Archive of SID

ارائه نرم‌افزاری به منظور برآورد هزینه‌های سرمایه‌ای ماشین‌آلات معادن روباز

نوشته: دکتر احمدرضا 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، برآوردهزینه‌های سرمایه‌ای بویژه هزینه ماشین‌آلات معدنی مورد نیاز پروژه است. به دلیل گستردگی و تعدد گزینه‌های فنی در خلال انجام مطالعات پروژه، برآوردهزینه 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 برآوردهزینه‌های 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 ست. آزمون انجام شده به کمک برخی از پروژه‌های معادن فلزی کشور نشان می‌دهد که نتایج برآوردهزینه با استفاده این نرم‌افزار از اعتبار کافی برخوردار بوده و انطباق قابل قبولی با شرایط ایران دارد.

کلید واژه‌ها: برآوردهزینه، هزینه سرمایه‌ای، امکان سنجی، 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

برآورد هزینه یکی از بخشهای مهم مطالعات امکان سنجی 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 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

www.SID.ir

Archive of SID

هزینه‌های پروژه است. این فرایند تکراری مطالعه تا زمانی‌که گزینه‌های فنی و اقتصادی به سطح قابل قبولی از صحت و دقت برسند، ادامه می‌یابد.
مطالعات برآوردهزینه نسبتاً زمان‌بر بوده و هنگامی‌که ضرورت تکرار آنها وجود داشته باشد، مشکلات فراوانی برای مهندسان ارزیاب پروژه ایجاد می‌کند. بدین ترتیب، استفاده از مدلهای برآوردهزینه، سهولت قابل توجهی در عملیات طراحی بویژه در مرحله مطالعات پیش‌امکان‌سنجی فراهم می‌کند. به‌منظور استفاده از مدلها و انطباق هزینه‌ها 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 به‌صورت دستی به نسبت پیچیده و وقت‌گیر بوده و امکان اشتباه نیز وجود دارد، می‌توان به کمک نرم‌افزارهای برآورد هزینه این مشکلات را رفع کرد. نرم‌افزارهای معدنی برآورد هزینه سازگار با شرایط ایران کمتر در دسترس است.
روشهای متعددی برای برآوردهزینه‌های پروژه‌های معدنی وجود دارد که از این جمله می‌توان به روشهای برآورد مقایسه‌ای، اقتصاد سنجی، مستقیم و روشهای ترکیبی اشاره کرد.
- برآوردمقایسه‌ای با استفاده از داده‌های معادن واقع در یک منطقه انجام می‌پذیرد. معمولاً داده‌ها بدون تحلیل پارامترهای فرایند به کار می‌رود. روش هزینه واحدی از این نوع برآوردبوده و دقت آن در حد برآوردهای سرانگشتی است.
- روش برآورد هزینه اقتصادسنجی، مبتنی بر توابع رگرسیون بوده و تابع هزینه براساس تحلیل آماری داده‌های واقعی پروژه‌های دیگر به‌دست می‌آید. معمولاً روش مورد استفاده، روش رگرسیون هزینه – ظرفیت است.

$$\text{هزینه} = a\ (\text{ظرفیت})^{b} \qquad (1)$$

پارامترهای a و b از طریق منحنی رگرسیون هزینه – ظرفیت پروژه‌های قبلی تعیین می‌شوند. معمولاً برای برآوردهای اولیه از این مدلها استفاده می‌شود. از جمله مدلهای مهم موجود می‌توان به مدلهای 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 برآوردهزینه‌ها که بر مبنای تجزیه اقلام هزینه و برآوردجزء به جزء عمل می‌کند و شامل ارزیابی کامل تمام هزینه‌های سرمایه‌ای، مواد مصرفی، انرژی و غیره برای هر سال عملیاتی است. دقت این روش ۱۰ ± درصد می‌باشد. این شیوه معمولاً برای ارزیابی نهایی پروژه با هدف سرمایه گذاری و تأمین مالی پروژه به‌کار می‌رود.
- روشهای ترکیبی در واقع ترکیبی از روشهای دیگر هستند به‌گونه‌ای‌که در بعضی موارد می‌توان تلفیقی از روشهای پیش‌گفته را برای برآورد هزینه‌های یک پروژه به کار برد.
ماشین‌آلات معدنی سهم مهمی را در هزینه‌های سرمایه‌ای معادن روباز به خود اختصاص می‌دهند و در برخی موارد به بیش از ۲۵ درصد می‌رسد. در این تحقیق، هدف طراحی و تهیه نرم‌افزاری به منظور برآورد هزینه‌های سرمایه‌ای ماشین‌آلات معادن روباز است. تهیه این نرم افزار اولین گام در ایجاد یک نرم‌افزار جامع برآورد هزینه (شامل کلیه بخشهای پروژه معدنی و قابل انطباق با شرایط ایران) می‌باشد.

