجه به شیوه ی اقتصادی تولید و بهره برداری از آن ها اهمیت دارد [۱]. سنگ تزئینی در سال های اخیر در ایران و سایر کشورها بازار خوبی داشته است. ایران یک کشور در حال توسعه و متکی به درآمدهای نفتی است. توجه به مسائل اقتصادی و فنی معادن و بکارگیری روش های مناسب تولید در آن ها این امکان را به وجود می آورد که به منابع درآمدی قابل اعتمادی در کنار نفت دست یافته شود. در سال های گذشته استخراج معادن سنگ تزئینی به شیوه های غیراقتصادی صورت گرفته است. به این معنی که عملیات پی جویی، اکتشاف و استخراج در معادن بدون هرگونه برنامه ریزی و دور اندیشی علمی انجام شده است. طرح های بهره برداری نیز در اغلب موارد غیر واقعی و صوری بوده اند. هم چنین هیچ گونه الزام عملی در خصوص کنترل کیفی مواد و محصول و رعایت نکات علمی، فنی و اقتصادی وجود نداشته است [۲]. در این زمینه نظر معدن داران نیز بر حجم بالای ضایعات تولید تأکید می کند [۳]. این گونه مشکلات صرف نظر از اتلاف ذخیره ی معدنی و افزایش ضایعات، موجب ایجاد خسارت های جبران ناپذیر اقتصادی می گردد. به این دلیل ایجاد سیستم های برنامه ریزی، کنترل مواد و تولید علمی در معادن یک ضرورت است.

با توجه به اهمیت روزافزون تولید و استخراج سنگ های تزئینی در ایران و جهان برنامه ریزی تولید در این زمینه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این راستا معدن سنگ اتابکی فیروزآباد که در نوع خود به صورت انحصاری در حال فعالیت است به عنوان موضوع این مقاله انتخاب شده و تولید آن در سال ۱۳۸۲



مورد بررسی قرار گرفته است. هدف اصلی این مقاله ارائه ی یک مدل برنامه ریزی تولید به منظور حداکثر کردن سود معدن است. برای رسیدن به این هدف یک مدل برنامه ریزی سلولی انتخاب شده است. در مدل برنامه ریزی سلولی هر جبهه کار، یک واحد تولیدی در نظر گرفته و برای هر جبهه کار برنامه ریزی جداگانه ای ارائه می شود.

### معرفی معدن سنگ اتابکی فیروزآباد

معدن سنگ مرمریت اتابکی فیروز آباد در کیلو متر ۹ جاده ی فیروز آباد - فراشبند در شمال روستای جهاد آباد در استان فارس قرار دارد. این معدن در منطقه ی جنوبی تاقدیس پدنتو در رشته کوه های زاگرس و مشرف بر دشت فیروزآباد قرار گرفته و دارای ساختار سنگ های آهکی آسماری مربوط به دوره ی الیگومیوسن می باشد. در سنگ های موجود در کمر بالایی معدن فسیل های دوکفه ای مشاهده می شود. سنگ های آهکی مربوط به سازند آسماری جهرم و به رنگ سفید متمایل به کرم و متخلخل است. از این معدن سنگ سفید و نسبتاً نرمی استخراج می شود که قابلیت شکل پذیری داشته و برای موارد تزئینی در ساختمان سازی بکار می رود. در معدن مرمریت اتابکی ذخیره ای حدود ۱۵۰/۰۰۰ تن پیش بینی شده است که در زیر باطله ای به مقدار تقریبی ۵۰/۰۰۰ تن قرار دارد. کل میزان ذخیره ی معدن با توجه به وجود شکاف های حاصل از تکتونیک و سایر عوامل جوی و ضایعات استخراج سنگ، قابل استفاده نمی باشد. حدود ۴۰ درصد ذخیره به شکل ضایعات می باشد. بنابراین مقدار سنگ قابل فروش تقریباً ۶۰ درصد است. روش استخراج در این معدن به شکل استفاده از دستگاه سیم برش و پارس و گوه می باشد.

### مطالعات گذشته

در زمینه برنامه ریزی تولید در سال های گذشته مطالعات متعددی صورت گرفته است. در این جا به نمونه هایی از آن ها اشاره می شود.

