طراحی و تهیه نرم‌افزاری جهت تخمین هزینه سرمایه‌ای ماشین‌آلات معادن روباز

احمدرضا صیادی[۱]، سید کاظم اورعی[۲]، اکبر کیانی[۳]

۱، ۲- استادیار دانشگاه تربیت‌مدرس

۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی‌معدن، دانشگاه تربیت‌مدرس

E-mail: a_r_sayadi@yahoo.fr
akbarkiani@yahoo.com

چکیده

مطالعات پیش امکان‌سنجی و امکان‌سنجی از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین مراحل پروژه معدنی تلقی شده و در این مراحل است که تصمیم به سرمایه‌گذاری و یا عدم آن اتخاذ می‌گردد. یکی از ارکان این مطالعات، تخمین هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی پروژه به ویژه هزینه ماشین‌آلات معدنی مورد نیاز پروژه است. به دلیل گستره وسیع بررسی‌های فنی، گزینه‌های متعددی در طول پروژه مطرح می‌شود، بنابراین مطالعات تخمین هزینه به دفعات صورت می‌گیرد. از این رو کارشناسان امر به دنبال مدلها و یا نرم‌افزارهای مناسبی هستند که امکان برآورد هزینه‌ها را در زمان کوتاه و با دقت و صحت کافی فراهم نماید.

در این تحقیق، نرم‌افزاری جهت تخمین هزینه‌های سرمایه‌ای ماشین‌آلات معادن روباز طراحی و ارائه شده است. این نرم‌افزار بر اساس مدل برآورد هزینه انجمن مهندسین هزینه آمریکا طراحی و با استفاده از زبان ویژوال بیسیک نوشته شده و در محیط ویندوز XP, 2000, 98, NT قابل اجرا می‌باشد. آزمون انجام شده نشان می‌دهد که نتایج تخمین هزینه با استفاده این نرم‌افزار از اعتبار کافی برخوردار بوده و انطباق قابل قبولی با شرایط ایران دارد.

واژه‌های کلیدی: تخمین هزینه، هزینه سرمایه‌ای، ماشین‌آلات معدنی، نرم‌افزار

مقدمه

تخمین هزینه یکی از بخشهای مهم مطالعات امکان سنجی پروژه‌های معدنی است. هزینه‌های پروژه در دو بخش سرمایه‌ای و عملیاتی تفکیک می‌شوند. هزینه‌های سرمایه‌ای شامل هزینه مالکیت زمین، ماشین‌آلات، امور زیربنایی و ... است. مطالعات امکان سنجی پروژه معمولا فرایندی تکرار پذیر است. از آنجایی‌که در خلال

[1] دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی

این مطالعات، گزینه‌های فنی متعددی مورد بررسی قرار گرفته و مطالعات رفت و برگشتی به دفعات صورت می‌گیرد، هزینه‌های پروژه نیز به کرات ارزیابی و بازنگری می‌شود. به عنوان مثال، میزان هزینه‌های پروژه بستگی به بزرگی معدن و ظرفیت تولید دارد. ظرفیت تولید خود تابعی از میزان ذخیره معدن و برخی عوامل دیگر می‌باشد. میزان ذخیره نیز تابعی از روش استخراج، عیار حد و غیره بوده و در نتیجه وابسته به هزینه‌های پروژه می‌باشد. این فرایند تکراری مطالعه تا زمانی‌که گزینه‌های فنی و اقتصادی به سطح قابل قبولی از صحت و دقت برسند، ادامه می‌یابد.

مطالعات تخمین هزینه نسبتاً زمان‌بر بوده و هنگامی‌که ضرورت تکرار آنها وجود داشته باشد، مشکلات فراوانی برای مهندسین ارزیاب پروژه ایجاد می‌نماید. بدین ترتیب، استفاده از مدلها و نرم‌افزارهای تخمین هزینه، سهولت قابل توجهی خصوصاً در مرحله مطالعات پیش امکان‌سنجی فراهم می‌کند. نرم‌افزارهای معدنی برآورد هزینه قابل دسترس و قابل انطباق با شرایط ایران بسیار انگشت شمار هستند.

ماشین‌آلات معدنی سهم مهمی را در هزینه‌های سرمایه‌ای معادن روباز به خود اختصاص می‌دهند و در برخی موارد این میزان بیش از ۲۵ درصد می‌باشد. در این تحقیق، هدف طراحی و تولید یک نرم‌افزار جهت تخمین هزینه‌های سرمایه‌ای ماشین‌آلات معدنی معادن روباز می‌باشد. که در راستای تهیه یک نرم‌افزار تخمین هزینه جامع که مجموعه بخشهای پروژه معدنی را شامل گردد، تهیه شده است. این نرم‌افزار بر اساس مدل برآورد هزینه انجمن مهندسین هزینه آمریکا وابسته به انستیتو مهندسی معدن غرب (Western Mining Engineering) طراحی شده است.

