

# ارائه نرم‌افزاری به منظور برآورد هزینه‌های سرمایه‌ای

## ماشین‌آلات معادن روباز

نوشته: دکتر احمد رضا صیادی\* و اکبر کیانی\*

### Development of a Software for Capital Cost Estimation of Open Pit Mine Equipments

By: Dr. A. R. Sayadi\* & A. Kiani \*

#### چکیده

مطالعات پیش امکان‌سنجی و امکان‌سنجی از مهم‌ترین مراحل پروژه‌های معدنی تلقی می‌شود. یکی از ارکان این مطالعات، برآورد هزینه‌های سرمایه‌ای بویژه هزینه ماشین‌آلات معدنی مورد نیاز پروژه است. به دلیل گستردگی و تعدد گزینه‌های فنی در خلال انجام مطالعات پروژه، برآورد هزینه باید به دفعات صورت پذیرد. از این رو، توسعه مدلها و یا نرم‌افزارهای مناسب که امکان برآورد هزینه‌ها را در زمان کوتاه و با دقت و صحت کافی فراهم نماید، ضروری به نظر می‌رسد.

در این تحقیق، مدل‌های موجود برآورد هزینه به صورت کیفی و کمی مورد بررسی قرار گرفته است. با شناخت رفتار این مدلها و انتخاب مدلی مناسب، نرم‌افزاری برای برآورد هزینه‌های سرمایه‌ای ماشین‌آلات معادن روباز ارائه شده است. این نرم‌افزار بر اساس مدل برآورد هزینه یکی از مؤسسه‌های معدنی وابسته به انجمن مهندسان هزینه آمریکا طراحی و به زبان ویژوال بیسیک نوشته شده و در محیط ویندوز XP, 2000, 98, NT قابل اجرا است. آزمون انجام شده به کمک برخی از پروژه‌های معدنی فلزی کشور نشان می‌دهد که نتایج برآورد هزینه با استفاده از این نرم‌افزار از اعتبار کافی برخوردار بوده و انطباق قابل قبولی با شرایط ایران دارد.

**کلید واژه‌ها:** برآورد هزینه، هزینه سرمایه‌ای، امکان‌سنجی، ماشین‌آلات معدنی، نرم‌افزار

#### Abstract

Pre-feasibility and feasibility studies are vital in mining projects. One major part of these studies is capital cost estimation of project, especially the cost related to equipments. Due to possibility of several technical alternatives, estimation of costs should be fulfilled separately for each alternative. For this reason, suitable models or softwares may be useful to do these studies in shortest possible time with sufficient accuracy.

In this study, after a brief comparison of the cost estimation models a software has been developed for estimating the capital costs of equipments in open pit mines. Basically, this software is designed using western mining engineering institute cost models. Visual basic programming language is applied for development the software which can be run in the windows- XP, 2000, 98 and NT environment.

Application of this software to some of the metal mines has shown that the results of cost estimation obtained from this software are credible and this software has a good conformity with run conditions.

**Key words:** Cost estimation, Capital cost, Mine equipment, Feasibility study, Software

#### مقدمه

تکرار پذیر دارد. برای مثال، میزان هزینه‌های پروژه بستگی به بزرگی و ظرفیت تولید معدن دارد. ظرفیت تولید خود تابعی از میزان ذخیره قابل استخراج معدن و برخی عوامل دیگر است. میزان ذخیره قابل استخراج نیز تابعی از روش استخراج، عیار حد و عواملی دیگر و در نتیجه وابسته به

برآورد هزینه یکی از بخشهای مهم مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی است. از آنجاکه در خلال این مطالعات، گزینه‌های فنی متعددی مورد بررسی قرار گرفته و مطالعات رفت و برگشتی به دفعات صورت می‌گیرد، هزینه‌های پروژه نیز به فراوانی ارزیابی و بازنگری شده و فرایندی

معمولاً برای ارزیابی نهایی پروژه با هدف سرمایه گذاری و تأمین مالی پروژه به کار می رود.

– روشهای ترکیبی در واقع ترکیبی از روشهای دیگر هستند به گونه ای که در بعضی موارد می توان تلفیقی از روشهای پیش گفته را برای برآورد هزینه های یک پروژه به کار برد.

ماشین آلات معدنی سهم مهمی را در هزینه های سرمایه ای معادن روباز به خود اختصاص می دهند و در برخی موارد به بیش از ۲۵ درصد می رسد. در این تحقیق، هدف طراحی و تهیه نرم افزاری به منظور برآورد هزینه های سرمایه ای ماشین آلات معادن روباز است. تهیه این نرم افزار اولین گام در ایجاد یک نرم افزار جامع برآورد هزینه (شامل کلیه بخشهای پروژه معدنی و قابل انطباق با شرایط ایران) می باشد.

## ۲- روش تحقیق

نرم افزارهای برآورد هزینه عمدتاً در مراحل مطالعات پیش امکان سنجی به کار رفته و معمولاً مبتنی بر مدل های اقتصاد سنجی است. به منظور شناخت رفتار و دامنه عملکرد، این مدلها به صورت کیفی و کمی از جنبه های مختلف نظیر دامنه اطلاعات مورد نیاز، سازوکار و گستره نتایج قابل حصول، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته اند. در ادامه به منظور شناخت بیشتر، دامنه اختلاف نسبی نتایج برآورد آنها با برآوردهای صورت گرفته در برخی از پروژه های انجام شده در کشور، بررسی شده است. بررسی انجام شده امکان انتخاب مناسب ترین مدل را فراهم کرده است. به منظور سهولت محاسبات و بررسیها، سه نرم افزار برآورد هزینه بر مبنای این مدلها طراحی و تهیه شد. نرم افزارهای مبتنی بر مدل های USBM و O'HARA با برنامه نویسی در صفحات گسترده مایکروسافت اکسل و نرم افزار مبتنی بر مدل WMEI به زبان ویژوال بیسیک تهیه شد که معرفی آن هدف اصلی این مقاله است.