۲- روش تحقیق

نرم‌افزارهای برآورد هزینه عمدتا در مراحل مطالعات پیش‌امکان‌سنجی به‌کار رفته و معمولاً مبتنی بر مدلهای اقتصاد سنجی است. به منظور شناخت رفتار و دامنه عملکرد، این مدلها به صورت کیفی و کمی از جنبه‌های مختلف نظیر دامنه اطلاعات مورد نیاز، سازوکار و گستره نتایج قابل حصول، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته‌اند. در ادامه به منظور شناخت بیشتر، دامنه اختلاف نسبی نتایج برآورد آنها با برآوردهای صورت گرفته در برخی از پروژه‌های انجام شده در کشور، بررسی شده است. بررسی انجام شده امکان انتخاب مناسب‌ترین مدل را فراهم کرده است. به منظور سهولت محاسبات و بررسیها، سه نرم‌افزار برآورد هزینه برمبنای این مدلها طراحی و تهیه شد. نرم‌افزارهای مبتنی بر مدلهای USBM و O'HARA با برنامه‌نویسی در صفحات گسترده مایکروسافت اکسل و نرم‌افزار مبتنی بر مدل WMEI به زبان ویژوال بیسیک تهیه شد که معرفی آن هدف اصلی این مقاله است .

۳- مدلهای برآوردهزینه

- مدل دفتر معادن آمریکا

این مدل برای برآورد هزینه‌های معدن و کارخانه فراوری کانسارهای فلزی به‌کار می‌رود (USBM, 1987; Camm,2002). استفاده از این مدل مستلزم شناخت کامل فرایندهای برآورد و روشهای معدنکاری است زیرا در بیشترموارد باید عوامل متعدد منطبق بر مدل را تعیین کرد. شایان ذکر است که کیفیت برآورد تمام اجزا مشابه مشابه نیست به‌گونه‌ای که برخی از برآوردها مانند هزینه باطله برداری بسیار تفصیلی و برخی دیگر مانند هزینه ماشین‌آلات، بسیار کلی است. دقت این مدل در حدود ۲۵ درصد است. در

www.SID.ir

Archive of SID

این مدل هزینه‌ها به کمک مجموعه‌ای 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 می‌باشد. نمونه‌ای از این صفحه‌ها در شکلهای ۱ و ۲ آورده شده است.

– مدل اُهارا

مدل اُهارا قواعد مشابهی با مدل دفتر معادن آمریکا دارد. اختلاف عمده این است که در این مدل گاه تجزیه بهتری از هزینه‌ها ارائه شده است. یکی از مزایای این مدل، ارائه فرمولهایی برای انتخاب اندازه و قدرت ماشین‌آلات 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 امکان‌پذیر 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 معادن سطحی بر اساس تعداد دستگاه (Nd) و قطر چال (d) برآورد می‌شود. تعداد دستگاه چال‌زنی به تناژ سنگ استخراجی بستگی داشته و این تناژ، خود بر حسب مجذور قطر چال محاسبه می‌شود.

هزینه تجهیزات چالزنی = (US $1992) = 2000 * Nd * $d^{1.8}$ (۲)

نمونه‌ای از صفحه‌های نرم‌افزار صفحه گسترده مدل اُهارا در شکلهای ۳ و ۴ نشان داده شده است.

– مدل مؤسسه معدن و متالورژی استرالیا

این مدل راهنماییهای فنی مناسبی برای محاسبه هزینه‌ها ارائه کرده و استفاده از آن مستلزم شناخت و تجربه کافی است. این مدل در مرحله مطالعات امکان‌سنجی نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این مدل، یک بخش برآورد درآمد نیز پیش‌بینی شده است. به منظور برآورد هزینه ماشین‌آلات در معادن سطحی، ابتدا نوع و تعداد دستگاه مورد نیاز تعیین شده و در نهایت هزینه سرمایه‌ای قابل برآورداست. برای مثال هزینه‌های سرمایه‌ای دو نوع چال‌زن پنوماتیکی، پنوماتیکی – هیدرولیکی براساس ویژگیهای قطرچال، عمق بیشینه حفاری، توان، ظرفیت کششی، طول میله چال‌زنی و کاربری در جدول ۱ ارائه شده است(Noaks, 1993).

– مدل مولار

مدل مولار مبتنی بر تحقیقات BALFOUR و O'HARA بوده و مشتمل بر فرایندی نسبتاً تفصیلی برای برآورد هزینه‌ها است. بخش برآورد هزینه فرآوری جزئیات بیشتری نسبت به بخش معدن دارد. در یک بخش مجزا امکان برآوردرآمد 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 حسب نوع دستگاه تغییر می‌کند. برای مثال، هزینه‌های سرمایه‌ای دستگاههای چال‌زنی از نوع ضربه‌ای چرخ زنجیری و دورانی سوار بر کامیون در جدول ۲ ارائه شده است.