در این نرم‌افزار، هزینه سرمایه‌ای ماشین‌آلات بر حسب نوع ماشین تقسیم‌بندی شده 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 خود و نوع ماشین انتخابی، از نرم‌افزار استفاده کرده و از چالشهای احتمالی پیشِ رو پرهیز کند.

مدل تخمین WMEI

مدل‌های متعددی تاکنون جهت تخمین هزینه‌های پروژه‌های معدنی ارائه شده است. این مدلها در تحقیقی در این ارتباط در سال ۱۳۸۲ توسط نگارندگان مورد ارزیابی قرار گرفته و نقاط قوت و ضعف هر کدام، بررسی شده است. بر این اساس، مدل WMEI به عنوان یکی از جدیدترین و کارآمدترین مدلهای تخمین هزینه شناخته شد. علاوه بر این، مدل فوق به شکلی طراحی شده که امکان انطباق آن با شرایط ایران وجود دارد[۱ و ۲].

موسسه WMEI در راستای روزآمدسازی مدل، به طور پیوسته سیاهه کاملی از هزینه تهیه ماشین‌آلات و تجهیزات معدنی را تهیه و در اختیار پیمانکاران و شرکتهای معدنی قرار داده و به موقع روزآمد می‌نماید [۳و ۴و ۵].

استفاده از مدل WMEI به صورت دستی به ویژه برای کارشناسانی که مبتدی بوده و آشنایی کافی با مدلهای تخمین هزینه ندارند، نسبتا پیچیده و وقت‌گیر بوده و امکان اشتباه وجود دارد. علاوه بر این هنگامی که ماهیت پروژه، تکرار تخمین هزینه را ضروری می‌سازد، مطالعات برآورد هزینه به مشکل عمده‌ای برای ارزیاب تبدیل می‌شود. شکل ۱ یکی از بخش های این مدل را نشان می‌دهد.

به منظور استفاده از مدل و برای انطباق هزینه‌ها با شرایط کشور لازم است که در هر مرحله شاخص‌های هزینه خارجی و داخلی و همچنین نرخ تبدیل دلار به ریال در محاسبات لحاظ گردد و بدین ترتیب مشکلات مضاعفی بوجود می‌آید. در این راستا و به منظور سهولت و افزایش سرعت محاسبات و همچنین انطباق تخمین‌ها با شرایط ایران، نرم افزار حاضر تهیه شده است.

قیمتهای واحد کالاها و هزینه‌های سرمایه‌ای که در این مدل آمده به کمک بررسی‌های سالانه تولید و توزیع‌کنندگان تجهیزات ایالات متحده، تامین کنندگان انرژی و سوخت ایالات متحده و شرکت‌های معدنکاری ایالات متحده تعیین شده است. اغلب هزینه‌های موجود در مدل با استفاده از محاسبات استاندارد معین شده‌اند[۳].