## ۳- مدل های برآورد هزینه

### – مدل دفتر معادن آمریکا

این مدل برای برآورد هزینه های معدن و کارخانه فراوری کانسارهای فلزی به کار می رود (USBM, 1987; Camm, 2002). استفاده از این مدل مستلزم شناخت کامل فرایندهای برآورد و روشهای معدنکاری است زیرا در بیشتر موارد باید عوامل متعدد منطبق بر مدل را تعیین کرد. شایان ذکر است که کیفیت برآورد تمام اجزا مشابه مشابه نیست به گونه ای که برخی از برآوردها مانند هزینه باطله برداری بسیار تفصیلی و برخی دیگر مانند هزینه ماشین آلات، بسیار کلی است. دقت این مدل در حدود ۲۵ درصد است. در

هزینه های پروژه است. این فرایند تکراری مطالعه تا زمانی که گزینه های فنی و اقتصادی به سطح قابل قبولی از صحت و دقت برسند، ادامه می یابد. مطالعات برآورد هزینه نسبتاً زمان بر بوده و هنگامی که ضرورت تکرار آنها وجود داشته باشد، مشکلات فراوانی برای مهندسان ارزیاب پروژه ایجاد می کند. بدین ترتیب، استفاده از مدل های برآورد هزینه، سهولت قابل توجهی در عملیات طراحی بویژه در مرحله مطالعات پیش امکان سنجی فراهم می کند. به منظور استفاده از مدلها و انطباق هزینه ها با شرایط کشور لازم است که در هر مرحله شاخصهای هزینه و همچنین نرخ برابری ارزهای خارجی با ریال در محاسبات لحاظ شود. از آنجاکه استفاده از مدلها به صورت دستی به نسبت پیچیده و وقت گیر بوده و امکان اشتباه نیز وجود دارد، می توان به کمک نرم افزارهای برآورد هزینه این مشکلات را رفع کرد. نرم افزارهای معدنی برآورد هزینه سازگار با شرایط ایران کمتر در دسترس است.

روشهای متعددی برای برآورد هزینه های پروژه های معدنی وجود دارد که از این جمله می توان به روشهای برآورد مقایسه ای، اقتصاد سنجی، مستقیم و روشهای ترکیبی اشاره کرد.

– برآورد مقایسه ای با استفاده از داده های معدن واقع در یک منطقه انجام می پذیرد. معمولاً داده ها بدون تحلیل پارامترهای فرایند به کار می رود. روش هزینه واحدی از این نوع برآورد بوده و دقت آن در حد برآوردهای سرانگشتی است.

– روش برآورد هزینه اقتصاد سنجی، مبتنی بر توابع رگرسیون بوده و تابع هزینه بر اساس تحلیل آماری داده های واقعی پروژه های دیگر به دست می آید. معمولاً روش مورد استفاده، روش رگرسیون هزینه – ظرفیت است.

$$b = a(\text{ظرفیت})^b \quad (1)$$

پارامترهای  $a$  و  $b$  از طریق منحنی رگرسیون هزینه – ظرفیت پروژه های قبلی تعیین می شوند. معمولاً برای برآوردهای اولیه از این مدلها استفاده می شود. از جمله مدل های مهم موجود می توان به مدل های ارائه شده توسط دفتر معادن آمریکا (USBM, 1987; Comm, 2002)، (O'Hara, 1992, 1980)، مرکز فناوری مواد معدنی و کانادا (Ret Path, 1986)، مؤسسه معدن و متالورژی استرالیا (Noaks, 1995)، (Mular, 1998, 1982) و انجمن مهندسان هزینه آمریکا (WMEI, 1995, WWW.Watern mine.com) اشاره کرد.

– روش برآورد هزینه مستقیم عبارت است از فرایند تفصیلی برآورد هزینه ها که بر مبنای تجزیه اقلام هزینه و برآورد جزء به جزء عمل می کند و شامل ارزیابی کامل تمام هزینه های سرمایه ای، مواد مصرفی، انرژی و غیره برای هر سال عملیاتی است. دقت این روش  $\pm 10\%$  درصد می باشد. این شیوه

حسب نوع دستگاه تغییر می کند. برای مثال، هزینه های سرمایه ای دستگاههای چال زنی از نوع ضربه ای چرخ زنجیری و دورانی سوار بر کامیون در جدول ۲ ارائه شده است.

#### - مدل برآورد هزینه انجمن مهندسان هزینه آمریکا

این مدل از جدیدترین مدلها بوده و به عنوان راهنمای برآورد هزینه ماشین آلات معدن و کارخانه فرآوری به طور روزآمد منتشر می شود. اغلب هزینه های موجود در مدل با استفاده از محاسبات استاندارد معین شده اند (WMEI, 1995, 2005; WWW.Weatern mine.com).

از مزایای مهم این مدل امکان برآورد هزینه سرمایه ای و عملیاتی (ساعتی) برای مجموعه بسیار متنوعی از ماشین آلات معدنکاری (روباژ و زیرزمینی) و فرآوری می باشد. لازم به ذکر است که هزینه دستمزد پرسنل عملیاتی در محاسبات لحاظ نشده است (WMEI, 1995). در اینجا، برای مثال هزینه سرمایه ای و عملیاتی ماشین آلات چالزنی برای چالزنی ضربه ای ارائه شده است (شکل ۵). هزینه سرمایه ای، تابع نوع دستگاه چالزنی، قطر چال، طول راد، بار روی مته، ظرفیت کمپرسور و فشار آن، نوع (الکترونیک و دیزل) و توان موتور است.