تاجی نصر آبادی (۱۳۷۷) [۴]، در رساله ای با عنوان "برنامه ریزی تولید معدن سنگ آهن سنگان" به ایجاد برنامه ریزی تولید سنگ آهن سنگان با هدف ارائه خوراک مناسب معدن به کارخانه کانه آرایبی پرداخته است. برای این منظور عیار آهن به عنوان عنصر اصلی کانه و گوگرد به عنوان عنصر مزاحم و هم چنین تناژ سالیانه کانه و نسبت باطله برداری در بار خروجی معدن کنترل شده است.

در این رساله، ابتدا با استفاده از اطلاعات اکتشافی حاصل از ۴۲ گمانه با طول کلی ۸۳۸۴ متر، ۷ ترانشه با طول کلی ۹۰۴ متری تونل با دو دستک به طول ۱۵۴ متر، مدل زمین شناسی کانسار به وسیله ی



نرم افزار DATAMINE ساخته شده است. بدین منظور مقاطع عمودی و افقی کانسار رسم و بلوک های معدنی بر روی افق های منطبق بر طبقات استخراجی نشان داده شده است.

برای بهینه سازی مدل زمین شناسی، به کمک نرم افزار Auto CAD بر روی هر پله استخراجی مدل اجرایی کانسار که نشانگر شکل صحیح شده ی بلوک های قابل استخراج می باشد، ساخته شده است. محاسبات تعیین ذخیره بر روی مدل اجرایی انجام شده و تناژ واقعی بلوک های کانه و باطله قرار گرفته در ۱۱ پله ی استخراجی که بیش از ۲۵ میلیون تن ذخیره را در بر می گیرد، به منظور تفکیک بهتر زون ماده ی معدنی و برنامه ای به زبان MATLAB نوشته شده است. ذخیره ی هر بلوک و در نتیجه ذخیره ی هر پله از لحاظ کیفی بر اساس درصد آهن و گوگرد، تقسیم بندی شده است.

در نهایت برنامه ی تولید سنگ آهن برای ۵ سال و به میزان ۱/۶۵ میلیون تن در سال تهیه شده و عیار آهن و گوگرد دربار خروجی از معدن همراه با نسبت باطله برداری کلی کنترل شده است.

دهموبد شریف آبادی (۱۳۷۷) [۵]، در رساله ای تحت عنوان "طراحی مقدماتی محدوده نهایی و برنامه ریزی تولید معدن روباز گل گهر (آنومالی)" یک برنامه ریزی برای تمام عمر معدن با استفاده از یک برنامه گرافیکی و با استفاده از روش سعی و خطا برای ظرفیت اسمی ۵ میلیون تن سنگ آهن در سال ارائه داده است. او در رساله ی خود آورده است، از آن جا که بخش قابل توجهی از نیاز فولاد کشور به کنسانتره سنگ آهن از خارج تأمین می شود و در راستای کاهش وابستگی شبکه ی تولید فولاد داخلی به واردات کنسانتره سنگ آهن پس از اجرای طرح اصلی، اجرای طرح توسعه گل گهر امری منطقی و مقرون به صرفه به نظر می رسد.

طبق این برنامه، عمر آماده سازی ۸ سال است و ۱۰ میلیون تن باطله در سال برداشت می شود. بر این مبنا نقشه های اجرایی سالیانه نیز تهیه گردیده است.

ستاروند (۱۳۷۸) [۶]، در رساله ای با عنوان "برنامه ریزی تولید معدن سونگون" به ارائه ی یک برنامه ریزی بلند مدت بر اساس استفاده از مقدار باطله برداری پرداخته است. در این رساله، اصول برنامه ریزی بلند مدت به شرح زیر بیان شده اند:

موجودی و موقعیت فضایی ذخایر و خاک ریزها در ابتدا در برنامه ریزی عمر معدن معین می شود. پس از آن برنامه ریزی بلند مدت باید به یک استراتژی عملیاتی و استخراجی برای دست یابی به اهداف ذیل تبدیل شود:

- حداکثر کردن ارزش خالص فعلی برای سرمایه گذاری
- حداقل کردن ریسک برای سرمایه گذار
- حداکثر کردن عمر معدن