– مدل برآوردهزینه انجمن مهندسان هزینه آمریکا

این مدل از جدیدترین مدلها بوده و به عنوان راهنمای برآورد هزینه ماشین‌آلات معدن و کارخانه فرآوری به طور روزآمد منتشر می‌شود. اغلب هزینه‌های موجود در مدل با استفاده از محاسبات استاندارد معین شده‌اند (WMEI, 1995,2005; WWW.Weatern mine.com).

از مزایای مهم این مدل امکان برآورد هزینه سرمایه‌ای و عملیاتی (ساعتی) برای مجموعه بسیار متنوعی از ماشین‌آلات معدنکاری (روباز و زیرزمینی) و فراوری می‌باشد. لازم به ذکر است که هزینه دستمزد پرسنل عملیاتی در محاسبات لحاظ نشده است (WMEI, 1995). در اینجا، برای مثال هزینه سرمایه‌ای و عملیاتی ماشین‌آلات چالزنی برای چالزن ضربه‌ای ارائه شده است (شکل۵). هزینه سرمایه‌ای، تابع نوع دستگاه چالزنی، قطر چال، طول راد، بار روی مته، ظرفیت کمپرسور و فشار آن، نوع (الکتریک و دیزل) و توان موتور است.

– مقایسه مدلهای برآورد هزینه

مدلهای برآورد هزینه ذکر شده را می‌توان ازجنبه 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 متنوع‌تری نسبت به دیگر مدلها دارد. از سوی دیگر این مدل تنها هزینه‌های مربوط به یک دستگاه را ارائه می‌کند، در صورتی‌که اغلب مدلها ظرفیت تولید (تناژ) را لحاظ نموده و مستقیماً هزینه‌های کل پروژه را ارائه می‌دهند. شایان ذکر است که در این مدل، هزینه دستمزد فقط منحصر به دستمزد تعمیر و نگهداری بوده و دستمزد پرسنل تولیدی را در برنمی‌گیرد. مدل WMEI جدیدترین مدل بوده و به‌طور روزآمد منتشر می‌شود در صورتی‌که سایر مدلها قدمت بیشتری داشته و برای به روز کردن آنها می‌بایست از شاخصهای هزینه استفاده کرد که با توجه به قدمت زیاد اغلب مدلهای موجود، باعث افزایش خطای برآورد می‌شود.

مدل اُهارا، نوع دستگاه را در برآورد هزینه در نظر نمی‌گیرد ولی برخی مؤلفه‌های موثر در هزینه ماشین‌آلات، نظیر قابلیت چالخوری سنگ در برآورد هزینه ماشین‌آلات چال‌زنی را در نظر می‌گیرد. در مدل مولار برای مثال کمتر به‌پارامتر قطر چال توجه شده و دیگر مشخصات دستگاه بررسی می‌شود. این مدل نیز همانند مدل WMEI هزینه را برای هر ماشین به‌طور جداگانه ارائه می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

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

با هدف مقایسه کمی مدلهای برآورد هزینه پیش‌گفته، از داده‌های پروژه‌های مس سونگون و آنومالی سه سنگ آهن گل گهر استفاده کرده و هزینه ماشین‌آلات محاسبه شد (کیانی، ۱۳۸۳). با توجه به گستره زیاد پارامترهای ورودی، تنوع دسته‌بندی اقلام هزینه، محدوده عمل و سازوکار برآوردها، نمی‌توان نتایج حاصل از مدلها را با هم مقایسه کرد. با این وجود ارزیابی دامنه اختلاف نتایج برآورد هزینه به روش مستقیم در پروژه‌های مس سونگون (شرکت مهندسین مشاور اولنگ، ۱۳۸۳و شرکت مهندسین مشاور ایتوک، ۱۳۷۵) و آهن گل گهر جدول ۳ نشان می‌دهد که نتایج برآوردحاصل از مدل WMEI و برآوردهای گزارش شده در مطالعات امکان سنجی بسیار نزدیک است. با توجه به تاریخ تهیه گزارش امکان‌سنجی (۱۳۷۶)، برآورد انجام شده توسط نرم‌افزار نیز بر مبنای شاخصهای قیمت در همین تاریخ صورت گرفته است. لازم به ذکر است که دامنه اختلاف برآوردها در خصوص کلیه ماشین‌آلات مشابه نبوده و تفاوت بیشتری در میزان هزینه تخمینی برخی از آنها در مقایسه با اقلام مندرج در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

۴ – طراحی و تهیه نرم‌افزار مبتنی بر مدل WMEI

شکل ۶ معماری ساختار کلی نرم‌افزار را نشان می‌دهد. این نرم‌افزار به زبان ویژوال بیسیک ۶ نوشته شده است. در راستای طراحی و پیاده‌سازی نرم‌افزار، گزینه‌های متعددی برای ساخت منوها و صفحات لازم به نظر می‌رسید. از میان این گزینه‌ها، ابتدا تقسیم‌بندی ماشین‌آلات بر مبنای روند طراحی معدن و سپس مراحل کار و عملیات معدن مورد توجه قرار گرفت. ولی با توجه به نیاز تکرار ماشین‌آلات در صفحات مختلف، این مسئله می‌توانست سبب سردرگمی کاربر گردد. بنابراین ماشین‌آلات در گروههای کلی براساس حروف الفبا منظور شد (جدول ۴). البته ماشین‌آلاتی که به صورت جنبی در معدن استفاده می‌شود یا اینکه نمی‌توان آنها را در یک دسته جای داد در انتهای فهرست، باعنوان سایر ماشین‌آلات آمده است (شکل ۷).