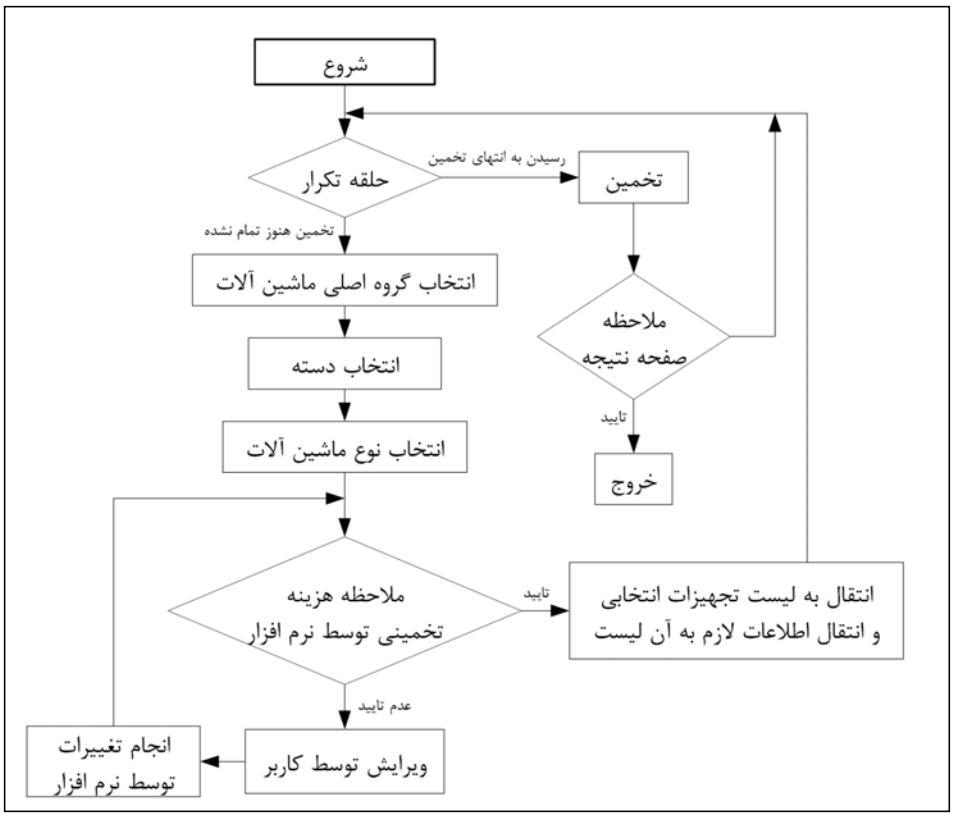
مقادیر مرتبط با هزینه تهیه و خرید ماشین‌آلات که در اینجا آمده، قیمت هزینه کرد تجهیزات است، که باید فقط به هدف تخمین و نه به عنوان مقادیر واقعی فروش قلمداد شوند. برای یک خریدار خاص، میان هزینه‌های تخمینی توسط این مدل و قیمت واقعی آن تفاوت وجود دارد. این اختلاف از تفاوت در ویژگیها، گزینه‌ها و موارد اضافه شده، قیمت نهایی پس از مذاکره و تغییر شرایط فروش ناشی می‌شود.

به عنوان مثال قیمتهای فروش معمولاً از قیمت پیشنهادی اولیه سازندگان چند درصد تخفیف دارند. تخفیف پیشنهاد شده توسط تولید کننده بستگی به تعداد واحدهای سفارش داده شده و چگونگی فروش دارد. در صورت کساد بودن بازار یا برخی عوامل دیگر نظیر دسترسی به تجهیزات دست دوم، میزان تخفیف بالا است. در برخی شرایط و نمونه‌های خاص، تولید کننده تخفیف بالایی را برای اولین خرید در ناحیه (بخش) خاص، بخش خاصی از صنعت، یا در معدنی خاص پیشنهاد می‌کند.

مبنای تخمین هزینه، قیمت‌های موجود جهت فروش در ایالات متحده و به دلار ایالات متحده است. که طی اعمال شاخص قیمت و نرخ تبدیل پول در ایران به ریال سال ۱۳۸۳ تبدیل شده است. بجز مواردی که مشخص شده، مالیاتهای فروش، هزینه حمل و نقل از مرکز پخش تا محل معدن و هزینه‌های نصب لحاظ نشده است. همچنین هزینه لوازم فرعی تجهیزات در نظر گرفته نشده است. هزینه‌های نصب و راه اندازی به طور چشمگیری متفاوت هستند.

