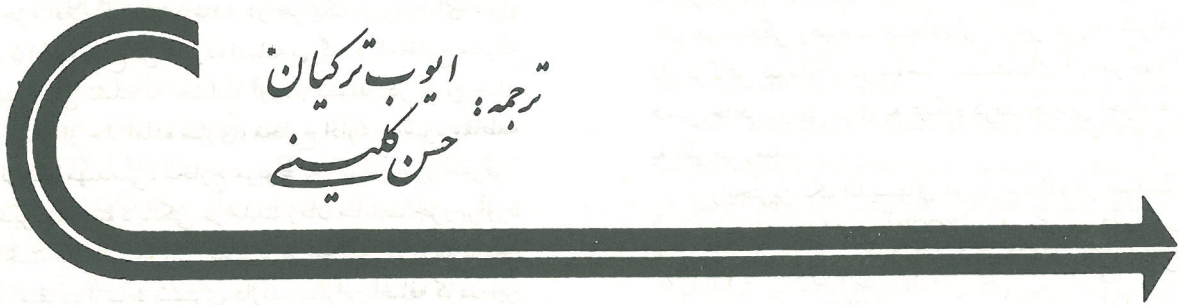


برآورد هزینه‌های احداث تصفیه‌خانه

ترجمه: ایوب ترکیان
حسن کلینی



برآورد مقدماتی با استفاده از سوابق موجود

برآورد های مقدماتی هزینه تصفیه‌خانه آب از سوابق تاریخی موجود برای موارد مشابه به دست می‌آید. روش کار بدین صورت است که مخارج پروژه مشابهی که باتمام رسیده است به رده‌ها و اجزاء مناسب ریز می‌شود تا بتوان از داده‌های حاصله برای تصفیه‌خانه تحت بررسی استفاده به عمل آورد. با استفاده از اندیس هزینه مناسب اطلاعات سالهای متفاوت به پایه مشترکی در سال خاصی تبدیل می‌شوند. بدین طریق اطلاعات مربوط به هزینه پروژه‌های خاص از پروژه‌های باتمام رسیده به دست می‌آید. در بسیاری از موارد تعیین مخارج یک پروژه خاص با استفاده از سوابق تاریخی به علت غیرقابل اعتماد بودن داده‌ها و احتمال بروز خطا به هنگام تقسیم هزینه کلی به اجزاء ریزتر امکان پذیر نمی‌باشد. در این گونه موارد، از اطلاعات دوائر دولتی، مجلات تخصصی، و سازمانهای خصوصی می‌توان استفاده نمود. آشنایی قبلی و دقت کافی در استفاده از این منحنی‌های هزینه برای پیشگیری از نادیده گرفتن یا بیش از یکبار گنجانیدن اجزاء اصلی پروژه ضروری می‌باشد. در ماه اوت ۱۹۷۹ میلادی سازمان محیط زیست ایالات متحده امریکا (EPA) در یک گزارش ۴ جلدی منحنی‌های هزینه مربوط به ساخت، عمل و نگهداری ۹۹ واحد فرایند مورد استفاده در حذف آلاینده‌های مندرج در مقررات ملی آب آشامیدنی^۱ را منتشر کرد. روابط کلی هزینه مورد صحبت در این مقاله بر اساس داده‌های موجود در گزارش فوق برای ساخت، عمل و نگهداری تصفیه‌خانه آب استوار می‌باشند.

برآورد های اولیه هزینه به منظور مقایسه فنی و اقتصادی در بررسی پروژه‌ها و یا قسمتهای اصلی آن صورت می‌پذیرد.

ارقام به دست آمده در برآورد های اولیه تقریبی می‌باشد، زیرا هزینه‌های دقیق و واقعی احداث، راه‌اندازی و بهره‌برداری از یک پروژه تابع شرایط خاص محیطی می‌باشد و نمی‌توان آن را به صورت کلی بیان کرد. برآورد هزینه هر پروژه از پیچیدگی خاصی برخوردار است که انجام آن مستلزم برخورد کارشناسی، تجربه و آشنایی با شرایط محیط می‌باشد. برای برنامه ریزی و طراحی هر پروژه تصفیه آب نیز جمع‌آوری اطلاعات و ارقام هزینه از ضروریات می‌باشد.