معرفی نرم‌افزار

این نرم‌افزار از اولین نرم‌افزارهایی است که به این شیوه در بخش معدن ایران طراحی و ارائه می‌شود. این نرم‌افزار ضمن ارائه راهنمایی برای انتخاب ماشین‌آلات، امکان برآورد هزینه سرمایه‌ای آنها را نیز به‌راحتی فراهم می‌کند. در این برنامه، ماشین‌آلات معادن روباز در ۱۵ گروه و هر گروه به چند دسته تقسیم شده‌اند (جدول۴).

برای هر کدام از ماشین‌آلات، صرف نظر از تقسیمات نرم‌افزاری، هزینه سرمایه‌ای برای دامنه نسبتاً گسترده‌ای 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 ماشین‌آلات را میسر نموده که کمک شایانی به انتخاب ماشین‌آلات می‌کند.

نرم‌افزار به کاربر این امکان را می‌دهد که در شرایط مختلف، برآورد هزینه ماشین‌آلات را به سهولت انجام دهد. مراحل پیچیده برآورد هزینه سرمایه‌ای ماشین‌آلات در صفحاتی ساده و گویا نشان داده شده است. در ضمن توضیحات تکمیلی مربوط به قیمت و دیگر مشخصات ماشین‌آلات انتخابی قابل دریافت است. برای نمونه، یکی از صفحات برآورددر شکل ۸ نشان داده شده است.

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

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 می‌شود (شکل ۹). در این صفحه شاخصهای هزینه پایه و سال مرتبط که برنامه براساس آنها نوشته شده، ملاحظه می‌شود. شاخص هزینه سال منتخب برای برآورد هزینه‌ها توسط کاربر وارد می‌گردد. پس از تأیید صفحه شاخصها توسط کاربر، صفحه اول نرم‌افزار به نمایش در می‌آید (شکل ۷). در این صفحه با انتخاب هر گروه از ماشین‌آلات، جزئیات دسته‌بندی آن ملاحظه می‌شود.

روش کار نرم‌افزار

در این نرم‌افزار، هزینه تجهیزات بر مبنای قیمتهای سال ۲۰۰۲ تنظیم و در دسترس کاربران قرار گرفته است. برآورد هزینه‌ها در سالهای دیگر، از طریق اعمال شاخص قیمت سال مورد نظر امکان‌پذیر است (شکل ۹). به منظور افزایش دقت برآوردها، روزآمدسازی داده‌های پایه نرم‌افزار در نسخه‌های بعدی در فواصل زمانی ۵ ساله صورت می‌گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

در انتخاب و برآوردهزینه تجهیزات، نیازی نیست که کاربر ترتیب خاصی را رعایت کند. به این ترتیب که گروهی از تجهیزات که کار برآوردهزینه آنها خاتمه یافته، تغییر رنگ می‌دهد و بدین شکل مشخص می‌شود که عملیات مربوط به چه گروهی از تجهیزات کامل شده است و چه گروه یا گروههایی هنوز انتخاب نشده‌اند. کاربر بر حسب ضرورت و در صورت تمایل، می‌تواند میزان هزینه برآورد شده توسط نرم‌افزار را متناسب با شرایط پروژه تغییر داده و میزان هزینه مورد نظر خود را در سیاهه اقلام مربوطه وارد کرده و این قیمت جایگزین قیمت پیشنهادی نرم‌افزار می گردد.

خروجی نرم‌افزار

پس از انتخاب ماشین‌آلات توسط کاربر و طی مراحل مختلف، هزینه سرمایه‌ای هر ماشین برآورد شده و متناسب با تعداد ماشین انتخابی، کل هزینه سرمایه‌ای محاسبه شده و در صفحه برآورد مشاهده می‌شود (شکل ۱۰). در این صفحه، تجهیزاتی که طی مراحل برآورد نرم‌افزار انتخاب شده در جدولی به صورت منظم حاوی تعداد، هزینه واحد و هزینه کل ارائه می‌شود. توضیحات تفصیلی در مورد هر نوع ماشین انتخابی، اندیسهای مورد استفاده در برآورد و سایر توضیحات، در پنجره‌های جدید در دسترس می‌باشند.