آماده‌سازی نرم‌افزار

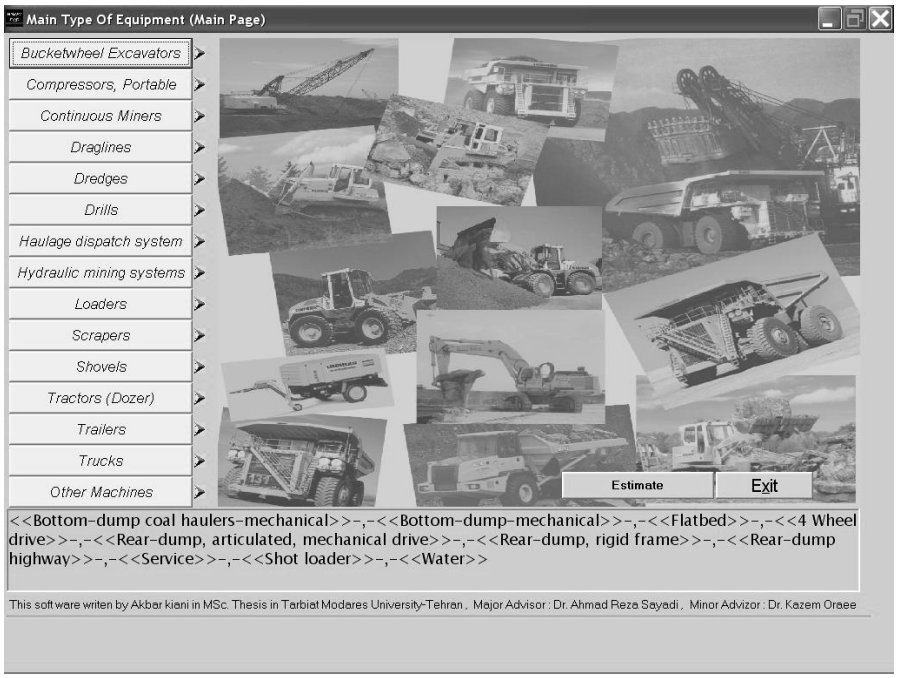
شکل۱ معماری ساختار کلی نرم افزار را نشان می‌دهد. این نرم افزار با استفاده از زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک، ویرایش ۶ (Microsoft Visual Basic 6.0) نوشته شده است. با توجه به اینکه در روند کدنویسی، نیاز مکرر به کدهای خاصی بود، ابتدا این کد توسط برنامه دیگری به زبان ویژوال بیسیک نوشته و اجرا گردید تا قسمتی از کدهای مورد نیاز بدست آید. سپس این کدها در برنامه اصلی گنجانده و اجرای مقدماتی نرم افزار فراهم شد. در مرحله بعد با طی مسیر اصلی برنامه‌سازی و ساخت منوها و صفحات لازم و آزمون، آنها قسمت دوم کدنویسی شروع و وارد Routine اصلی برنامه گردید. همچنین در مراحل پایانی ضمن رفع خطاهای برنامه، کدنویسی در چند هزار خط برنامه، ویرایش اولیه نرم افزار را تشکیل داد.



شکل ۱- معماری کلی ساختار نرم‌افزار

در راستای طراحی و پیاده‌سازی نرم‌افزار، گزینه‌های متعددی جهت ساخت منوها و صفحات لازم به نظر می‌رسیدند. 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 ماشین آلات در صفحات مختلف، این مسأله می‌توانست سبب سردرگمی کاربر گردد. بنابراین تجهیزات طبق ترتیب حروف الفبای لاتین در صفحه اصلی منظور شد. بدین ترتیب ماشین‌آلات در گروه‌های کلی (جدول۱) طبق ترتیب حروف الفبا گنجانده شدند. البته ماشین‌آلاتی که بصورت جنبی در معدن استفاده می‌شود یا اینکه نمی‌توان آن‌ها را در یک دسته جای داد در انتهای لیست تحت عنوان سایر ماشین‌آلات (Other Equipment) آمده است (شکل ۲).



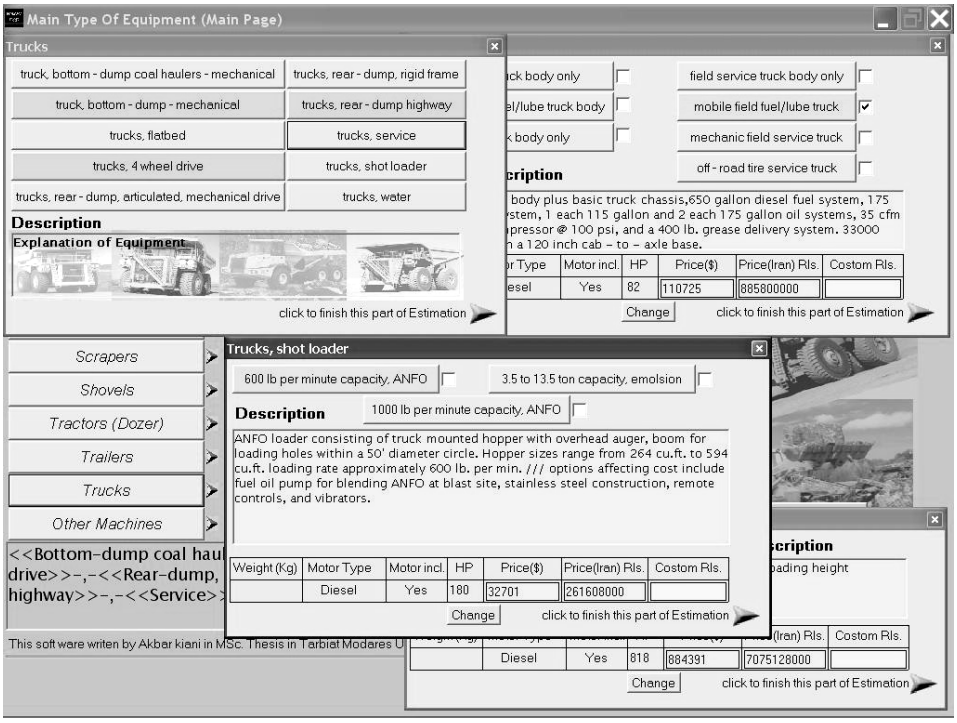
شکل۲- صفحه اصلی نرم افزار تخمین هزینه تجهیزات معادن روباز