#### - مقایسه مدل های برآورد هزینه

مدل های برآورد هزینه ذکر شده را می توان از جنبه پارامترها و اطلاعات مورد نیاز، روند محاسبه، تفکیک انواع هزینه، نوع نتایج ارائه شده و روزآمد بودن مقایسه کرد (صیادی، ۱۳۸۲).

مدل WMEI، پارامترهای ورودی متنوع تری نسبت به دیگر مدلها دارد. از سوی دیگر این مدل تنها هزینه های مربوط به یک دستگاه را ارائه می کند، در صورتی که اغلب مدلها ظرفیت تولید (تناژ) را لحاظ نموده و مستقیماً هزینه های کل پروژه را ارائه می دهند. شایان ذکر است که در این مدل، هزینه دستمزد فقط منحصر به دستمزد تعمیر و نگهداری بوده و دستمزد پرسنل تولیدی را در برنمی گیرد. مدل WMEI جدیدترین مدل بوده و به طور روزآمد منتشر می شود در صورتی که سایر مدلها قدمت بیشتری داشته و برای به روز کردن آنها می بایست از شاخصهای هزینه استفاده کرد که با توجه به قدمت زیاد اغلب مدلها موجود، باعث افزایش خطای برآورد می شود.

مدل آهارا، نوع دستگاه را در برآورد هزینه در نظر نمی گیرد ولی برخی مؤلفه های موثر در هزینه ماشین آلات، نظیر قابلیت چالخوری سنگ در برآورد هزینه ماشین آلات چالزنی را در نظر می گیرد. در مدل مولار برای مثال کمتر به پارامتر قطر چال توجه شده و دیگر مشخصات دستگاه بررسی می شود. این مدل نیز همانند مدل WMEI هزینه را برای هر ماشین به طور جداگانه ارائه می کند.

این مدل هزینه ها به کمک مجموعه ای از توابع هزینه و یا نمودارهای مربوطه قابل برآورد است.

برآورد هزینه براساس این مدل به کمک برآوردگری که در صفحه گسترده اکسل تهیه شده امکان پذیر می باشد. نمونه ای از این صفحه ها در شکل های ۱ و ۲ آورده شده است.

#### - مدل آهارا

مدل آهارا قواعد مشابهی با مدل دفتر معادن آمریکا دارد. اختلاف عمده این است که در این مدل گاه تجزیه بهتری از هزینه ها ارائه شده است. یکی از مزایای این مدل، ارائه فرمولهایی برای انتخاب اندازه و قدرت ماشین آلات است. در بخش برآورد هزینه عملیاتی (نسخه ۱۹۹۲)، اجزای هزینه دستمزد و مواد مصرفی تفکیک نشده و در نتیجه اعمال میزان دستمزد متناسب با کشور میزبان پروژه امکان پذیر نیست. در این مدل روابط برآورد هزینه در قالب توابع نمایی و یا خطی و معمولاً بر حسب تناژ روزانه آورده شده است (O'HARA, 1992; 1980). برای مثال، هزینه تجهیزات چالزنی در معدن سطحی بر اساس تعداد دستگاه (Nd) و قطر چال (d) برآورد می شود. تعداد دستگاه چالزنی به تناژ سنگ استخراجی بستگی داشته و این تناژ، خود بر حسب مجذور قطر چال محاسبه می شود.

$$(2) \quad US \$1992 = 2000 * Nd * d^{1.8} = \text{هزینه تجهیزات چالزنی}$$

نمونه ای از صفحه های نرم افزار صفحه گسترده مدل آهارا در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

#### - مدل مؤسسه معدن و متالورژی استرالیا

این مدل راهنماییهای فنی مناسبی برای محاسبه هزینه ها ارائه کرده و استفاده از آن مستلزم شناخت و تجربه کافی است. این مدل در مرحله مطالعات امکان سنجی نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این مدل، یک بخش برآورد درآمد نیز پیش بینی شده است. به منظور برآورد هزینه ماشین آلات در معدن سطحی، ابتدا نوع و تعداد دستگاه مورد نیاز تعیین شده و در نهایت هزینه سرمایه ای قابل برآورد است. برای مثال هزینه های سرمایه ای دو نوع چالزن پنوماتیکی، پنوماتیکی - هیدرولیکی براساس ویژگیهای قطر چال، عمق پیشینه حفاری، توان، ظرفیت کششی، طول میله چالزنی و کاربری در جدول ۱ ارائه شده است (Noaks, 1993).

#### - مدل مولار

مدل مولار مبتنی بر تحقیقات O'HARA و BALFOUR بوده و مشتمل بر فرآیندی نسبتاً تفصیلی برای برآورد هزینه ها است. بخش برآورد هزینه فرآوری جزئیات بیشتری نسبت به بخش معدن دارد. در یک بخش مجزا امکان برآورد درآمد نیز وجود دارد. برای سهولت برآورد در هر بخش، مثالهایی نیز ارائه شده است (Mullar, 1998, 1982). تابع هزینه به صورت  $y = ax^b$  بوده که ضرایب تجربی a و b، نوع و دامنه متغیر X بر

### معرفی نرم افزار

این نرم افزار از اولین نرم افزارهایی است که به این شیوه در بخش معدن ایران طراحی و ارائه می شود. این نرم افزار ضمن ارائه راهنمایی برای انتخاب ماشین آلات، امکان برآورد هزینه سرمایه ای آنها را نیز به راحتی فراهم می کند. در این برنامه، ماشین آلات معادن روباز در ۱۵ گروه و هر گروه به چند دسته تقسیم شده اند (جدول ۴).