این اهداف به قدری ضد و نقیض هستند به این منظور که یک NPV حداکثر نمی تواند با حداقل ریسک یا حداکثر عمر مطابق باشد و بنابراین باید از یک حد متوسط در برنامه ریزی بلند مدت استفاده شود. در این رساله برای برنامه ریزی بلند مدت معیارهای طراحی زیر پیشنهاد می شوند:

- نرخ بازگشت سرمایه ی قابل قبول برای محصول نهایی
- انعطاف پذیری طرح
- حداکثر نمودن NPV

کاستا<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) [۷]، در مقاله ای با عنوان "شبيه سازی- روشی برای تحلیل ریسک در معدن زغال سنگ" بیان می کند که برنامه ریزی های سنتی معدن با مشکلاتی که دارند، اغلب برای تصمیم گیری های کوتاه مدت مناسب هستند. بر عکس آن، مدل های شبیه سازی مشروط قابلیت تولید را برای ایجاد منفعت افزایش می دهند. شبیه سازی مشروط می تواند برای نشان دادن مشکلات اندازه گیری عدم اطمینان با یک تخمین استفاده شود. در این مقاله از "الگوریتم شبیه سازی مشروط گوسین"<sup>۲</sup> استفاده شده و می تواند برای هماهنگ کردن برنامه ریزی ها و تصمیم گیری ها در معدن مناسب باشد.

کوچتا<sup>۳</sup> و همکارانش (۲۰۰۲) [۸] در مقاله ای به ارائه ی یک برنامه ریزی بلند مدت برای معدن سنگ آهن کورونا واقع در شمال سوئد پرداخته اند. این معدن از جهت بزرگی دومین معدن روی زمین در نوع خود است. آن ها در این مقاله از برنامه ریزی ترکیبی عدد صحیح برای تعیین یک برنامه ی تولید بهره گرفته اند. این برنامه تعیین می کند که کدام بلوک ها در معدن تولید شوند و این تولید چه زمانی آغاز گردد. این امر با توجه به حداقل کردن انحراف از مقادیر تولید مورد نظر و با پذیرش محدودیت های معدن انجام می شود. مدل به دست آمده شامل هزاران متغیر دوتایی و تعداد متناسبی از محدودیت ها است.

## مفهوم و اهداف برنامه ریزی خطی

برنامه ریزی خطی عبارت است از تعیین مسیر، راه و روش برای رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده با توجه به امکانات در دسترس و در چارچوب محدودیت ها. به صورتی که اهداف تعیین شده با متغیرها رابطه مستقیم داشته و تمام آن ها از درجه ی یک باشند [۹].

برنامه ریزی خطی دو هدف را دنبال می کند:

<sup>۱</sup>-Costa

<sup>۲</sup>-Gaussian Conditional Simulation Algorithm

<sup>۳</sup>-Kuchta



۱- حداکثر کردن هرگونه منفعت مانند سود، بهره وری، درآمد، کارایی، فروش و از این قبیل.  
 ۲- حداقل کردن عواملی مانند هزینه، ضایعات، مسافت، زمان و غیره.  
 در برنامه ریزی خطی در واقع هدف پیدا کردن آن برنامه ی تولیدی است که با هزینه ی ثابت، سود خالص یک واحد تولیدی را در یک زمان مشخص حداکثر کند. هم چنین این برنامه باید محدودیت های حاصل از منابع کمیاب و تقاضای هر محصول را تأمین نماید [۱۰].

## روش مطالعه

**الف- روش مطالعه و گرد آوری داده ها-** این مطالعه از نوع کاربردی است و در صورت استفاده از آمار و اطلاعات صحیح نتایج آن می تواند به منظور بهبود شرایط تولید مورد استفاده قرار گیرد. داده ها و اطلاعات مورد نیاز برای انجام این مطالعه از معدن سنگ اتاکی جمع آوری شده اند. داده ها شامل دو دسته اطلاعات فنی و اقتصادی می باشند که توسط مدیر و حسابدار معدن به دست آمده اند. مدل ارائه شده در این مقاله با توجه به اطلاعات سال ۱۳۸۲ می باشد.