برآورد هزینه مورد نیاز که در مراحل مختلف مطالعه ملاک عمل قرار می‌گیرد از نظر درجه صحت با هم تفاوت دارند. در مطالعات اولیه غالباً برآورد های تخمینی هزینه برای گزینه‌های مختلف انجام می‌شود.

نظر به این که برآوردها برای مقایسه و ارزیابی گزینه‌های تحت بررسی استفاده به عمل می‌آید، صحت ارقام بایستی در حد قابل قبول باشد تا انتخاب گزینه پیشنهادی میسر گردد. این برآورد های مقدماتی در تخصیص اعتبار و حق‌الزحمه مهندسین طراح نیز کاربرد دارد.

در مرحله طراحی اجرایی پروژه (فاز ۲) برآورد هزینه احداث پروژه^۲ تهیه تجهیزات بر اساس نقشه‌های اجرایی انجام می‌شود.

عوامل متعددی چون ظرفیت تصفیه‌خانه، فرایند تصفیه، معیارهای طراحی و ارزش زمین و اوضاع اجتماعی و اقتصادی کشور و محل اجرای طرح بر هزینه‌ها تاثیر می‌گذارد.

بر این اساس برآورد های این مرحله قابل تعمیم نبوده و خاص هر پروژه باید صورت گیرد.

^۱ عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
^۲ * کارشناس مرکز تکنولوژی هسته ای اصفهان

در برآورد هزینه‌های کلی ساخت وسایل در گزارش EPA از داده‌های شرکت‌های سازنده قطعات، طرح‌های مقدماتی^۲ و اطلاعات منتشر شده استفاده شده است. هزینه ساخت در این روش از حاصل جمع مخارج هشت جزء اصلی فرایند که عبارت از حفاری و آماده سازی محل (A) وسایل ساخته شده (B) بتن (C)، آهن آلات (D)، کارگر (E)، لوله و متعلقات (F)، لوازم برقی و ابزار اندازه‌گیری (G)، و محل استقرار (H) است به دست می‌آید. هزینه خرید و نصب وسایل، مواد و همچنین هزینه‌های اداری و سود پیمانکار جزء اقلام گنجانیده شده در هر یک از رده‌های فوق می‌باشند. ۱۵٪ به جمع کل هر رده اضافه می‌گردد تا مخارج متفرقه و موارد پیش‌بینی نشده به حساب آورده شوند. در عین حال هزینه‌های بیش از حد آماده سازی، مخارج اداری و سود مقطعه کار، حق الزحمه مهندسی، مخارج مربوط به زمین و امور حقوقی، مخارج مدیریت و سود بانکی در مدت زمان ساخت جزو برآورد هزینه ساخت نمی‌باشند. این اقلام با هزینه کل پروژه، بجای فرایندهای منفرد، ارتباط بیشتری دارند. بنابراین اضافه کردن این هزینه‌ها پس از تعیین حاصل جمع اجزاء جداگانه مناسبتر می‌باشد.

تعیین روابط هزینه با استفاده از کامپیوتر

معادلات کلی هزینه ساخت با استفاده از برنامه کامپیوتری PLOTIT، که برنامه‌ای گرافیکی و آماری است، به دست آمد. داده‌های مورد استفاده برای این روابط از گزارش EPA گرفته شده که از روش نسبتاً ساده‌ای برای این امر استفاده می‌کند. در آغاز یک پرونده کامپیوتری دو بعدی حاوی داده‌های ورودی در فورمت مورد نیاز برنامه ایجاد می‌شود. سپس نوع معادله مناسب داده‌ها انتخاب می‌گردد. به عنوان مثال، معادله گزینده شده می‌تواند خطی، درجه دو، یا نمایی باشد. با استفاده از داده‌ها و معادله انتخاب شده، برنامه کامپیوتری ضرایب معادله را بر اساس مناسبترین خط یا منحنی را محاسبه می‌نماید. این مراحل برای چندین نوع معادله تکرار می‌شود و معادله‌ای که انطباق بیشتری با داده‌ها دارد انتخاب می‌گردد.