معرفی نرم‌افزار

نرم افزاری که در طی این مقاله به آن پرداخته می‌شود از جمله اولین نرم افزارهایی است که به این شیوه در ایران طراحی و ارائه می‌شود. این نرم افزار ضمن راهنمایی جهت انتخاب ماشین آلات، امکان تخمین هزینه سرمایه‌ای آنها را براحتی فراهم می‌کند. در این نرم‌افزار، ماشین آلات مورد استفاده در معادن روباز در ۱۵ گروه و هر گروه بسته به گستردگی ماشین‌آلات به چند دسته تقسیم‌بندی شده اند (جدول۲). به ازای هر کدام از ماشین‌آلات، صرف نظر از تقسیمات نرم افزاری، هزینه ماشین برای دامنه نسبتا گسترده‌ای از ظرفیت دستگاه نظیر قطر چال در چالزنی، تناژ حمل در کامیونها، حجم جام در شاول و ... قابل برآورد می‌باشد. این

امر امکان بررسی همبستگی هزینه و مولفه تصمیم و هچنین ترسیم نمودارهای هزینه-ظرفیت ماشین‌آلات را میسر می‌سازد. این امر کمک شایانی در مرحله انتخاب ماشین آلات بدست می‌دهد.

نرم‌افزار به کاربر این امکان را می‌دهد که با انتخاب گزینه‌ها، عملیات تخمین هزینه ماشین‌آلات را به سهولت انجام دهد. مراحل بسیار پیچیده تخمین هزینه سرمایه ماشین‌آلات در صفحات ساده، گویا و واضح نشان داده شده است. با یک کلیک، توضیحات مربوط به ماشین‌آلات، قیمت و سایر مشخصات ماشین‌آلات انتخابی به یکباره در زمان بسیار کوتاه قابل دریافت می باشد. به عنوان نمونه، یکی از صفحات تخمین در شکل ۳ نشان داده شده است.

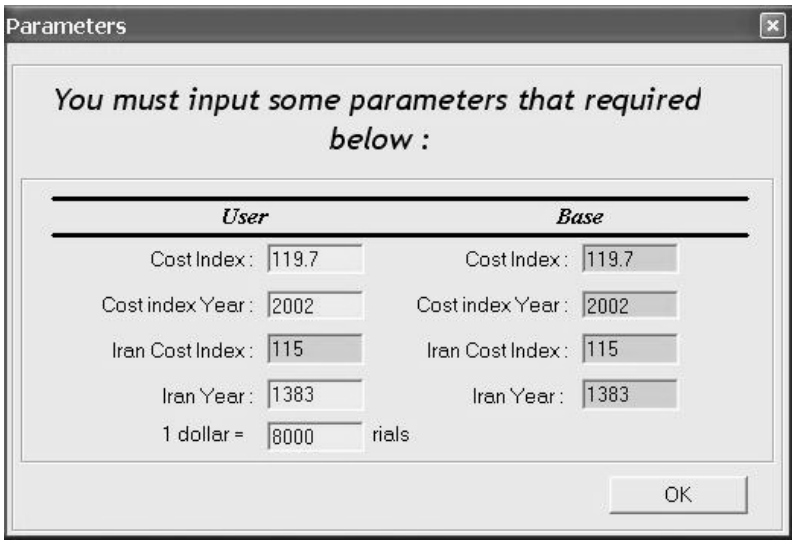


شکل۳- یکی از صفحات تخمین هزینه در نرم‌افزار

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

صفحه اول برنامه

بعد از اجرای برنامه و طی مراحل اولیه آن، پارامترهای لازم توسط کاربر در صفحه اصلی برنامه وارد و یا پارامترهای داده شده قبلی تایید می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- صفحه ورود شاخصهای قیمت مورد نیاز برنامه

در این صفحه در ستون سمت راست (Base) شاخص‌های هزینه پایه و سال مرتبط که برنامه بر اساس آنها نوشته شده است، ملاحظه می‌شود و در ستون سمت چپ، برنامه آماده دریافت سال مورد نظر جهت اعمال شاخص هزینه سال منتخب و تخمین هزینه‌هاست.