**ب- روش تجزیه و تحلیل داده ها-** برای تجزیه و تحلیل داده ها در این مقاله از روش سیمپلکس استفاده شده است. در روش سیمپلکس تابلوهای نهایی تفسیر اقتصادی خاصی دارند که برای تصمیم گیری اقتصادی تولید در معدن مزبور بکار گرفته شده اند. به منظور تخمین ضرائب متغیرها در تابع هدف از نرم افزار Eviews 3 و جهت حل تابلوهای سیمپلکس از نرم افزار winQSB استفاده شده است.

## بررسی تجربی مدل برنامه ریزی خطی در معدن سنگ اتاکی

۱- معرفی متغیرهای الگو- متغیرهای موجود در مدل، محصولات مختلف معدن سنگ اتاکی هستند. در این معدن سه نوع سنگ مختلف تولید می شود به این دلیل سه متغیر  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  برای مدل سازی در نظر گرفته شده اند. تفاوت محصولات در ابعاد سنگ است و از نظر کیفیت یکسان می باشند. به این معنا که  $X_1$  بزرگ ترین و  $X_3$  کوچک ترین اندازه محصول را نشان می دهد. از آنجا که قطعات سنگ استخراجی به شکل های منظم نیستند، برای تفکیک در مدل از اطلاعات تناژ آنها استفاده شده است.

۲- تابع هدف- در این مقاله سه مدل برنامه ریزی خطی برای سه جنبه کار موجود در معدن مزبور، ارائه شده است. برای هر مدل، یک تابع هدف در نظر گرفته شده که هدف مدل ها حداکثر کردن سود هر جنبه کار است. به منظور تعیین ضرایب متغیرها در تابع هدف از مدل رگرسیون مقید خطی ساده استفاده



شده است. در مدل رگرسیون معمولی یک ارز از مبدأ وجود دارد که چنان چه حذف شود، مدل تبدیل به رگرسیون مقید می شود.

**۳- محدودیت های مدل -** در تمام جبهه کارها محدودیت های متعددی در نظر گرفته شده است. محدودیت اول مربوط به تعداد نیروی انسانی مورد استفاده در جبهه کار می باشد. نیروی انسانی شامل کارگران ماهر، غیرماهر و مهندسان معدن می باشند. محدودیت دوم، تعداد ماشین آلات مورد استفاده برای تولید سه نوع سنگ و محدودیت سوم، موجودی انبار از سه نوع سنگ تولید شده در جبهه کار است. محدودیت های چهارم تا نهم به ترتیب مقدار هر نوع سنگ را از کل ذخیره موجود در جبهه کار مشخص می کند و هم چنین نسبت بین محصولات مختلف را تعیین می نماید. به این ترتیب که هر جبهه کار امکان استخراج مقدار معینی از هر نوع سنگ را به وجود می آورد. هم چنین سنگ ها از لحاظ ابعاد و اندازه با هم فرق دارند که به شکل محدودیت معرفی شده اند.

### برنامه ریزی خطی برای جبهه کار اول در معدن سنگ اتابکی

$$MaxZ_A = 0.9690 X_1 + 0.9189 X_2 + 1.0352 X_3$$

St :

$$0.0004 X_1 + 0.0002 X_2 + 0.0003 X_3 \leq 8$$

$$0.0005 X_1 + 0.0002 X_2 + 0.0004 X_3 \leq 10$$

$$0.0115 X_1 + 0.0049 X_2 + 0.0086 X_3 \leq 242$$

$$4900 X_1 \leq 98000$$

$$9800 X_2 \leq 98000$$

$$19600 X_3 \leq 98000$$

$$2 X_2 \leq 20$$

$$4 X_3 \leq 20$$

$$2 X_3 \leq 10$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$



### برنامه ریزی خطی برای جبهه کار دوم در معدن سنگ اتابکی

$$\text{Max}Z_B = X_1 + X_2 + X_3$$

St :

$$0.0013 X_1 + 0.0006 X_2 + 0.0010 X_3 \leq 8$$

$$0.0017 X_1 + 0.0007 X_2 + 0.0012 X_3 \leq 10$$

$$0.1833 X_1 + 0.0786 X_2 + 0.1375 X_3 \leq 1100$$

$$1400 X_1 \leq 28000$$

$$28000 X_2 \leq 28000$$

$$5600 X_3 \leq 28000$$

$$2 X_2 \leq 20$$

$$4 X_3 \leq 20$$

$$2 X_3 \leq 10$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

محدودیت های مدل در جبهه کار های دوم و سوم مانند جبهه کار اول می باشد.