آزمون نرم‌افزار

به منظور آزمون نرم‌افزار، از داده‌های پروژه معدن مس سونگون استفاده شد (شرکت مهندسین مشاور اولنگ، ۱۳۸۳و شرکت مهندسین مشاور ایتوک، ۱۳۷۵). در این راستا، نتایج حاصل از نرم‌افزار با هزینه‌های سرمایه‌ای این معدن که قبلاً در قالب گزارش پیش امکان سنجی پروژه برآورد شده بود، مقایسه شد (جدول۵). از آنجا که برآورد قبلی پروژه در سال ۱۳۷۵ انجام شده، برآورد توسط نرم‌افزار نیز بر مبنای شاخص قیمت سال ۱۳۷۵ (و هچنین شاخص قیمت ۱۹۹۵) انجام گرفت. نتایج حاصل از این مقایسه نشان می‌دهد که برآوردهای انجام گرفته همخوانی قابل قبولی دارند.

۶- نتیجه‌گیری

استفاده از مدلها و نرم‌افزارهای مرتبط سهولت قابل توجهی در فرآیند برآورد هزینه‌ها ایجاد می‌کند. مدل WMEI یکی از مدلهای معتبر، قابل اطمینان و روزآمد جهت برآورد هزینه‌های معادن است و تحقیق انجام شده نشان می‌دهد که این مدل قابل به‌کارگیری در مطالعات پیش‌امکان‌سنجی و حتی امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی کشورمان است. به دلیل پیچیدگی و گسترده بودن مدل، استفاده دستی از آن برای کارشناسان مشکل و زمان‌بر بوده و نرم‌افزار ارائه شده در این تحقیق می‌تواند این مشکلات را مرتفع سازد. در این نرم‌افزار، هزینه سرمایه‌ای ماشین‌آلات بر حسب نوع ماشین تقسیم‌بندی شده است و دسته‌بندی 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 می‌شود تا کاربر بتواند با توجه به گزینه‌های فنی پروژه و نوع ماشین انتخابی، از نرم‌افزار استفاده کرده و کمتر با چالشهای احتمالی روبرو شود. قابلیتهایی نظیر انجام برآورد به ریال و دلار، تنوع تجهیزات انتخابی، قابلیت اعمال نظر کاربر و غیره در نرم‌افزار پیش‌بینی شده است.

آزمون انجام شده بر روی نرم‌افزار نشان می‌دهد که این نرم‌افزار کارآیی مطلوبی در برآوردهزینه‌های سرمایه‌ای پروژه‌های معدنی کشورمان را دارا می‌باشد. تکمیل این نرم‌افزار برای برآوردهزینه عملیاتی ماشین‌آلات معادن روباز و توسعه آن برای استفاده در معادن زیرزمینی و همچنین کارخانه‌های فرآوری در مطالعات بعدی قابل پیگیری می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ – هزینه سرمایه‌ای ماشین‌آلات چالزنی – دلار استرالیا ۱۹۹۲ (Noaks, 1993)

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

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

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

جدول ۳ – مقایسه هزینه‌های تخمینی در معدن گل گهر (به قیمتهای جاری ۱۳۷۶)

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- اسامی گروه ماشین‌آلات قابل ارزیابی در نرم‌افزار

لودرها	Loaders	حفار بیل‌چرخشی	Bucket Wheel Excavator
اسکریپرها	Scrapers	کمپرسورهای قابل‌حمل	Compressors, Portable
شاول‌ها	Shovels	ماشین معدنکاری پیوسته	Continuous Miners
تراکتورها(بلدوزر)	Tractors	دراگلاین	Draglines
تریلرها	Trailers	درج	Dredges
کامیون‌ها	Trucks	چالزن	Drills
سایر ماشین‌آلات	Other Machines	سیستم باربری و توزیع	Haulage Dispatch System
		سیستم‌های‌معدنکاری‌هیدرولیکی	Hydraulic mining systems

جدول۵ - مقایسه برخی از نتایج حاصل از نرم‌افزار با برآوردهای صورت گرفته در مطالعات امکان‌سنجی (به قیمت جاری ۱۳۷۵)

ماشین‌آلات	هزینه سرمایه‌ای یک دستگاه (میلیون ریال)	
	تخمین قبلی	تخمین توسط نرم‌افزار
شاول	۱۴۴۵۴	۱۰۰۵۰
کمپرسور	۵۷/۵۳	۵۲/۲۶
لودر	۶۳۰	۶۱۸
دستگاه چالزنی پنوماتیکی	۳۶۹	۳۴۵