جدول ۱- اسامی گروه ماشین آلات قابل بررسی در نرم افزار

لودرها	Loaders	حفار بیل‌چرخشی	Bucket Weel 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
		سیستم معدنکاری هیدرولیکی	Hydraulic mining systems

بعد از تایید صفحه شاخصها توسط کاربر، صفحه اول برنامه به نمایش در می‌آید. صفحه اول برنامه، همان صفحه اصلی نرم‌افزاراست (شکل ۲). در این صفحه ماشین‌آلات طبق تقسیم‌بندی بر حسب حروف الفبا مرتب شده (جدول ۱) و با کلیک بر روی اسم هر گروه ماشین‌آلات، دسته‌بندی آن ملاحظه می‌شود. در صورتی که با توجه به محدود بودن ماشین‌آلات موجود در آن گروه، قابل دسته‌بندی نباشد، اسامی کل ماشین‌آلات در یک صفحه (screen) نمایش داده می‌شود، تا بوسیله کاربر، ماشین آلات انتخاب گردد.

روش کار نرم‌افزار

در این نرم‌افزار، هزینه تجهیزات بر پایه قیمت‌های سال ۲۰۰۲ تنظیم و در دسترس کاربران قرار گرفته است. تخمین هزینه‌ها در سالهای دیگر، از طریق اعمال شاخص قیمت سال مورد نظر امکان پذیر می‌باشد(شکل ۴). در راستای افزایش دقت تخمین‌ها، روزآمدسازی داده‌های پایه نرم‌افزار در نسخه های بعدی در فواصل زمانی ۵ ساله صورت خواهد گرفت.

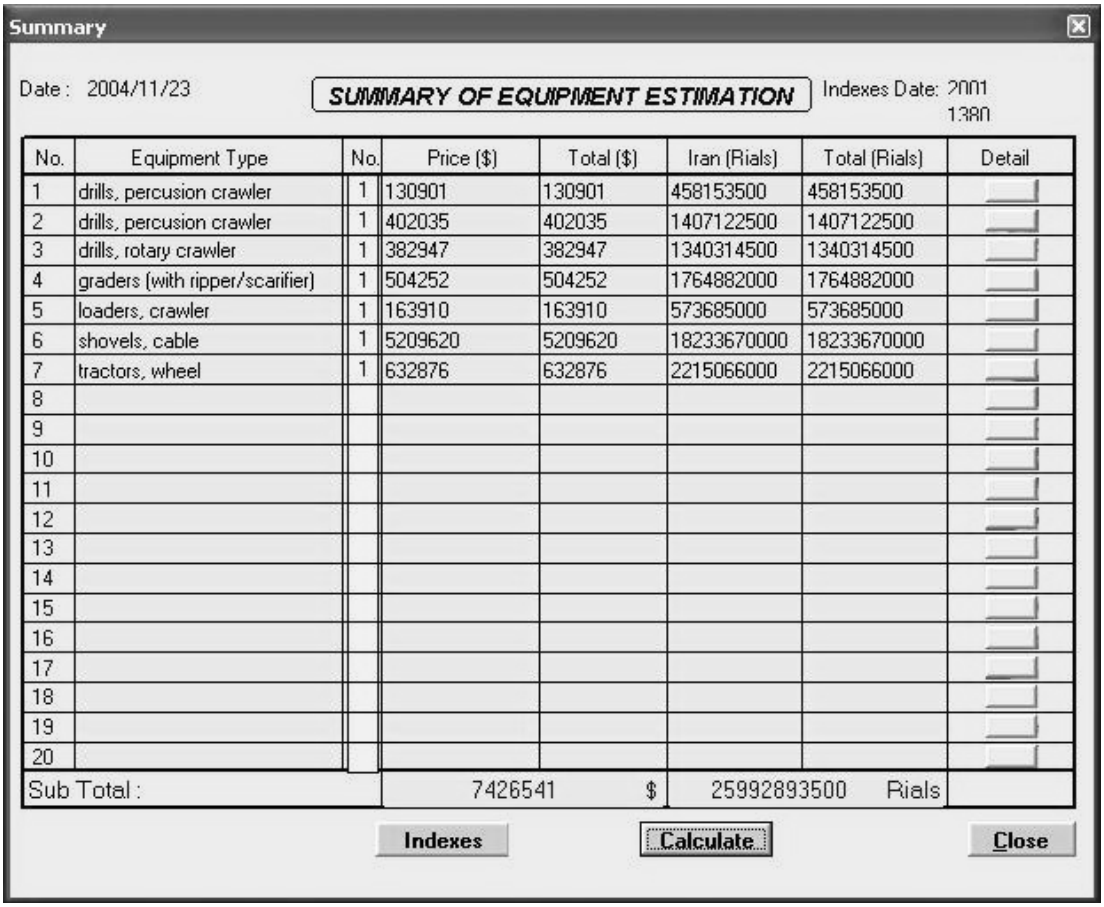
در انتخاب و تخمین تجهیزات، نیازی نیست که کاربر ترتیب خاصی را رعایت کند، بلکه در صورتی که برای بستن پنجره‌ها از دکمه Close موجود در سمت راست پایین آن صفحه استفاده نماید گروهی از تجهیزات که کاربر به تخمین آن قسمت خاتمه داده، تغییر رنگ می‌دهد و این هشدار خوبی است که مشخص می‌کند عملیات انتخاب مربوط به چه گروهی از تجهیزات انجام شده و چه گروه یا گروههایی هنوز انتخاب نشده‌اند.