### برنامه ریزی خطی برای جبهه کار سوم در معدن سنگ اتابکی

$$\text{Max}Z_C = 0.6772 X_1 + 1.2348 X_2 + 1.0571 X_3$$

St :

$$0.0027 X_1 + 0.0011 X_2 + 0.0020 X_3 \leq 8$$

$$0.0033 X_1 + 0.0014 X_2 + 0.0025 X_3 \leq 10$$

$$0.2860 X_1 + 0.1226 X_2 + 0.2145 X_3 \leq 858$$

$$700 X_1 \leq 14000$$

$$1400 X_2 \leq 14000$$

$$2800 X_3 \leq 14000$$

$$2 X_2 \leq 20$$

$$4 X_3 \leq 20$$

$$2 X_3 \leq 10$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$





## تفسیر اقتصادی تابلوی نهایی سیمپلکس

با توجه به تابلوهایی نهایی سیمپلکس در جبهه کارهای اول، دوم و سوم مقدار حداکثر سود در جبهه کار اول ۳۳/۷۴۵ میلیون تومان، مقدار حداکثر سود در جبهه کار دوم ۳۵ میلیون تومان و مقدار حداکثر سود در جبهه کار سوم ۳۱/۱۷۷۵ میلیون تومان است. برای بدست آوردن این مقدار سود در این جبهه کارها باید از تمام انواع محصولات معدن یعنی سنگ نوع اول، سنگ نوع دوم و سنگ نوع سوم تولید شود. مقدار تولید هر نوع سنگ از هر نوع جبهه کار در تابلوهای نهایی در ضمیمه ی این مقاله آمده است.

## نتیجه گیری

اعداد و ارقام بدست آمده در تابلوهای نهایی نشان دهنده ی این نکته است که از هر سه نوع سنگ در این معدن باید تولید شود. از آن جا که کل تولید در معدن برابر است با مجموع تولیدات جبهه کارها، مسلماً کل سود معدن نیز برابر است با مجموع سود حاصل از جبهه کارهای متعدد. مقدار حداکثر سود در کل معدن سنگ اتاکی با توجه به سود جبهه کارها با توجه به مدل ارائه شده، به شکل زیر محاسبه می شود:

$$Z = Z_A + Z_B + Z_C$$

$$Z = 33.7450 + 35 + 31.1775$$

$$Z = 99.9225$$

در این رساله تخمین ضرائب در توابع هدف و محدودیت ها با استفاده از اطلاعات سال های گذشته ی معدن و با روش OLS صورت گرفته است. به دلیل شرایط خاص استخراج در معادن، بهتر است برای تخمین ضرائب از اطلاعات ماهانه ی استخراج معدن در یک سال استفاده شود. برنامه ریزی سلولی یک برنامه ریزی دقیق و مناسب برای تولید معادن است. اما از آن جا که استخراج در معادن شرایط خاص خود را دارد، بهتر است این برنامه ریزی به صورت یک ساله انجام شود و براساس آن تصمیم گیری برای سال های بعد صورت گیرد.

برنامه ریزی سلولی، یک برنامه ریزی ایستا می باشد و برای مقطع خاصی از زمان قابل بررسی است. اما روش های مناسبی برای پویا کردن آن وجود دارد که می توان با انجام آن ها تصمیم گیری های اقتصادی برای معادن را به صورت پویا درآورد تا برای سال های متوالی قابل اجرا باشد.

## مراجع

- [۱] خدادادی، داوود، (۱۳۸۱)، طراحی معدن سنگ تزئینی (ساختمانی) لای بید به روش سیم برش الماسه، رساله ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی - مهندسی.
- [۲] فصلنامه ی سنگ، تابستان ۸۱ شماره ی ۲۸۰.