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

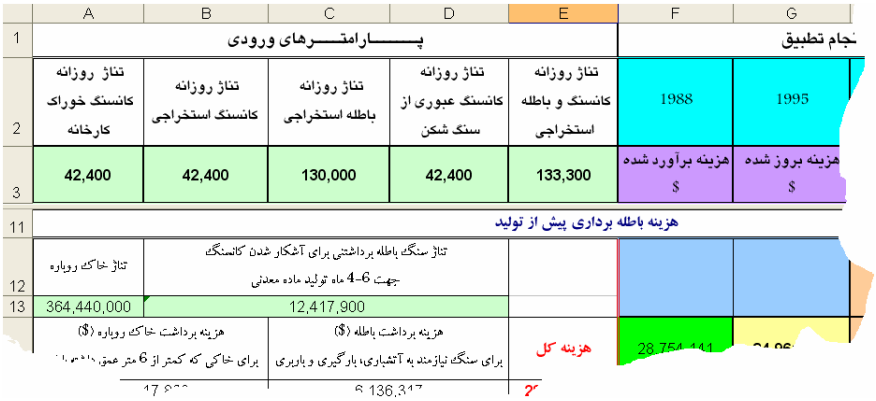
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲ – بخشی از صفحه گسترده مدل USBM

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

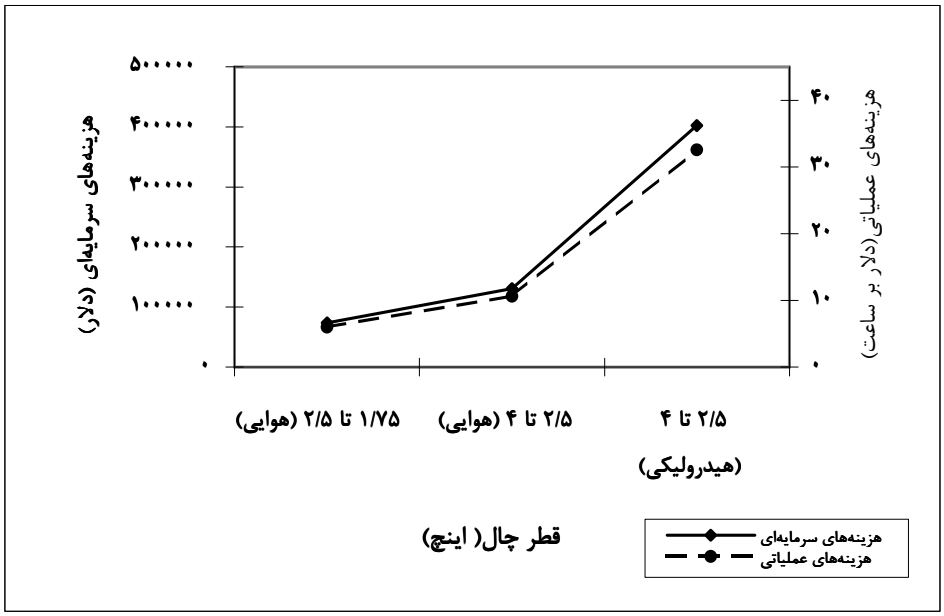
شکل ۳ – صفحه ورود شاخص هزینه در صفحه گسترده مدلO'HARA