کاربر می‌تواند بر حسب ضرورت و در صورت تمایل، میزان هزینه برآورد شده توسط نرم‌افزار را متناسب با شرایط پروژه تغییر داده و میزان هزینه مورد نظر خود را در سیاهه اقلام هزینه طرح وارد کند. این کار براحتی در TextBox ی که به این منظور در نظر گرفته شده انجام می شود. کاربر قیمتی را که به آن مطمئن است وارد می نماید و با کلیک بر دکمه Change و تایید دستور صادر شده توسط برنامه، تغییر انجام و این قیمت بجای قیمت پیشنهادی نرم‌افزار در نظر گرفته می‌شود.

خروجی نرم‌افزار

بعد از انتخاب ماشین‌آلات توسط کاربر و طی مراحل مختلف نرم‌افزار، هزینه سرمایه‌ای یک دستگاه ماشین برآورد شده و متناسب با تعداد ماشین انتخابی توسط کاربر، کل هزینه سرمایه‌ای محاسبه می‌گردد. برای دسترسی به این صفحه، روی دکمه‌ای که در قسمت پایین صفحه اصلی و سمت راست با نام (Estimate) قرار دارد کلیک کرده و با این عمل صفحه تخمین مشاهده خواهد شد (شکل ۵). در این صفحه، تجهیزاتی که در طی مراحل تخمین نرم افزار انتخاب شده‌اند در جدولی به صورت منظم حاوی تعداد، هزینه ماشین (قابل

ویرایش توسط کاربر)، هزینه کل ارائه می‌شود. دکمه مربوط به توضیحات میانبر و جزئی در مورد هر نوع ماشین انتخابی، دکمه حاوی اندیس‌های مورد استفاده در این تخمین و سایر موارد آورده شده است. با استفاده از دکمه میانبر موجود در ستون Detail توضیحات کامل در مورد ماشین‌آلات معدنی منتخب جهت اطلاع از ویژگی‌های مربوطه، در پنجره‌ای جدید به نمایش در خواهد آمد.


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, 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	