برای هر کدام از ماشین آلات، صرف نظر از تقسیمات نرم افزاری، هزینه سرمایه ای برای دامنه نسبتاً گسترده ای از ظرفیت دستگاه نظیر قطر چال تجهیزات حفاری، ظرفیت حمل کامیونها، حجم جام شاول و ... قابل برآورد است. این امر امکان بررسی همبستگی هزینه و مؤلفه تصمیم و همچنین رسم نمودارهای هزینه-ظرفیت ماشین آلات را میسر نموده که کمک شایانی به انتخاب ماشین آلات می کند.

نرم افزار به کاربر این امکان را می دهد که در شرایط مختلف، برآورد هزینه ماشین آلات را به سهولت انجام دهد. مراحل پیچیده برآورد هزینه سرمایه ای ماشین آلات در صفحاتی ساده و گویا نشان داده شده است. در ضمن توضیحات تکمیلی مربوط به قیمت و دیگر مشخصات ماشین آلات انتخابی قابل دریافت است. برای نمونه، یکی از صفحات برآورد در شکل ۸ نشان داده شده است.

نرم افزار در محیط ویندوز XP, 2000, 98, NT قابل اجرا است. نیاز به حافظه، بسیار پایین بوده و پردازشگرهای معمولی نیز آن را پشتیبانی می کنند.

پس از اجرای برنامه و طی مراحل اولیه آن، پارامترهای لازم توسط کاربر در صفحه اصلی برنامه وارد و یا پارامترهای داده شده قبلی تأیید می شود (شکل ۹). در این صفحه شاخصهای هزینه پایه و سال مرتبط که برنامه براساس آنها نوشته شده، ملاحظه می شود. شاخص هزینه سال منتخب برای برآورد هزینه ها توسط کاربر وارد می گردد. پس از تأیید صفحه شاخصها توسط کاربر، صفحه اول نرم افزار به نمایش در می آید (شکل ۷). در این صفحه با انتخاب هر گروه از ماشین آلات، جزئیات دسته بندی آن ملاحظه می شود.

### روش کار نرم افزار

در این نرم افزار، هزینه تجهیزات بر مبنای قیمت های سال ۲۰۰۲ تنظیم و در دسترس کاربران قرار گرفته است. برآورد هزینه ها در سالهای دیگر، از طریق اعمال شاخص قیمت سال مورد نظر امکان پذیر است (شکل ۹). به منظور افزایش دقت برآوردها، روزآمدسازی داده های پایه نرم افزار در نسخه های بعدی در فواصل زمانی ۵ ساله صورت می گیرد.

برآورد هزینه عملیاتی در مدل USBM حالت تفصیلی داشته و اقلام هزینه دستمزد، مواد مصرفی و لوازم به تفکیک بیان شده است. مدل های USBM و آهارا هزینه عملیاتی را به طور روزانه و مدل WMEI این هزینه را بر حسب ساعت ارائه می کند. مدل های AusIMM و مولار فقط هزینه سرمایه ای و مدل USBM فقط هزینه عملیاتی را برآورد کرده ولی در دیگر مدلها، برآورد هر دو نوع هزینه انجام می گیرد. مدل استرالیایی علاوه بر کمک به برآورد هزینه، راهنمایی لازم را برای تعیین نوع و تعداد دستگاه مورد نیاز نیز ارائه می کند.

با هدف مقایسه کمی مدل های برآورد هزینه پیش گفته، از داده های پروژه های مس سونگون و آنومالی سه سنگ آهن گل گهر استفاده کرده و هزینه ماشین آلات محاسبه شد (کیانی، ۱۳۸۳). با توجه به گستره زیاد پارامترهای ورودی، تنوع دسته بندی اقلام هزینه، محدوده عمل و سازوکار برآوردها، نمی توان نتایج حاصل از مدلها را با هم مقایسه کرد. با این وجود ارزیابی دامنه اختلاف نتایج برآورد هزینه به روش مستقیم در پروژه های مس سونگون (شرکت مهندسین مشاور اولنگک، ۱۳۸۳) و شرکت مهندسین مشاور ایتوک، ۱۳۷۵) و آهن گل گهر جدول ۳ نشان می دهد که نتایج برآورد حاصل از مدل WMEI و برآوردهای گزارش شده در مطالعات امکان سنجی بسیار نزدیک است. با توجه به تاریخ تهیه گزارش امکان سنجی (۱۳۷۶)، برآورد انجام شده توسط نرم افزار نیز بر مبنای شاخصهای قیمت در همین تاریخ صورت گرفته است. لازم به ذکر است که دامنه اختلاف برآوردها در خصوص کلیه ماشین آلات مشابه نبوده و تفاوت بیشتری در میزان هزینه تخمینی برخی از آنها در مقایسه با اقلام مندرج در جدول ۳ مشاهده می شود.

### ۴- طراحی و تهیه نرم افزار مبتنی بر مدل WMEI

شکل ۶ معماری ساختار کلی نرم افزار را نشان می دهد. این نرم افزار به زبان ویژوال بیسیک ۶ نوشته شده است. در راستای طراحی و پیاده سازی نرم افزار، گزینه های متعددی برای ساخت منوها و صفحات لازم به نظر می رسید. از میان این گزینه ها، ابتدا تقسیم بندی ماشین آلات بر مبنای روند طراحی معدن و سپس مراحل کار و عملیات معدن مورد توجه قرار گرفت. ولی با توجه به نیاز تکرار ماشین آلات در صفحات مختلف، این مسئله می توانست سبب سردرگمی کاربر گردد. بنابراین ماشین آلات در گروه های کلی براساس حروف الفبا منظور شد (جدول ۴). البته ماشین آلاتی که به صورت جیبی در معدن استفاده می شود یا اینکه نمی توان آنها را در یک دسته جای داد در انتهای فهرست، با عنوان سایر ماشین آلات آمده است (شکل ۷).