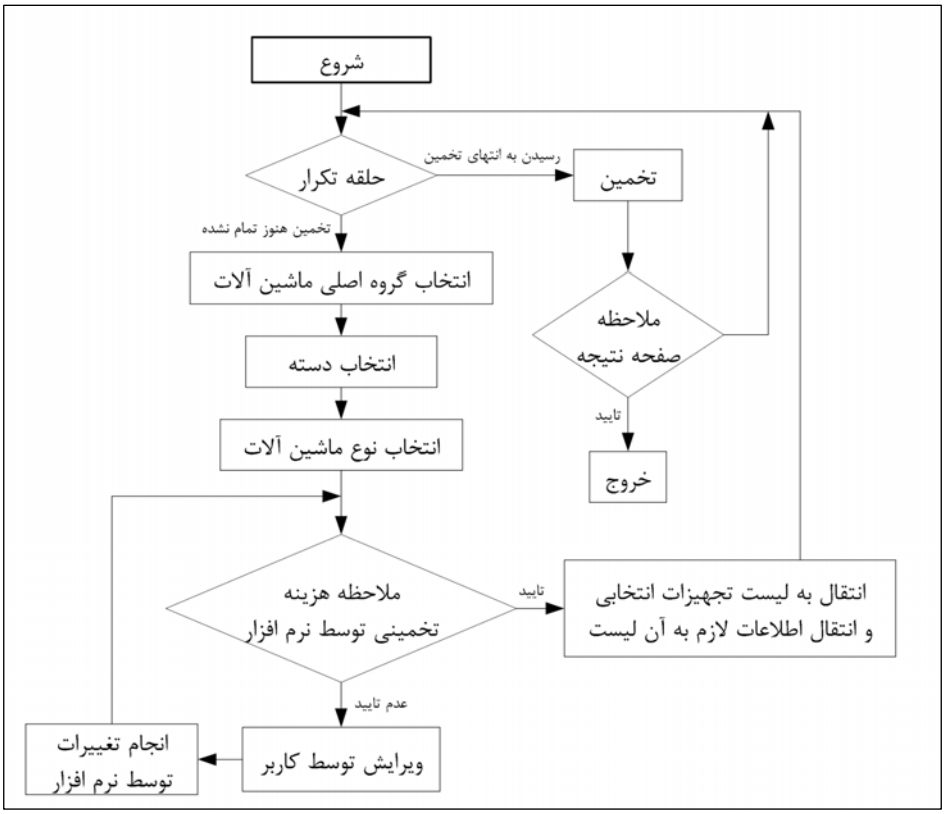
شکل ۴ – بخشی از صفحه گسترده مدل O'HARA

www.SID.ir

Archive of SID



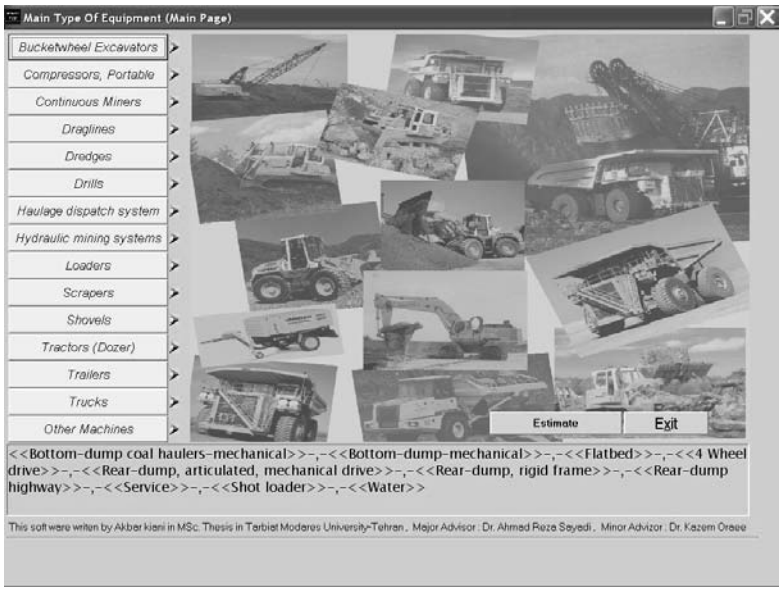
شکل ۵- روند تغییرات هزینه چالزن ضربه‌ای در مدل (WMEI, 1995)