Indexes Calculate Close

شکل ۵- صفحه مربوط به نتایج حاصل از تخمین

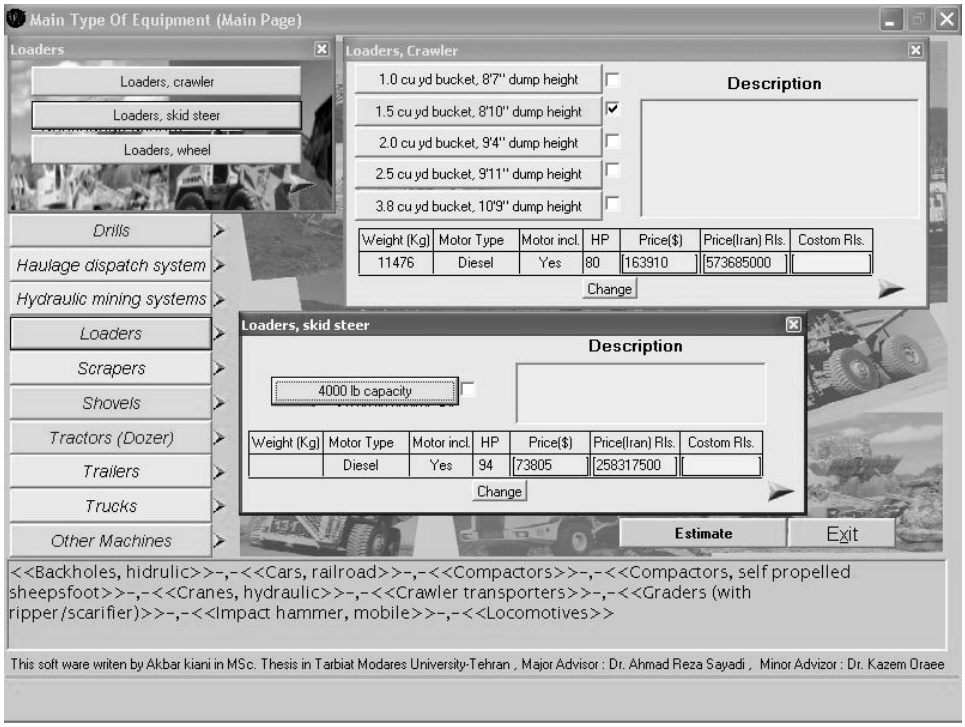
آزمون نرم‌افزار

به منظور آزمون نرم افزار، از داده‌های پروژه معدن مس سونگون استفاده گردید. در این راستا، نتایج حاصل از نرم افزار با هزینه‌های سرمایه‌ای این معدن که قبلا در قالب یک پروژه پژوهشی برآورد شده بود، مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۲). از آنجایی‌که تخمین قبلی پروژه در سال ۱۳۸۰ انجام شده، تخمین توسط نرم افزار نیز

بر مبنای ریال سال ۱۳۸۰ و هچنین شاخص قیمت دلار ۲۰۰۱ انجام گرفت. نتایج حاصل از این مقایسه نشان می‌دهد که تخمین‌های انجام گرفته همخوانی قابل قبولی دارند. شکل ۶ نمونه‌ای از صفحات مربوط به این تخمین را نشان می‌دهد.

جدول۲- مقایسه برخی از نتایج حاصل از نرم افزار مطالعات قبلی انجام شده

ماشین‌آلات	هزینه سرمایه‌ای یک دستگاه (میلیون ریال) ریال ۱۳۸۰	
	تخمین قبلی	تخمین توسط نرم افزار
شاول	18,284	18,234
دستگاه چالزنی دورانی	1,737	1,340
دستگاه چالزنی پنوماتیکی	458	458
دستگاه حفاری هیدرولیکی	1,175	1,407
لودر	795	574



شکل ۶- نمونه‌ای از صفحات تخمین هزینه در نرم‌افزار

نتیجه‌گیری

تخمین هزینه یکی از بخشهای اساسی مطالعات فنی و اقتصادی پروژه‌های معدنی به شمار رفته و فرایندی نسبتا پیچیده و زمان‌بری دارد. ماهیت چند بعدی این مطالعات و تغییر فرضیه‌های طراحی، شرایطی را ایجاد می‌کند که تخمینها در مراحل مختلف پروژه به دفعات صورت پذیرد. استفاده از مدلها و نرم افزارهای مرتبط سهولت قابل توجهی درفرایند تخمین ایجاد می‌کند.

مدل WMEI یکی از مدلهای، معتبر، قابل اطمینان و روزآمد جهت برآورد هزینه‌های معادن می‌باشد. به دلیل پیچیدگی و گسترده بودن مدل، استفاده دستی از آن برای کارشناسان مشکل و زمان بر می‌باشد. نرم افزار ارائه شده در این تحقیق، این مشکلات را مرتفع می‌سازد. آزمون انجام گرفته بر روی نرم افزار نشان می‌دهد که این نرم‌افزار کاربی مطلوبی در تخمین هزینه‌های سرمایه‌ای پروژه‌های معدنی کشور را دارا می‌باشد. آزمون برنامه، با استفاده از داده‌های پروژه‌های دیگر در دستور کار می‌باشد.

در این نرم‌افزار قابلیت‌هایی نظیر انجام تخمین به ریال و دلار، انتخابی بودن تجهیزات، قابلیت اعمال نظر کاربر و غیره پیش بینی شده که سهولت زیادی برای کاربر فراهم می‌کند.

تکمیل نرم افزار جهت تخمین هزینه عملیاتی ماشین‌آلات معادن روباز و توسعه آن در گستره هزینه های معادن زیرزمینی و همچنین کارخانه فرآوری در مطالعات بعدی دنبال خواهد شد.

منابع

۱. صیادی، احمدرضا و کیانی، اکبر، (۱۳۸۲)، *"تخمین هزینه در پروژه‌های معدنی با استفاده از مدلهای اقتصادسنجی"*، بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی، تهران

۲. صیادی، احمدرضا و صادق‌بیگی، مریم، (۱۳۸۱)، *"تحلیل روشهای برآورد هزینه حفاری در مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی"*، نخستین همایش علمی-تخصصی حفاری در معادن، یزد

3. Western mining engineering Institute, (1995), *Western mining engineering Users Guide*, Aventurine
4. W. Camm, Thomas, (2002), *Simplified Cost Models for prefeasibility mineral evaluations*, Mining engineer, Western Field Operations Center, U.S. Bureau of Mines, Spokane, WA.,
5. http://www.westernmine.com/westernmine/