هچنین شاخص قیمت ۱۹۹۵) انجام گرفت. نتایج حاصل از این مقایسه نشان می دهد که برآوردهای انجام گرفته همخوانی قابل قبولی دارند.

### ۶- نتیجه گیری

استفاده از مدلها و نرم افزارهای مرتبط سهولت قابل توجهی در فرآیند برآورد هزینه ها ایجاد می کند. مدل WMEI یکی از مدل های معتبر، قابل اطمینان و روزآمد جهت برآورد هزینه های معادن است و تحقیق انجام شده نشان می دهد که این مدل قابل به کارگیری در مطالعات پیش امکان سنجی و حتی امکان سنجی پروژه های معدنی کشورمان است. به دلیل پیچیدگی و گسترده بودن مدل، استفاده دستی از آن برای کارشناسان مشکل و زمان بر بوده و نرم افزار ارائه شده در این تحقیق می تواند این مشکلات را مرتفع سازد. در این نرم افزار، هزینه سرمایه ای ماشین آلات بر حسب نوع ماشین تقسیم بندی شده است و دسته بندی موضوعی به صورت بخشها و یا زیربخشهای مختلف معدن مورد استفاده قرار نگرفته است. در واقع، هدف، سهولت کار کاربر بوده و این امکان فراهم می شود تا کاربر بتواند با توجه به گزینه های فنی پروژه و نوع ماشین انتخابی، از نرم افزار استفاده کرده و کمتر با چالشهای احتمالی روبرو شود. قابلیت های نظیر انجام برآورد به ریال و دلار، تنوع تجهیزات انتخابی، قابلیت اعمال نظر کاربر و غیره در نرم افزار پیش بینی شده است.

آزمون انجام شده بر روی نرم افزار نشان می دهد که این نرم افزار کارایی مطلوبی در برآورد هزینه های سرمایه ای پروژه های معدنی کشورمان را دارا می باشد. تکمیل این نرم افزار برای برآورد هزینه عملیاتی ماشین آلات معادن روباز و توسعه آن برای استفاده در معادن زیرزمینی و همچنین کارخانه های فرآوری در مطالعات بعدی قابل پیگیری می باشد.

در انتخاب و برآورد هزینه تجهیزات، نیازی نیست که کاربر ترتیب خاصی را رعایت کند. به این ترتیب که گروهی از تجهیزات که کار برآورد هزینه آنها خاتمه یافته، تغییر رنگ می دهد و بدین شکل مشخص می شود که عملیات مربوط به چه گروهی از تجهیزات کامل شده است و چه گروه یا گروههایی هنوز انتخاب نشده اند. کاربر بر حسب ضرورت و در صورت تمایل، می تواند میزان هزینه برآورد شده توسط نرم افزار را متناسب با شرایط پروژه تغییر داده و میزان هزینه مورد نظر خود را در سبانه ارقام مربوطه وارد کرده و این قیمت جایگزین قیمت پیشنهادی نرم افزار می گردد.

### خروجی نرم افزار

پس از انتخاب ماشین آلات توسط کاربر و طی مراحل مختلف، هزینه سرمایه ای هر ماشین برآورد شده و متناسب با تعداد ماشین انتخابی، کل هزینه سرمایه ای محاسبه شده و در صفحه برآورد مشاهده می شود (شکل ۱۰). در این صفحه، تجهیزاتی که طی مراحل برآورد نرم افزار انتخاب شده در جدولی به صورت منظم حاوی تعداد، هزینه واحد و هزینه کل ارائه می شود. توضیحات تفصیلی در مورد هر نوع ماشین انتخابی، اندیسه های مورد استفاده در برآورد و سایر توضیحات، در پنجره های جدید در دسترس می باشند.

### آزمون نرم افزار

به منظور آزمون نرم افزار، از داده های پروژه معدن مس سونگون استفاده شد (شرکت مهندسی مشاور اولنگک، ۱۳۸۳ و شرکت مهندسی مشاور ایتوکک، ۱۳۷۵). در این راستا، نتایج حاصل از نرم افزار با هزینه های سرمایه ای این معدن که قبلاً در قالب گزارش پیش امکان سنجی پروژه برآورد شده بود، مقایسه شد (جدول ۵). از آنجا که برآورد قبلی پروژه در سال ۱۳۷۵ انجام شده، برآورد توسط نرم افزار نیز بر مبنای شاخص قیمت سال ۱۳۷۵ (و

جدول ۱ - هزینه سرمایه ای ماشین آلات چالزنی - دلار استرالیا ۱۹۹۲ (Noaks, 1993)

چالزن پنوماتیکی - هیدرولیکی	چالزن پنوماتیکی	
۲۰۰ تا ۱۴۰	۱۴۰ تا ۶۵	قطر چال (mm)
۳۵	۱۰	عمق بیشینه (m)
۳۲۵	۱۲۵	توان (Kw)
۲۵۰۰۰	-----	ظرفیت کششی (Kg)
۷/۶	۳/۶	طول میله (m)
۱۶۰۰	۱۶۰۰	کاربری (h/yr)
۸	۶	عمر میانگین (yr)
۰/۶	۰/۲	هزینه سرمایه ای (MS)