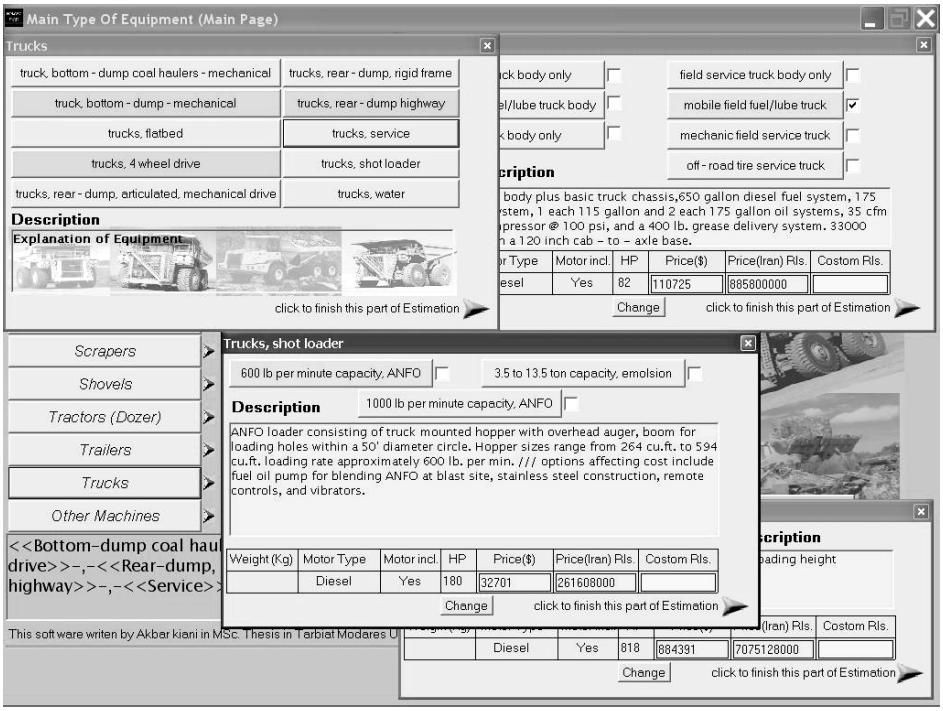
شکل ۶- معماری کلی ساختار نرم‌افزار

www.SID.ir

Archive of SID



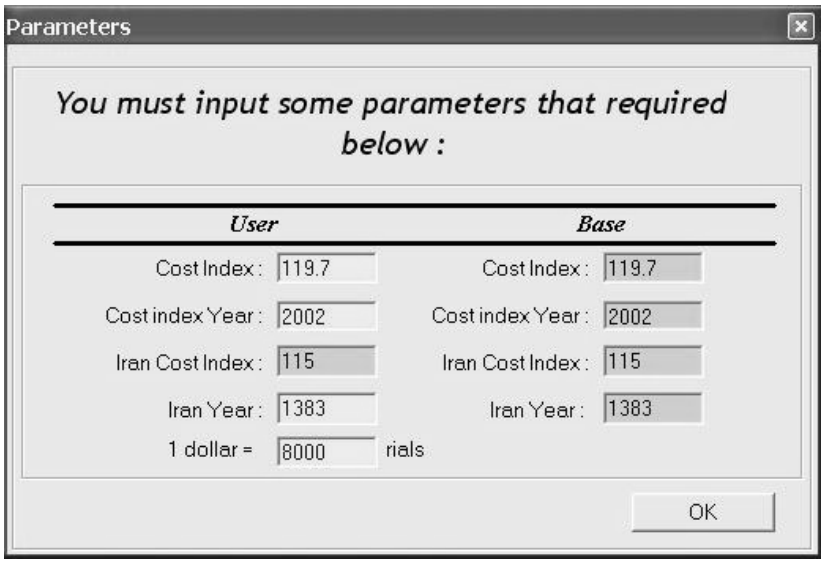
شکل ۷- صفحه اصلی نرم‌افزار برآورد هزینه تجهیزات معادن روباز



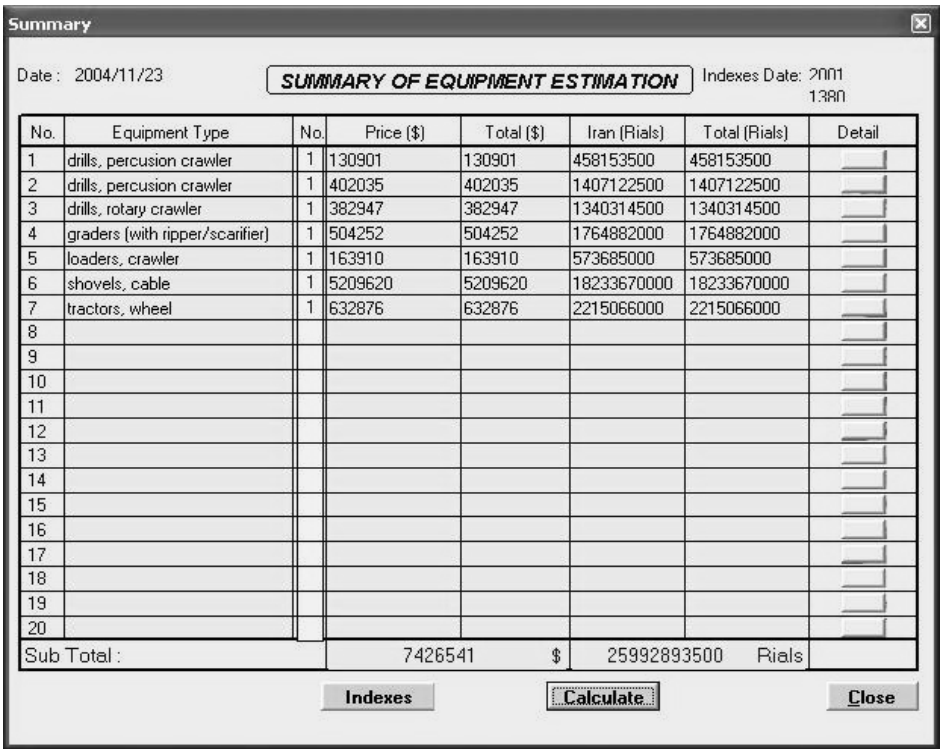
شکل ۸- یکی از صفحات برآورد هزینه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- صفحه ورود شاخصهای قیمت



No.	Equipment Type	No.	Price ($)	Total ($)	Iran (Rials)	Total (Rials)	Detail
1	drills, percusion crawler	1	130901	130901	458153500	458153500	
2	drills, percusion 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	

شکل ۱۰ – صفحه مربوط به نتایج حاصل از برآورد

www.SID.ir

Archive of SID

کتابنگاری

صیادی، ا.ر.، صادق بیگی، م.،۱۳۸۲- تحلیل روشهای برآورد هزینه حفاری در مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی، نخستین همایش علمی، تخصصی حفاری در معادن.

کیانی ، ا،۱۳۸۳- کارایی و امکان‌پذیری تطبیق مدلهای اقتصاد سنجی برآورد هزینه سرمایه‌گذاری در طرحهای معادن فلزی روباز ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن، دانشگاه تربیت مدرس.

شرکت مهندسین مشاور اولنگ، ۱۳۸۳- گزارش بررسیهای اقتصادی و مالی طرح مس سونگون.

شرکت مجتمع معادن مس ایران، ۱۳۷۵- مطالعه امکان‌پذیری 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, Aventurine, USA, 1995.

http;//www.weaternmine.com

Western mine engineering Inc., Mine and mill equipment costs an estimator guide, Aventurine, USA, 2005.

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

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

www.SID.ir