- [۳] فصلنامه ی سنگ ، تابستان ۸۱ شماره ی ۲۸۰.
- [۴] تاجی نصرآبادی ، مجید (۱۳۷۷) ، برنامه ریزی تولید در معدن سنگ آهن سنگان ، رساله ی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر(پلی تکنیک تهران)، دانشکده ی معدن و متالورژی.
- [۵] دهموبد شریف آبادی ، اردشیر ، (۱۳۷۷) ، طراحی مقدماتی محدوده ی نهایی و برنامه ریزی تولید معدن روباز گل گهر(آنومالی) ، رساله ی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر(پلی تکنیک تهران)، دانشکده ی معدن و متالورژی.
- [۶] ستاروند ، جواد ، (۱۳۷۸) ، برنامه ریزی تولید معدن سونگون ، رساله ی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر(پلی تکنیک تهران)، دانشکده ی معدن و متالورژی.
- [7] Costa, J. F., 2001, *Simulation- An Approach to Risk Analysis in Coal Mining* , Engineering Department, Federal University of Rio Grande do Sul.
- [8] Kuchta, M., et.al, 2002, *Extensions to an Efficient Optimization Model for Long-Term Production Planning at LKAB's kiruna Mine*, Colorado School of Mines.
- [۹] سیّدی ، سیّد مسعود ، (۱۳۸۱) ، تحقیق در عملیات ۱ ، جلد اوّل، چاپ اوّل، انتشارات کوشامهر شیراز.
- [۱۰] آریا نژاد ، میربهادر قلی ، (۱۳۷۰) ، برنامه ریزی تولید (دغامی) ، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، مؤسسه ی نشر کلمه.



تابلوی نهایی سیمپلکس در جنبه کار اول<sup>\*</sup>

Basis	X1	X2	X3	Slack-C1	Slack-C2	Slack-C3	Slack-C4	Slack-C5	Slack-C6	Slack-C7	Slack-C8	Slack-C9	RHS
C(0)	0.9690	0.9189	1.0352	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.9885
Slack-C1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	909860
Slack-C2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	241.6780
Slack-C3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	20
X1	0.9690	1	0	0	0	0	0.0002	0	0	0	0	0	10
X2	0.9189	0	1	0	0	0	0	0.0001	0	0	0	0	5
X3	1.0352	0	0	1	0	0	0	0	0.0001	0	0	0	5
Slack-C7	0	0	0	0	0	0	0	-0.0002	0	1	0	0	0
Slack-C8	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.0002	0	1	0	0
Slack-C9	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.0001	0	0	1	0
C(0)-Z(0)	0	0	0	0	0	0	-0.0002	-0.0001	-0.0001	0	0	0	33.7450

تابلوی نهایی سیمپلکس در جنبه کار دوم

Basis	X1	X2	X3	Slack-C1	Slack-C2	Slack-C3	Slack-C4	Slack-C5	Slack-C6	Slack-C7	Slack-C8	Slack-C9	RHS
C(0)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79630
Slack-C1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	99530
Slack-C2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1094.8610
Slack-C3	0	0	0	0	0	1	-0.0001	0	0	0	0	0	20
X1	1	1	0	0	0	0	0.0007	0	0	0	0	0	10
X2	1	0	1	0	0	0	0	0.0004	0	0	0	0	5
X3	1	0	0	1	0	0	0	0	0.0002	0	0	0	5
Slack-C7	0	0	0	0	0	0	0	-0.0007	0	1	0	0	0
Slack-C8	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.0007	0	1	0	0
Slack-C9	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.0004	0	0	1	0
C(0)-Z(0)	0	0	0	0	0	0	-0.0007	-0.0004	-0.0002	0	0	0	35



تبلوی نهایی سیمپلکس در جهت کار سوم

		X1	X2	X3	Slack-C1	Slack-C2	Slack-C3	Slack-C4	Slack-C5	Slack-C6	Slack-C7	Slack-C8	Slack-C9	Slack-C10
Basic	Cj)	0.6772	1.2148	1.0571	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slack-C1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slack-C2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Slack-C3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
X1	0.6772	1	0	0	0	0	0	0.0014	0	0	0	0	0	0
X2	1.2148	0	1	0	0	0	0	0	0.0007	0	0	0	0	0
X3	1.0571	0	0	1	0	0	0	0	0	0.0004	0	0	0	0
Slack-C7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.0014	0	0	1	0
Slack-C8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.0014	0	0	0
Slack-C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.0007	0	0
	Cj)-Zj)	0	0	0	0	0	0	-0.0010	-0.0009	-0.0004	-0.0004	0	0	0