جدول ۲ - ضرایب تجربی برای برآورد هزینه چالزنی در مدل مولار (دلار با اندیس مارشال سوئیت ۸۰۰) (Mullar, 1998)

نوع چالزنی	نوع پارامتر X	دامنه X	پارامتر a	پارامتر b
ضربه ای چرخ زنجیری	وزن عملیاتی (پوند)	۲۳۰۰۰۰ تا ۸۲۶۰	۲۳۳۲/۸	۰/۴۰۵
دورانی سوار بر کامیون	نیروی فشاری مته (پوند)	۱۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰	۴۵/۷۶	۰/۸۶۱

جدول ۳ - مقایسه هزینه های تخمینی در معدن گل گهر (به قیمت های جاری ۱۳۷۶)

هزینه سرمایه ای یک دستگاه (میلیون ریال)		ماشین آلات
تخمین به کمک مدل WMEI	تخمین قبلی در گزارش پیش امکان سنجی	
۳۵۸۱/۰۳	۳۲۰۵/۵۲	لودر چرخ لاستیکی
۱۳۶/۰۷	۱۵۳/۵۷	کمپرسور
۲۸۲۸/۲۹	۴۲۱۰/۹۷	دامپ تراک

جدول ۴- اسامی گروه ماشین آلات قابل ارزیابی در نرم افزار

Bucket Wheel Excavator	حفار بیل چرخشی	Loaders	لودرها
Compressors, Portable	کمپرسورهای قابل حمل	Scrapers	اسکرپرها
Continuous Miners	ماشین معدنکاری پیوسته	Shovels	شاولها
Draglines	دراگلاین	Tractors	تراکتورها(بلدوزر)
Dredges	درج	Trailers	تریلرها
Drills	چالزن	Trucks	کامیونها
Haulage Dispatch System	سیستم باربری و توزیع	Other Machines	سایر ماشین آلات
Hydraulic mining systems	سیستم های معدنکاری هیدرولیکی		

جدول ۵- مقایسه برخی از نتایج حاصل از نرم افزار با برآوردهای صورت گرفته در مطالعات امکان سنجی (به قیمت جاری ۱۳۷۵)

هزینه سرمایه ای یک دستگاه (میلیون ریال)		ماشین آلات
تخمین توسط نرم افزار	تخمین قبلی	
۱۰۰۵۰	۱۴۴۵۴	شاول
۵۲/۲۶	۵۷/۵۳	کمپرسور
۶۱۸	۶۳۰	لودر
۳۴۵	۳۶۹	دستگاه چالزنی پنوماتیکی

برآورد هزینه های سرمایه ای معادن سطحی ایران توسط مدل USBM		
نام معدن	مس سونگون	
ماده معدنی	مس	
سال تخمین	1995	Apply Index
نوع و مقدار اندیسی که باید در مدل وارد شود.	M&S	1057.8
اگر مایل به تغییر شاخص هستید آنرا در این ردیف بنویسید.		1057.8
واحد اعمال شده جهت تخمین	متریک	

شکل ۱- صفحه ورود شاخص هزینه در صفحه گسترده مدل USBM

پارامتر ورودی	ورود اطلاعات	محدوده پارامتر ورودی	اجزاء هزینه	هزینه جزء (\$)	هزینه (\$)	هزینه نهایی بروز شده
1			هزینه	0	591,085	765,768
216	133,300	10000-400000 ton	هزینه دستمزد			
217			هزینه مواد مصرفی			
218			هزینه تجهیزات			
219			هزینه	591,085		
220			فاکتورهای تصحیح			
221			عملیات عمومی معدن (سیستم سوخت رسانی)			
222			هزینه دستمزد			
223	133,300	10000-400000 ton	هزینه مواد مصرفی		370,533	480,037
224						

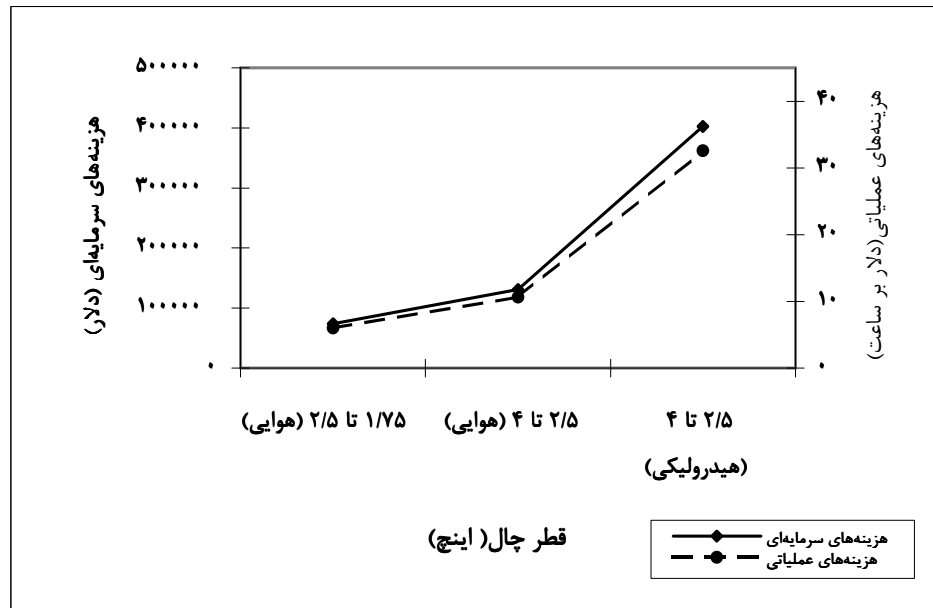
شکل ۲ - بخشی از صفحه گسترده مدل USBM

برآورد هزینه های سرمایه ای معادن سطحی ایران توسط مدل O'Hara				
مس سونگون		نام معدن		
مس		ماده معدنی		
1057.8	Apply Year	1995	سال تخمین کاربر	
870		1988	سال تخمین مدل	