تعداد ۴۲ معادله کلی هزینه ساخت در جدول ۱ فراهم آمده است. هر معادله نمایانگر یک فرایند و متداولترین سیستم تغذیه مواد شیمیایی مورد استفاده در تصفیه‌خانه می‌باشد. دامنه کاربرد هر منحنی (حداقل و حداکثر) و درصد هزینه کل مخصوص یک جزء نیز آورده شده است. به عنوان نمونه، دامنه کاربرد روابط هزینه ساخت، عمل و نگهداری سیستم ذخیره و تغذیه کلر که از سیلندرهای کلر استفاده می‌نماید (فقره d، جدول ۱) از روز/۴kg تا روز/۴۵۰۰kg می‌باشد. اجزاء اصلی هزینه ساخت شامل ۴۷ درصد وسایل ساخته شده (B)، ۶ درصد کارگر (E)، ۴ درصد لوله و متعلقات، ۵ درصد ابزار الکتریکی و دستگاه‌های اندازه‌گیری (G)، و ۳۸ درصد محل استقرار می‌شود. رابطه هزینه ساخت در ماه اکتبر سال ۱۹۷۸ میلادی عبارت است

$$CC = 680 / 75 \times X^{1/763} + 11010$$

که در آن CC = هزینه ساخت، دلار

$$X = \text{ظرفیت سیستم کلرزنی، روز/kg}$$

استفاده از اندیس هزینه برای تنظیم برآورد

متداولترین شیوه تطبیق برآورد از یک محل جغرافیایی و دوره زمانی به محل و زمانی دیگر اندیس هزینه می‌باشد این اندیس مقدار عددی محاسبه شده‌ای است که تابع واحد رایج مواد و کارگر بوده و مهمترین مزیت آن سادگی استفاده از آن می‌باشد. علیرغم سادگی رهیافت استفاده از اندیس هزینه، شواهد زیادی دال بر کافی نبودن آن در ساخت سیستم‌های آب موجود است. به همین خاطر روشی برای به هنگام کردن چندین اجزاء هزینه لازم به نظر می‌رسد.

رایجترین تک اندیسهای مورد استفاده در صنعت ساخت، اندیس هزینه ساخت^۳ (CCI) مجله رکورد اخبار مهندسی (ENR)^۴ و اندیس هزینه ساختمانی^۵ (BCI) می‌باشند. مزیت اصلی اندیسهای ENR در دسترس بودن، سادگی، و ویژگی تفکیک اقلیمی آن می‌باشد. متأسفانه، این اندیسها وسایل مکانیکی، دستگاههای اندازه‌گیری، یا لوله و متعلقات را در برنگرفته و طبقه جمع‌بندی مواد و کارگر بطور مشخص برای تصفیه‌خانه‌های آب محاسبه نشده است. به منظور رفع کمبودهای اندیسهای ENR، هزینه کل ساخت به ۸ بخش اصلی تقسیم می‌شود. اندیسهای دائره‌آما رکازگری (BLS) و ENR این اجزاء هزینه بر اساس قیمت دلار در سالهای ۱۹۶۷ و ۱۹۷۸ در جدول ۲ آمده است. بدین طریق، هزینه کل با استفاده از اندیسهای مناسب، در مقابل تک اندیس، براساس هشت جزء اصلی هزینه به قیمت روز در می‌آید.

به قیمت روز در آوردن اندیسهای هزینه ساخت ENR ساده می‌باشد. مقدار جاری ENR برای هر رده مورد نظر از جدیدترین شماره ENR کسب می‌شود. این رقم بر مقدار اندیس اکتبر ۱۹۷۸ میلادی تقسیم و در هزینه ساخت ۱۹۷۸ میلادی ضرب شده تا هزینه جاری ساخت به دست آید.

هزینه فعلی ساخت =

$$\frac{\text{اندیس ENR فعلی (هزینه ساخت سال ۱۹۷۸)}}{\text{اندیس CCI اکتبر ۱۹۷۸}}$$

به قیمت روز در آوردن هزینه‌ها با استفاده از اندیس قیمت تولیدکننده (PPL) پیچیده‌تر از استفاده از اندیسهای ENR می‌باشد. در سال ۱۹۷۸، BLS هزینه‌ها را بر اساس قیمت‌های سال ۱۹۶۷ اندیس کرد (۱۰۰=۱۹۶۷). در سال ۱۹۹۲، BLS قیمت‌های سال ۱۹۸۲ را اساس قرار می‌دهد (۱۰۰=۱۹۸۲). به منظور بروز درآوردن رده‌هایی که سال مرجع اندیس تغییر کرده است، BLS

کتابهای راههای مربوط به سوابق تاریخی را فراهم ساخته است. این کتابها سابقه کامل ارقام اندیس هر رده موجود در PPI را بر اساس سال پایه جدید (۱۰۰=۱۹۸۲) جدول بندی می‌کنند و BLS آنها را بطور رایگان در اختیار متقاضیان قرار می‌دهد. برای گرفتن سوابق تاریخی مربوط به هر رده تحت بررسی می‌توان با یکی از دفاتر BLS تماس حاصل کرده و آن اطلاعات را درخواست کرد.

با استفاده از این سوابق بجای ارقام BLS سال ۱۹۷۸ مورد استفاده در برآورد هزینه فعلی ساخت، رقم اندیس تاریخی‌ای بکار می‌رود که از سال پایه مشابه PPI فعلی استفاده می‌کند. این اندیسهای اصلاح شده نیز در جدول ۲ آورده شده است.

برای رده "شیرآلات و اتصالات" BLS که دیگر اندیس نمی‌شوند رده دیگری بنام "وسایل متفرقه عمومی" (۱۱۴۹) در PPI درج شده است. این رده در بین رده‌های دیگر نظیر شیرآلات فلزی غیر از نوع فشار بالا (fluid power)، "شیرآلات لوله‌کشی و سیستمهای گرمادهی" و فلنجه‌ها و متعلقات لوله‌های فلزی انتخاب شد. رده "وسایل متفرقه عمومی" در مقایسه با ارقام حاصل از رده‌های دیگر، رقمی میانگین به دست می‌دهد. علاوه بر این، ارقام اندیس برای این رده را می‌توان از BLS درخواست کرد و نیازی به برون یابی یا میانگین‌گیری نمی‌باشد.

هزینه‌های جاری اجزاء ساخت سپس به طریقی مشابه آنچه برای اندیسهای ENR استفاده می‌شود محاسبه می‌شود. اندیسهای بروز در آورده شده آوریل ۱۹۹۲ برای BLS و ENR نیز در جدول ۲ فراهم آمده است. روش استفاده از اندیسهای BLS برای بروز در آوردن هزینه در اینجا آورده شده است.

تصور کنید که کل هزینه ساخت یک صاف کننده (Clarifier) ۳ میلیون دلار و درصد هزینه وسایل ساخته شده ۲۷ درصد یا ۸۱۰ هزار دلار می‌باشد. رقم اصلاح شده اکتبر ۱۹۷۸ "وسایل و ماشین آلات با استفاده عمومی" (کد ۱۱۴) برابر ۷۲/۹ بوده و رقم اندیس آوریل ۱۹۹۲ برابر ۱۳۰ می‌باشد. این جزء هزینه را می‌توان با استفاده از اندیسهای هزینه فعلی و اصلاح شده بروز درآورد. هزینه بروز شده برای جزء "وسایل ساخته شده" برابر ۱/۴۴ میلیون دلار می‌باشد. دیگر اجزاء هزینه را نیز می‌توان به همین طریق بروز در آورد تا کل هزینه ساخت بروز در آورده شده محاسبه گردد.

هزینه بهره‌برداری و نگهداری (O&M)

هزینه کل بهره‌برداری و نگهداری بر اساس الزامات انرژی، الزامات مواد مورد نیاز برای نگهداری و نیازهای پرسنلی استوار می‌باشد. رده انرژی شامل انرژی مورد نیاز برای فرایندها و ساختمانها می‌شود. همه اجزاء انرژی (نظیر سوخت دیزلی، الکتریسیته، و گاز طبیعی) بر حسب کیلووات - ساعت (kw.h) در سال بیان می‌شوند. هزینه سالانه انرژی بر مبنای \$۰/۰۳/kw.h الکتریسیته بر آورد می‌شود.

تعیین روابط هزینه O&M با استفاده از کامپیوتر

روابط کلی هزینه بهره‌برداری و نگهداری نیز با استفاده از برنامه کامپیوتری PLOTIT به دست آمد. گزارش EPA برای داده‌های مورد نیاز این معادلات مورد استفاده قرار گرفت. سی و پنج معادله کلی O&M همراه با روابط هزینه ساخت برای بسیاری از فرایندها در جدول ۱ آورده شده است. دامنه کاربرد این معادلات و درصد هزینه سه جزء هزینه (انرژی، نگهداری و کارگر) نیز در این جدول فراهم آمده است.

هزینه‌های بروز در آورده شده بوسیله سه جزء هزینه

بروز در آوردن هزینه O&M را می‌توان با بروز در آوردن هزینه سه جزء انرژی، کارگر و مواد نگهداری انجام داد. هزینه انرژی و کارگر متناسب با بهای الکتریسیته (\$ / km.h) و قیمت کارگر (ساعت / \$) محاسبه شده و بهای مواد نگهداری با استفاده از قیمت تمام شده کالای PPI بروز در آورده می‌شود. هزینه مواد نگهداری مورد استفاده در تعیین هزینه بر مبنای قیمت تمام شده کالای BLS PPI در اکتبر ۱۹۷۸ برابر ۱۹۹/۲۰۷ می‌باشد. نظر به این که این عدد از گزارشهایی که ۱۰۰=۱۹۶۸ را مبنای قرار داده به دست می‌آید آن را باید اصلاح کرد.

با استفاده از سوابق تاریخی PPI BLS عدد ۱۹۹/۷ با رقم اندیس اصلاح شده (۱۰۰=۱۹۸۲) تعویض می‌گردد. PPI فعلی آوریل ۱۹۹۲ برای کالای آماده برای استفاده برابر ۱۲۲/۹ می‌باشد. هزینه مواد شیمیایی مورد نیاز برای عملیات فرایند را نیز بایستی اضافه کرد تا کل هزینه O&M به دست آید. بهای مورد پیش‌بینی مواد شیمیایی را به سادگی می‌توان از فروشندگان مربوطه به دست آورد.

تعیین هزینه معادل و ارزش فعلی برای مقایسه گزینه‌ها

روش مقایسه هزینه گزینه‌های مختلف شامل تعیین ارزش فعلی و هزینه سالانه معادل هر گزینه می‌شود. ارزش فعلی را می‌توان به صورت سرمایه‌ای تصور کرد که در صورت سرمایه‌گذاری با یک بهره خاص در زمان حال دقیقاً بودجه مورد نیاز کلیه مخارج لازم در مدت برنامه‌ریزی را بتواند فراهم سازد. هزینه سالانه معادل بیانی از یکسری مخارج ناهمگون مورد استفاده به صورت مقدار همگون سالیانه می‌باشد که برای ساده کردن محاسبات ارزش فعلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شرح مفصل روشهای محاسباتی در بسیاری از کتابها موجود می‌باشد. ارزش فعلی هزینه سالانه O&M، ضریب بازبانی سرمایه اولیه و هزینه سالانه معادل را می‌توان از معادلات ۱، ۲ و ۳ به دست آورد.

$$\left[\frac{1}{1+i} \right]^n = \text{ارزش فعلی هزینه سالانه} = [O\&M \text{ سالانه}]$$

جدول شماره ۲: شاخصهای BLS و ENR به عنوان مبنای منحنیهای هزینه ساختمانی

هزینه اجراء	شاخص	مقدار شاخص تعدیل		مقدار شاخص فعلی
		اکتبر ۱۹۷۸	اکتبر ۱۹۷۸ شده	آوریل ۱۹۹۲
خاک برداری	شاخص دستمزد کارگر ماهر ENR	۲۴۷	۲۴۷	۴۵۵
		(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۶۷=۱۰۰)
وسایل ساخته شده	ماشین آلات و وسایل لازم BLS کد کالا ۴۱۱	۲۲۱/۱	۷۲/۹	۱۳۰
		(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)
بتون	مواد بیکار رفته در بتن BLS کد کالا ۱۳۲	۲۲۱/۱	۷۱/۶	۱۱۹/۴
		(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)
آهن	محصولات ذوب آهن BLS کد کالا ۱۰۱۷	۲۶۲/۱	۷۵	۱۰۷/۴
		(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)
کارگر	شاخص دستمزد کارگر ماهر ENR	۲۴۷	۲۴۷	۴۵۵
		(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۶۷=۱۰۰)
شیرآلات و لوله	شیرآلات و اتصالات BLS کد کالا ۱۱۴۹۰۱	۲۳۶/۴	۷۰/۲	۱۳۹/۶
		(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)
وسایل برقی و دستگاه اندازه گیری	دستگاه و وسایل برقی BLS کد کالا ۱۱۷	۱۶۷/۵	۷۲/۳	۱۲۱/۳
		(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)	(۱۹۸۲=۱۰۰)
مکان	شاخص هزینه ساختمان ENR	۲۵۴/۸	۲۵۴/۸	۴۱۵/۹
		(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۶۷=۱۰۰)	(۱۹۶۷=۱۰۰)

جدول ۳:

هزینه ساخت و بهره برداری و نگهداری اجزاء و ارزش فعلی

ارزش اجزاء	ارزش شاخص اکتبر ۱۹۷۸		هزینه فعلی آوریل ۱۹۹۷		
	اجزاء (درصد)	هزینه (دلار)	مبدأ شاخص تعدیل شده	شاخص ارزش	هزینه فعلی سال / دلار
هزینه ساخت					
A. خاکبرداری	۴	۹۸۰۷	۲۴۷	۴۵۵	۱۸۰۷۰
B. وسایل ساخته شده	۲۷	۶۶۱۹۶	۷۲/۹	۱۳۰	۱۱۸۰۵۰
C. بتون	۱۰	۲۴۵۱۷	۷۱/۶	۱۱۹/۴	۴۰۹۰۰
D. آهن	۲۷	۶۶۱۹۶	۷۵	۱۰۷/۴	۹۴۸۰۰
E. کارگر	۲۰	۴۴۰۳۴	۲۴۷	۴۵۵	۸۱۱۲۰
F. شیرآلات و لوله جات	۱۰	۲۴۵۱۷	۷۰/۲	۱۳۹/۶	۴۸۸۰۰
G. وسایل برقی و ابزار دقیق	۲	۴۹۰۳	۷۲/۳	۱۲۱/۳	۸۲۳۰
H. مکان	-	-	۲۵۴/۸	۴۱۵/۹	-
-	-	۲۴۵۱۷۰	-	-	۴۱۰۰۰۰
هزینه بهره برداری و نگهداری					
I. انرژی لازم	۴	۲۴۶	S./۰.۳/kw.h	S./۰.۵/kw.h	۴۱۰
Z. وسایل لازم نگهداری	۱۶	۹۸۱	۷۱/۶	۱۲۲/۲	۱۶۷۰
K. نیروی کاری	۱۸	۴۹۰۷	S۱۰/h	۱۹/h	۹۳۲۰
L. هزینه مواد شیمیایی	-	۰	-	-	۰
		۶۱۳۴			۱۱۴۰۰