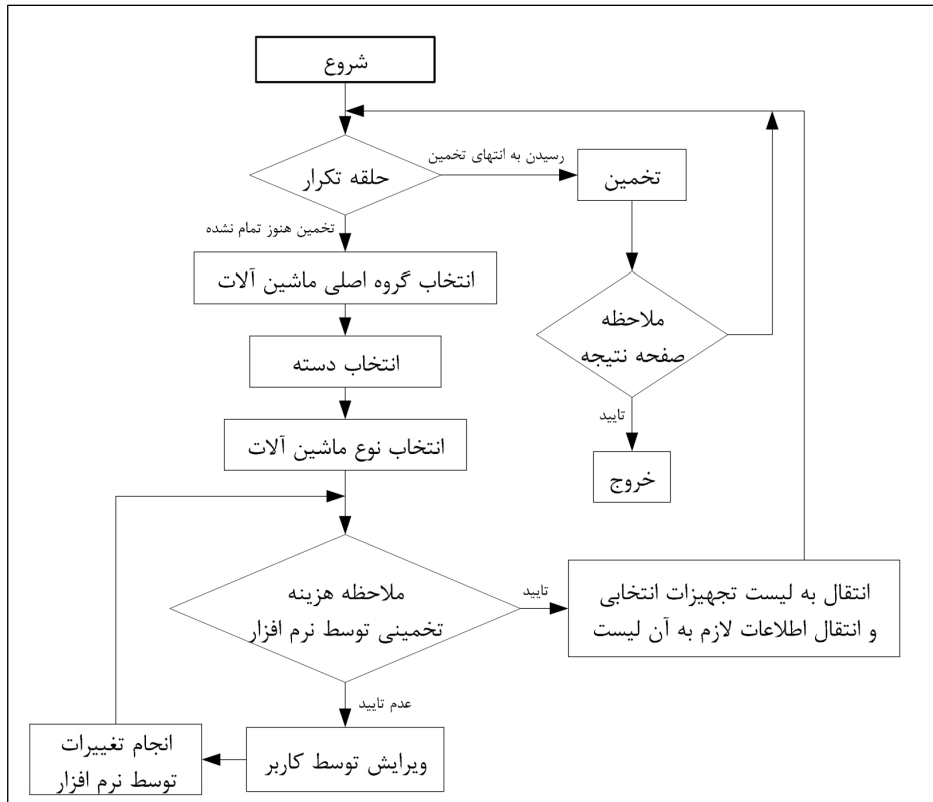
شکل ۳ - صفحه ورود شاخص هزینه در صفحه گسترده مدل O'HARA

پارامترهای ورودی	نجام تطبیق	
تناژ روزانه کانستگ خوراک کارخانه	1988	1995
تناژ روزانه کانستگ استخراجی	کانستگ و باطله استخراجی	
42,400	42,400	130,000
42,400	42,400	133,300
هزینه برآورد شده	\$	\$
هزینه باطله برداری پیش از تولید		
تناژ خاکه روبراره	تناژ سنگ باطله برداشتی برای آشکار شدن کانستگ جهت 4-6 ماه تولید ماده معدنی	
364,440,000	12,417,900	
هزینه برداشت خاکه روبراره (\$)	هزینه برداشت باطله (\$)	هزینه کل
17,600	8,136,317	28,736,317

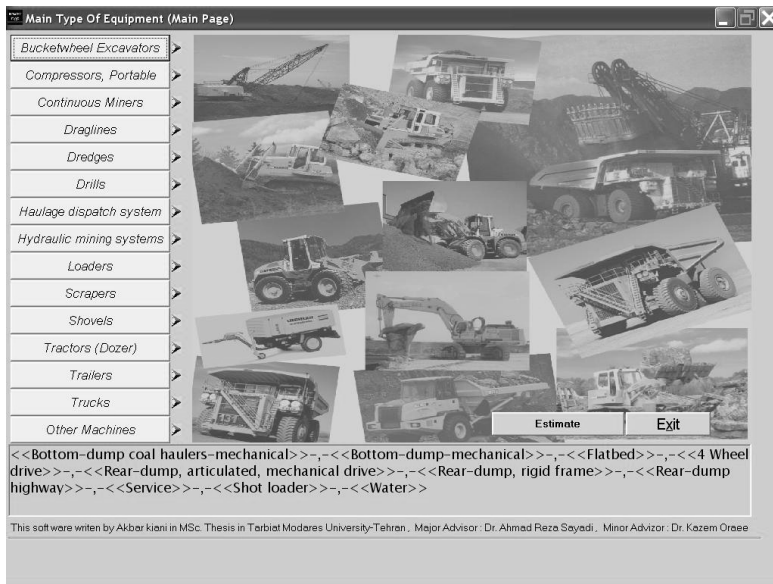
شکل ۴ - بخشی از صفحه گسترده مدل O'HARA



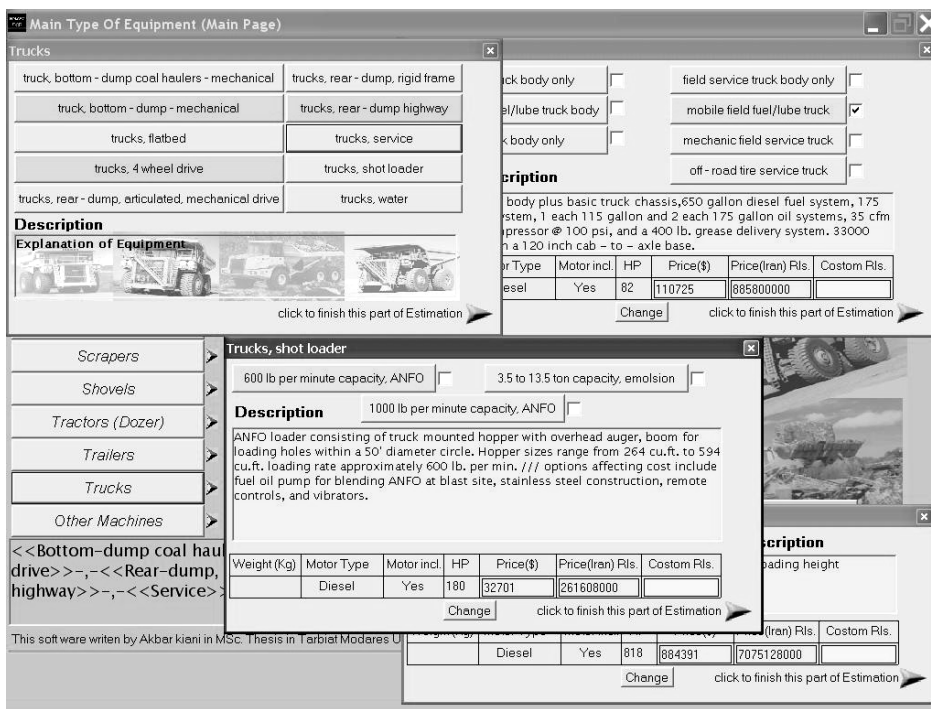
شکل ۵- روند تغییرات هزینه چالزن ضربه‌ای در مدل (WMEI, 1995)



شکل ۶- معماری کلی ساختار نرم افزار



شکل ۷- صفحه اصلی نرم افزار برآورد هزینه تجهیزات معادن روباز



شکل ۸- یکی از صفحات برآورد هزینه

Parameters

You must input some parameters that required below :

User	Base
Cost Index: 119.7	Cost Index: 119.7
Cost index Year: 2002	Cost index Year: 2002
Iran Cost Index: 115	Iran Cost Index: 115
Iran Year: 1383	Iran Year: 1383
1 dollar = 8000 rials	

OK

شکل ۹- صفحه ورود شاخصهای قیمت

Summary

Date : 2004/11/23

**SUMMARY OF EQUIPMENT ESTIMATION** Indexes Date: 2001  
1380

No.	Equipment Type	No.	Price (\$)	Total (\$)	Iran (Rials)	Total (Rials)	Detail
1	drills, percussion crawler	1	130901	130901	458153500	458153500	
2	drills, percussion crawler	1	402035	402035	1407122500	1407122500	
3	drills, rotary crawler	1	382947	382947	1340314500	1340314500	
4	graders (with ripper/scarifier)	1	504252	504252	1764882000	1764882000	
5	loaders, crawler	1	163910	163910	573685000	573685000	
6	shovels, cable	1	5209620	5209620	18233670000	18233670000	
7	tractors, wheel	1	632876	632876	2215066000	2215066000	
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
Sub Total:			7426541	\$	25992893500	Rials	

Indexes Calculate Close

شکل ۱۰ - صفحه مربوط به نتایج حاصل از برآورد



## کتابنگاری

- صیادی، ا.ر.، صادق بیگی، م.، ۱۳۸۲- تحلیل روشهای برآورد هزینه حفاری در مطالعات امکان سنجی پروژه های معدنی، نخستین همایش علمی، تخصصی حفاری در معادن.
- کیانی، ا.، ۱۳۸۳- کارایی و امکان پذیری تطبیق مدل های اقتصاد سنجی برآورد هزینه سرمایه گذاری در طرح های معادن فلزی روباز ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن، دانشگاه تربیت مدرس.
- شرکت مهندسی مشاور اولنگک، ۱۳۸۳- گزارش بررسی های اقتصادی و مالی طرح مس سونگون.
- شرکت مجتمع معادن مس ایران، ۱۳۷۵- مطالعه امکان پذیری نهایی کانسار مس سونگون، جلد دوم، گزارش طراحی معدن، شرکت ایتوک، تهران.

## References

- Camm, T. W., 2002- Simplified cost model for prefeasibility mineral evaluation, Western field operations centre, U.S. Bureau of mines, Spokane.
- Mullar, A., 1998- Major mineral processing equipment costs and preliminary capital cost estimations, Mineral processing handbook.
- Mular, A.L, 1982- Mining and mineral processing equipment costs and preliminary capital cost estimation
- Noaks, M.L., 1993- Cost estimation handbook for the Australian mining industry, Australian institute of mining and metallurgy (AusIMM).
- O'Hara, A., 1992- Costs and cost estimation, SME mining Eng. Handbook, SME.
- O'Hara, A., 1980- Quick guide to the evaluation of ore bodies, CIM Bulletin.
- Redpath, J. S., 1986- Evaluation des investissements et des coûts opérationnels d'exploitation souterraine de petits gisements miniers; CANMET.
- USBM, US Bureau of mines cost estimating system handbook, 1987.
- Western mine engineering Inc., Mine and mill equipment costs an estimator guide, Aventura, USA, 1995.  
<http://www.weaternmine.com>
- Western mine engineering Inc., Mine and mill equipment costs an estimator guide, Aventura, USA, 2005.

\* گروه مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

\*Dept. of Mining Eng., Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran,