پیترز | تایسرهاوس | وست

طراحی کارخانه و برآورد اقتصادی برای مهندسان شیمی

اقتصاد و طرح مهندسی

scanned by MEHRMEDIA

ویرایش پنجم

دکتر جلال‌الدین شایگان
استاد دانشگاه صنعتی شریف

مهندس محمود لطفی‌زاده

پیترز | تیمر هاوس | وست

طراحی کارخانه و برآورد اقتصادی برای مهندسان شیمی

(اقتصاد و طرح مهندسی)

دکتر جلال‌الدین شایگان

استاد دانشگاه صنعتی شریف

مهندس محمود ثنائی‌زاده

scanned by MEHRMEDIA

ویراستار:

حسن کرکی



نوپردازان

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه ۱
طراحی کارخانه از دیدگاه مهندسی شیمی ۱
ملاحظات عمومی در طراحی کلی ۲
تکوین طراحی فرآیند ۳
تهیهٔ برگهٔ جریان مواد ۶
طراحی با کامپیوتر ۷
برآورد هزینه ۸
تحلیل سوددهی سرمایه‌گذاری‌ها ۹
طراحی بهینه ۱۱
ملاحظات عملی در طراحی ۱۴
روش طراحی ۱۵
اخلاق مهندسی در طراحی ۱۷

فصل ۲ ملاحظات کلی در طراحی ۱۹
مخاطرات ایمنی و سلامتی ۱۹
منابع خطر مواجهه (رویارویی) ۲۰
ارزیابی میزان مواجهه (تماس) ۲۳
کنترل خطرهای مواجهه با مواد آلاینده ۲۸
خطرات آتش‌سوزی و انفجار ۳۰
ایمنی کارکنان ۳۶
مقررات ایمنی ۳۶
پیشگیری از بروز خسارت ۳۷
بررسی خطر و احتمال وقوع آن ۳۹
تحلیل نمودار درختی خطا ۴۸
تحلیل نحوهٔ تخریب و تأثیر آن ۵۰
شاخص‌های ایمنی ۵۰
ممیزی ایمنی ۵۱
حفاظت از محیط زیست ۵۶
آیین‌نامه‌های زیست‌محیطی ۵۷
ایجاد سیستم کنترل آلودگی ۵۸
کاهش آلودگی هوا ۶۱
کاهش آلودگی آب ۶۵
دفع زایدات جامد ۷۰
کنترل آلودگی حرارتی ۷۲
کنترل سر و صدا ۷۳
محل کارخانه ۷۳
عواملی که بر انتخاب محل کارخانه تأثیر می‌گذارند ۷۴
جانمایی کارخانه ۷۸
تهیهٔ جانمایی ۷۹
عملیات و کنترل کارخانه ۷۹
ابزار دقیق ۸۰
نگهداری ۸۰
تأسیسات جانبی ۸۱
طراحی سازه ۸۳
ذخیره‌سازی ۸۴
حمل مواد ۸۵
ملاحظات مربوط به ثبت اختراع ۸۶
مسائل ۸۷

فصل ۳ تکوین طراحی فرآیند ۹۳
ایجاد بانک اطلاعات طراحی ۹۳
بررسی متون ۹۴
جستجوی اختراعات ثبت‌شده ۹۶
ایجاد فرآیند ۹۶
مقایسهٔ عملیات ناپیوسته و پیوسته ۹۷
مشخصات مواد اولیه و محصول ۹۸
مراحل ایجاد فرآیند ۹۸

طراحی فرآیند ۹۹
انواع طراحی فرآیند ۱۰۲
نمودارهای جریان فرآیند ۱۰۶
نمودارهای لوله‌کشی و ابزار دقیق ۱۰۸
ایزومتریک جانمایی مخازن و لوله‌کشی ۱۰۹
طراحی و مشخصات تجهیزات ۱۱۰
افزایش مقیاس در طراحی ۱۱۰
ضرایب ایمنی ۱۱۱
مشخصات تجهیزات ۱۱۶
مصالح ساخت ۱۱۹
طراحی مقدماتی ـ به‌همراه یک مثال خاص ۱۱۹
بیان مسئله ۱۱۹
بررسی متون ۱۲۰
فرآیندسازی ۱۲۱
توسعه و گسترش طرح مبنا ۱۲۳
برآورد اقتصادی طرح مورد مبنا ۱۴۸
برآورد اقتصادی اصلاح طرح مبنا
پیشنهادی ۱۵۴
خلاصه ۱۶۲
مسائل ۱۶۲

فصل ۴ تهیه و تکوین برگه جریان ۱۶۹
تهیه و توسعه برگه جریان ۱۷۰
رویه کلی ۱۷۰
اطلاعات فرآیند ۱۷۶
اطلاعات پیشین ۱۷۶
سنتز مسیر مولکولی ۱۷۶
انتخاب یک گذرگاه فرآیندی ۱۷۸
روش تولید ۱۷۸
ثبت تصمیمات ۱۷۹
ساختار ورودی / خروجی ۱۸۱
نمودار فرآیند ۱۸۵
انجام پیش‌فرآیند ۱۸۶
واکنش‌ها ۱۸۶
جریان برگشتی ۱۸۷
محصولات جانبی، مواد واسط، و پسماندها ۱۸۷
جداسازی‌ها ۱۸۸
نمودار عملیات‌ها ۱۹۲
پیش‌فرآیند ۱۹۲
رآکتورها ۱۹۲
روش‌های جداسازی ۱۹۳
گرمادهی و خنک‌سازی ۱۹۴
کوچک کردن فرآیند ۱۹۵
برگه جریان فرآیند ۲۰۰
رآکتورها ۲۰۰
موازنهٔ جرم و انرژی ۲۰۰
سلسله مراحل جداسازی ۲۰۱
تبادل گرما ۲۰۲
تولید برگه جریان الگوریتمی ۲۱۳
مبانی تولید الگوریتمی شبکهٔ فرآیند ۲۱۴
کاربرد الگوریتم تولید شبکه ـ فرآیند در
تولید کلرید وینیل ۲۲۲
مقایسهٔ نتایج روش ترتیبی و الگوریتمی ۲۴۸
الگوریتم‌های ژنتیک ۲۴۹
روش‌های آتی برای تهیه و تکوین برگه جریان ۲۴۹
استفاده از نرم‌افزار در تولید برگه جریان ۲۵۰
بررسی و ارزیابی برگه‌های جریان ۲۵۰
معیار ارزیابی طراحی‌ها ۲۵۰
خلاصه ۲۵۲
علایم و اختصارات ۲۵۲
نمادهای یونانی ۲۵۳
مسائل ۲۵۳

فصل ۵ کاربرد نرم‌افزار در طراحی فرآیند ۲۵۷
ساختار نرم‌افزار ۲۵۹
تخمین خواص شیمیایی ۲۶۰

مدل‌های تجهیزات فرآیندی ۲۶۳
برآورد هزینهٔ تجهیزات فرآیندی ۲۶۵
ارزیابی اقتصادی فرآیند ۲۶۶
محاسبهٔ مصرف انرژی ۲۶۶
کنترل فرآیند ۲۶۷
بهینه‌سازی فرآیند ۲۶۷
قابلیت‌های نرم‌افزار ۲۶۸
نرم‌افزار عمومی ۲۶۸
نرم‌افزارهای طراحی فرآیند ۲۷۲
پایگاه‌های اطلاعاتی واکنش‌های مولکولی و شبیه‌سازها ۲۷۲
پایگاه‌های اطلاعاتی قیمت مواد شیمیایی ۲۷۳
نرم‌افزار تولید برگه جریان ۲۷۴
شبیه‌سازهای عملیات واحد ۲۷۶
طراحی سیستم لوله‌کشی ۲۸۰
جانمایی کارخانه ۲۸۰
ارزیابی اقتصادی ۲۸۰
انتخاب نرم‌افزار ۲۸۱
استفاده از نرم‌افزار ۲۸۳
رهنمودهای برآورد خواص فیزیکی ۲۸۳
رهنمودهای شبیه‌سازی فرآیند ۲۸۴
اجتناب از خطرات پنهان استفاده از نرم‌افزار ۲۸۸
رابط گرافیکی و سهولت کاربرد ۲۸۹
بسته‌های نرم‌افزاری خواص ترمودینامیکی ۲۹۰
واقع‌گرایی در شبیه‌سازی ۲۹۲
ارزیابی نتایج نرم‌افزار ۲۹۳

فصل ۶ تجزیه و تحلیل برآورد قیمت ۲۹۵
گردش وجوه نقد در فعالیت‌های صنعتی ۲۹۵
گردش وجوه نقد ۲۹۵
وضعیت تجمعی نقدینگی ۲۹۸
عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تولید ۳۰۰
منابع دستگاه ۳۰۰
نوسانات قیمت ۳۰۰
خط مشی شرکت ۳۰۰
زمان کارکرد و میزان تولید ۳۰۱
سیاست‌های دولت ۳۰۲
سرمایه‌گذاری ۳۰۳
سرمایه‌گذاری ثابت ۳۰۳
سرمایه‌گذاری عملیاتی ۳۰۴
برآورد هزینهٔ سرمایه‌گذاری ۳۰۴
انواع برآورد هزینهٔ سرمایه‌گذاری ۳۰۴
شاخص‌های هزینه ۳۰۸
اجزای هزینه در سرمایه‌گذاری ۳۱۲
تجهیزات خریداری شده ۳۱۴
برآورد قیمت دستگاه‌ها با استفاده از بزرگنمایی ۳۱۶
حمل و تحویل دستگاه خریداری‌شده ۳۱۹
نصب دستگاه خریداری‌شده ۳۱۹
ابزار دقیق و کنترل‌ها ۳۲۰
لوله‌کشی ۳۲۰
سیستم‌های الکتریکی ۳۲۱
ساختمان‌ها ۳۲۱
محوطه‌سازی ۳۲۲
امکانات خدماتی ۳۲۲
عوامل سلامتی، ایمنی و زیست‌محیطی ۳۲۳
زمین ۳۲۳
مهندسی و نظارت ۳۲۴
هزینه‌های قانونی ۳۲۵
هزینه‌های ساخت ۳۲۵
دستمزد پیمانکار ۳۲۵
هزینه‌های غیرمترقبه ۳۲۵
روش‌های برآورد سرمایه‌گذاری ۳۲۶
برآورد درآمد ۳۳۷
برآورد هزینهٔ کل محصول ۳۳۸
هزینه‌های تولید ۳۴۲

هزینه‌های متغیر تولید ۳۴۲
هزینه‌های اضافی کارخانه ۳۵۲
هزینه‌های عمومی ۳۵۲
سود ناخالص، سود خالص، و گردش وجوه نقد ۳۵۴
حوادث غیرمترقبه ۳۵۵
خلاصه ۳۵۵
فهرست علایم و اختصارات ۳۵۸
نماد یونانی ۳۵۹
مسائل ۳۶۰

فصل ۷ بهره، ارزش زمانی پول، مالیات، و هزینه‌های ثابت ۳۶۵
بهره ۳۶۶
بهرهٔ ساده ۳۶۶
بهرهٔ مرکب ۳۶۶
نرخ بهرهٔ اسمی و مؤثر ۳۶۸
بهرهٔ پیوسته ۳۷۰
هزینهٔ سرمایه ۳۷۳
تأثیرات مالیات بر درآمد ۳۷۴
شیوه‌های پرداخت وام ۳۷۵
ارزش زمانی پول ۳۷۹
الگوهای گردش وجوه نقد ۳۸۲
گردش وجوه نقد گسسته ۳۸۲
گردش وجوه نقد پیوسته ۳۸۵
ضرایب مرکب شدن و کاهش سود ۳۸۸
مالیات بر درآمد ۳۹۷
مالیات بر درآمد دولت مرکزی ۳۹۷
درآمد مشمول مالیات ۳۹۹
مالیات سود سرمایه ۴۰۰
ضرر و زیان ۴۰۰
سایر مالیات‌های دولت مرکزی ۴۰۱
مالیات‌های ایالتی ۴۰۱
مالیات‌های غیردرآمدی ۴۰۱
هزینه‌های ثابت ۴۰۲
استهلاک ۴۰۲
استهلاک و مالیات بر درآمد ۴۰۳
سرمایه‌های قابل استهلاک ۴۰۴
ارزش فعلی ۴۰۵
ارزش اسقاطی ۴۰۵
مدت زمان بازیابی ۴۰۶
روش‌های محاسبهٔ استهلاک ۴۰۷
بیمه ۴۱۰
خودبیمه‌گری ۴۱۳
فهرست علایم و اختصارات ۴۱۳
نماد یونانی ۴۱۴
مسائل ۴۱۴

فصل ۸ سودآوری، سرمایه‌گذاری‌های جانشین، و جایگزین‌ها ۴۱۹
استانداردهای سودآوری ۴۲۰
ارزش سرمایه ۴۲۱
حداقل نرخ بازگشت قابل قبول ۴۲۱
روش‌های محاسبهٔ سودآوری ۴۲۳
روش‌هایی که ارزش زمانی پول را در نظر نمی‌گیرند ۴۲۴
روش‌هایی که ارزش زمانی پول را در نظر می‌گیرند ۴۳۰
انتخاب یک روش سودآوری ۴۳۴
تأثیر تورم بر تحلیل سودآوری ۴۴۱
هزینه‌های راه‌اندازی ۴۴۷
استفاده از صفحهٔ گسترده در محاسبات
ارزیابی اقتصادی ۴۴۷
سرمایه‌گذاری‌های جانشین ۴۴۹
روش‌های جانشین به‌هنگام انجام سرمایه‌گذاری ۴۵۰
تحلیل اقتصادی افزایش اندک در سرمایه ۴۵۴

جایگزین‌ها ۴۵۷
روش‌های ارزیابی سودآوری برای جایگزین‌ها ۴۵۸
نمونهٔ متداولی از سیاست جایگزینی ۴۵۹
ارزش دفتری و مقادیر مستهلک نشده ۴۶۰
سرمایه‌گذاری‌هایی که مبنای مقایسهٔ جایگزینی واقع شده‌اند ۴۶۰
عوامل عملی در سرمایه‌گذاری جانشین و تحلیل جایگزینی ۴۶۲
فهرست علایم و اختصارات ۴۶۳
نماد یونانی ۴۶۴
مسائل ۴۶۴

فصل ۹ طراحی بهینه و استراتژی طراحی ۴۷۱
تعریف مسئلهٔ بهینه‌سازی ۴۷۳
انتخاب تابع هدف ۴۷۴
بهینه‌سازی ساختاری ۴۷۵
بهینه‌سازی پارامتری ۴۷۶
غربال و انتخاب متغیر ۴۷۷
بهینه‌سازی زیرمجموعه ۴۷۷
ملاحظات عملی و پیچیده ۴۷۸
مسائل بهینه‌سازی برنامه‌ریزی ۴۷۹
برنامه‌ریزی خطی ۴۸۱
تعمیم استراتژی برای برنامه‌ریزی خطی ۴۸۶
معادلات همزمان ۴۸۸
برنامه‌ریزی غیرخطی ۴۸۹
برنامه‌ریزی پویا ۴۹۵
روش‌شناسی حل بهینه‌سازی ۴۹۸
رویهٔ تک‌متغیری ۴۹۸
رویه با دو یا چند متغیر ۴۹۹
نمودار سر به‌سر برای بررسی تولید بهینه ۵۰۳
طراحی تجربی و بررسی شبیه‌سازی‌های فرآیند ۵۰۳
راه‌حل‌های الگوریتمی مسائل بهینه‌سازی ۵۰۵
کاربردهای بهینه‌سازی ۵۱۰
کاربرد بهینه‌سازی: عملیات دوره‌ای ۵۱۴
کاربرد بهینه‌سازی: پیداکردن قطر لوله از لحاظ اقتصادی ۵۲۰
کاربرد بهینه‌سازی: شدت جریان آب خنک‌کننده ۵۲۷
کاربرد بهینه‌سازی: نسبت جریان برگشتی برج تقطیر ۵۳۰
کاربرد بهینه‌سازی: تحلیل فن‌آوری پینچ ۵۳۶
فهرست علایم و اختصارات ۵۵۸
نمادهای یونانی ۵۶۱
مسائل ۵۶۲

فصل ۱۰ انتخاب مواد و روش ساخت ۵۶۹
عوامل مؤثر در خوردگی ۵۶۹
جلوگیری از خوردگی ۵۷۲
خواص مواد ۵۷۴
آلیاژها و فلزات آهن ۵۷۴
آلیاژها و فلزات غیرآهنی ۵۸۳
غیرفلزات معدنی ۵۸۵
غیرفلزات آلی ۵۸۶
مواد مقاوم در برابر دماهای بالا و پایین ۵۹۰
مواد مورد استفاده در درزگیرها ۵۹۳
داده‌های جدول‌بندی شده برای انتخاب مواد و ساخت ۵۹۳
انتخاب مواد ۵۹۳
ملاحظات اقتصادی در انتخاب مواد ۶۰۵
ساخت تجهیزات ۶۰۷
روش‌های ساخت ۶۰۷
مسائل ۶۰۹

فصل ۱۱ گزارش‌های کتبی و شفاهی طراحی .. ۶۱۳
گزارش‌های کتبی ۶۱۴
تنظیم گزارش کتبی ۶۱۵
تهیهٔ گزارش ۶۱۸
ارایهٔ نتایج ۶۱۹
بررسی گزارش نهایی ۶۲۷
گزارش‌های شفاهی ۶۲۸
تنظیم و ارایهٔ یک گزارش شفاهی ۶۲۹
مسائل ۶۳۱

فصل ۱۲ طراحی و برآورد هزینهٔ تجهیزات انتقال مواد ۶۳۳
مفاهیم اصلی انتقال سیال ۶۳۳
سیال‌های نیوتنی ۶۳۴
سیالات غیرنیوتنی و بینگهام ۶۳۷
جریان خلأ ۶۳۸
افت حاصل از اصطکاک در خطوط لوله ۶۳۹
توان لازم برای انتقال مایعات و گازها ۶۳۹
لوله‌کشی در فرآیندهای انتقال سیال ۶۴۷
انتخاب جنس تجهیزات لوله‌کشی ۶۴۷
طراحی سیستم‌های لوله‌کشی ۶۵۰
هزینهٔ لوله‌کشی و متعلقات سیستم لوله‌کشی ۶۵۳
پمپ‌کردن سیالات ۶۵۹
انتخاب پمپ‌ها ۶۵۹
رویهٔ طراحی پمپ‌ها ۶۷۰
قیمت انواع پمپ و موتور ۶۷۰
تراکم و انبساط سیالات ۶۷۵
انتخاب کمپرسورها ۶۷۶
انتخاب فن و دمنده ۶۷۹
انتخاب تجهیزات سیستم خلأ ۶۸۰
انتخاب توربین، انبساط‌دهنده و سایر وسایل مولد نیروی محرکه ۶۸۱
رویهٔ طراحی کمپرسورها ۶۸۵
رویهٔ طراحی توربین‌ها و انبساط‌دهنده‌ها ۶۸۷
قیمت انواع کمپرسور، فن، دمنده و انبساط‌دهنده ۶۹۰
هم‌زدن و مخلوط کردن سیالات ۶۹۵
انتخاب انواع همزن و مخلوط‌کن ۶۹۶
رویه‌های طراحی همزن و مخلوط‌کن ۷۰۰
قیمت انواع همزن و مخلوط‌کن ۷۰۶
اندازه‌گیری جریان سیالات ۷۱۱
ذخیره‌سازی و نگهداری سیالات ۷۱۵
رویهٔ طراحی مخازن تحت فشار ۷۱۵
قیمت تانک، مخازن تحت فشار، و تجهیزات ذخیره‌سازی ۷۱۹
حمل جامدات ۷۲۵
انتخاب تجهیزات حمل جامدات ۷۲۵
رویه‌های کلی طراحی تجهیزات انتقال جامدات ۷۳۰
قیمت تجهیزات مربوط به‌انتقال جامدات ۷۳۸
حمل جامدات ۷۴۲
انتخاب تجهیزات حمل جامدات ۷۴۲
رویه‌های عمومی طراحی تجهیزات حمل جامدات ۷۴۷
قیمت تجهیزات حمل جامدات ۷۵۰
فهرست علایم و اختصارات ۷۵۵
نمادهای یونانی ۷۵۸
مسائل ۷۵۸

فصل ۱۳ طراحی و برآورد هزینهٔ رآکتور ۷۶۱
مبانی رآکتور ۷۶۳
انواع رآکتور ۷۶۵
سرعت فضایی و زمان فضایی ۷۶۷
رآکتورهای ناپیوسته ۷۶۷
رآکتورهای جریان قالبی لوله‌ای ۷۶۸

رآکتور دارای جریان برگشتی ۷۶۹
غیرایده‌آلی در رآکتورها ۷۷۰
بررسی غیرایده‌آلی رآکتور ۷۷۱
توزیع زمان اقامت ۷۷۱
ارتقای رآکتور غیرایده‌آل با ترکیبی از رآکتورهای ایده‌آل ۷۷۲
رآکتورهای با جریان برگشتی ۷۷۴
معادلات سرعت واکنش‌های شیمیایی ۷۷۸
انواع واکنش‌ها ۷۷۹
واکنش و عملکرد رآکتور ۷۸۸
واکنش‌های موازی ۷۸۸
واکنش‌های سری ۷۸۹
سیستم‌های رآکتورهای چندگانهٔ منفرد ۷۸۹
رآکتور و کاتالیست ۷۹۲
انتخاب کاتالیست ۷۹۲
انواع رآکتورها ۷۹۳
انتخاب رآکتورها ۷۹۸
طراحی سیستم‌های رآکتور ۷۹۹
رویهٔ طراحی رآکتور ۸۰۵
نرم‌افزار ۸۰۵
قیمت تجهیزات رآکتوری ۸۰۶
خلاصه ۸۱۵
علایم و اختصارات ۸۱۶
نمادهای یونانی ۸۱۸
مسائل ۸۱۹

فصل ۱۴ طراحی و هزینهٔ تجهیزات انتقال حرارت ۸۲۷
مبانی نظری انتقال حرارت در مبدل‌ها ۸۲۹
شرایط انتقال حرارت حالت پایا ۸۲۹
سایر روش‌های طراحی مبدل حرارتی ۸۳۹
تعیین ضرایب انتقال حرارت ۸۴۴
ضرایب فیلمی برای سیالاتی که از داخل لوله عبور می‌کنند (بدون تغییر فاز) ۸۴۵
ضرایب فیلمی برای سیالاتی که بیرون لوله‌ها جریان دارند (بدون تغییر فاز) ۸۴۷
ضرایب فیلمی و ضرایب کلی حالت‌های مختلف انتقال حرارت ۸۵۰
تعیین افت فشار در مبدل‌های حرارتی ۸۵۳
افت فشار در لوله ۸۵۴
افت فشار در پوسته ۸۵۵
انتخاب نوع مبدل حرارتی ۸۵۹
انواع عمدهٔ مبدل‌های موجود ۸۶۰
انتخاب اولیهٔ انواع مبدل حرارتی ۸۶۹
قیمت مبدل‌های حرارتی ۸۷۴
طراحی انواع اصلی مبدل حرارتی ۸۹۰
مبدل‌های دولوله‌ای منفرد و چندتایی ۸۹۲
مبدل‌های پوسته و لوله ۹۰۰
مبدل‌های صفحه‌ای ۹۲۶
مبدل‌های فشرده ۹۳۱
مبدل‌های خنک‌شونده با هوا ۹۳۶
چگالنده‌ها ۹۳۸
تبخیرکننده‌ها ۹۴۱
طراحی بهینهٔ مبدل‌های حرارتی ۹۴۳
مورد عمومی ۹۴۳
روش‌های کلی طراحی مبدل‌های حرارتی ۹۵۰
فهرست علایم و اختصارات ۹۵۱
نمادهای یونانی ۹۵۶
مسائل ۹۵۷

فصل ۱۵ برآورد هزینه و طراحی تجهیزات جداسازی ۹۶۳
انتخاب فرآیندهای جداسازی مناسب ۹۶۴
رهنمودهایی برای انتخاب فرآیند جداسازی ۹۶۷
طراحی و برآورد هزینهٔ تجهیزات جداسازی

مخلوط‌های همگن ۹۸۲
جداسازی با تقطیر ۹۸۳
رویهٔ طراحی ستون‌های تقطیر... ۹۸۳
رویهٔ طراحی ستون‌های تقطیر حاوی آکنه‌های
با ساختار نامعین ۱۰۰۱
رویه‌های طراحی ستون‌های حاوی آکنه‌های
با ساختار معین ۱۰۰۵
ارزیابی تجهیزات تقطیر ۱۰۰۶
روش‌های طراحی دقیق تقطیر
چندجزیی ۱۰۰۷
رویه‌های طراحی برای سایر فرآیندهای
تقطیر ۱۰۰۸
هزینهٔ تجهیزات ستون‌های سینی‌دار و پُرشده
(آکنه‌دار) ۱۰۱۲
جداسازی به‌کمک جذب و عریان‌سازی ۱۰۱۷
رویه‌های طراحی ستون‌های سینی‌داری که
محلول‌های رقیق حاوی جسم حل‌شونده را جدا
می‌کنند ۱۰۱۹
رویهٔ طراحی ستون‌های پُرشده که محلول‌های
رقیق را جدا می‌کنند ۱۰۲۴
رویه‌های طراحی ستون‌های پُرشده که
محلول‌های تغلیظ شده را جدا می‌کنند .. ۱۰۲۵
جداسازی به‌کمک استخراج ۱۰۲۵
انتخاب تجهیزات استخراج مایع/مایع.... ۱۰۲۶
رویه‌های طراحی استخراج مایع/مایع.... ۱۰۲۸
قیمت تجهیزات استخراج مایع/مایع ۱۰۳۸
جداسازی با غشا ۱۰۳۸
انتخاب نوع غشا ۱۰۳۹
مفاهیم عمومی طراحی فرآیند جداسازی
با غشا ۱۰۴۰
رویه‌های کلی طراحی فرآیندهای جداسازی
با غشا ۱۰۴۶
دامنهٔ قیمت غشاها ۱۰۵۱
جداسازی با جذب سطحی ۱۰۵۱
انتخاب جاذب در فرآیند جداسازی با
جذب سطحی ۱۰۵۲
چرخه‌های جذب سطحی ۱۰۵۴
انتخاب چرخهٔ جذب مناسب ۱۰۵۷
مفاهیم اصلی طراحی فرآیندهای جداسازی
با جذب سطحی ۱۰۵۸
قیمت تجهیزات جذب سطحی ۱۰۶۷
طراحی و برآورد هزینهٔ تجهیزات جداسازی
مخلوط‌های ناهمگن ۱۰۶۸
جداسازی به‌کمک خشک‌کردن ۱۰۶۹
انتخاب تجهیزات برای خشک کردن
جامدات ۱۰۷۰
رویه‌های عمومی برای طراحی
خشک‌کن‌ها ۱۰۷۴
قیمت خشک‌کن‌های متداول ۱۰۷۸
جداسازی با فیلتر ۱۰۸۴
انتخاب تجهیزات فیلترکردن ۱۰۸۴
رویه‌های عمومی طراحی فیلترها ۱۰۸۹
هزینهٔ فیلترکردن و سایر تجهیزات
جداسازی جامدات ۱۱۰۱
فهرست علایم و اختصارات ۱۱۰۷
نمادهای یونانی ۱۱۱۲
مسائل ۱۱۱۳

پیوست الف دستگاه بین‌المللی واحدها

(SI) ۱۱۱۹
واحدهای اصلی SI که کل دستگاه براساس آنها
بنا شده است ۱۱۲۰
واحدهای مکمل ۱۱۲۱
واحدهای مشتق‌شده از واحدهای اصلی و
مکمل ۱۱۲۱

پیوست ب داده‌های قیمت تجهیزات جانبی، تأسیسات، و ابزار دقیق ۱۱۳۷

پیوست ج مسائل طراحی ۱۱۴۷

مسائل کلان ۱۱۴۹

مسائل خُرد ۱۱۵۵

مسائل جلسات عملی ۱۱۶۵

شرایط عملیاتی ۱۱۸۵

پیشنهادات ۱۱۸۷

موازنهٔ جرم ۱۱۸۸

موازنهٔ جرم ئیدروژن ۱۱۸۹

موازنهٔ جرم در ورودی رآکتور (برای غلظت دو غالب) بر مبنای 2000 lb ذغال ۱۱۸۹

در خروجی رآکتور: ۱۱۹۰

موازنهٔ جرم گاز در ورودی و خروجی رآکتور، مبنا ـ 2000 lb ذغال ۱۱۹۰

موازنهٔ جرم گاز در خروجی رآکتور، مبنا 2000 lb ذغال ۱۱۹۱

اطلاعات فرآیندی ۱۲۰۸

اطلاعات اقتصادی ۱۲۰۸

پیوست د جدول‌های خواص فیزیکی و ثابت‌ها ۱۲۱۱

پیوست ه یافته‌های تجربی در طراحی تجهیزات فرآیندی ۱۲۳۵

کمپرسور، فن، و دمنده ۱۲۳۵

برج‌های خنک‌کننده ۱۲۳۶

تقطیر و جذب گاز ۱۲۳۶

منابع ایجاد نیرو و تجهیزات بازیابی توان ۱۲۳۷

خشک کردن جامدات ۱۲۳۸

تبخیرکننده‌ها ۱۲۳۹

استخراج (مایع ـ مایع) ۱۲۳۹

فیلتر کردن ۱۲۴۰

مبدل‌های حرارتی ۱۲۴۰

عایق‌کاری ۱۲۴۱

مخلوط کردن و هم‌زدن ۱۲۴۲

پمپ‌ها ۱۲۴۲

رآکتورها ۱۲۴۳

مخازن (ظروف استوانه‌ای) ۱۲۴۴

مخازن (تحت فشار) ۱۲۴۴

مخازن (تانک‌های ذخیره) ۱۲۴۵

پیوست ونرم‌افزارهای طراحی ۱۲۴۷

فهرست راهنما ۱۲۵۱

فصل

۱

مقدمه

در این عصر جدید رقابت درون ـ کشوری و بین‌المللی، مهندس شیمی موفق به‌چیزی بیش از آگاهی و درک عمیق از علوم پایه و مفاهیم مهندسی مرتبط با آنها در زمینهٔ موازنهٔ جرم و انرژی، ترمودینامیک، سینتیک واکنش‌ها، انتقال حرارت، انتقال جرم و تکنولوژی رایانه‌ای نیاز دارد. چنین مهندسی باید توانایی به کارگیری دانش خود را در موقعیت‌های عملی برای ایجاد و توسعه فرآیندها و محصولات جدید یا اصلاح‌شده‌ای داشته باشد که برای جامعه مفیدند. البته برای رسیدن به‌این مقصود، مهندس شیمی باید پیامدهای اقتصادی، زیست محیطی و اخلاقی همراه با چنین توسعه‌ای را به‌خوبی بشناسد و مطابق با آنها عمل کند.

مهندس شیمی برای طراحی فرآیندهای شیمیایی یا بیوشیمیایی جدید و توسعه یا بازنگری فرآیندهای موجود لازم است که اصول و تئوری‌های مهندسی را همراه با درک عملی از محدودیت‌های ناشی از نگرانی‌های زیست‌محیطی، ایمنی و سلامتی به کار گیرد. ایجاد یک کارخانه یا فرآیند جدید از مرحلهٔ ارزیابی مفهومی تا رسیدن به‌مرحلهٔ سوددهی واقعی، اغلب کار بسیار مشکل و پیچیده‌ای است. باید به‌یاد داشته باشید که به‌خاطر تنوع و گستردگی مسائل طراحی فرآیند، راه‌حل‌های سودآور بسیاری دارند که ممکن است هیچ‌کدام آنها بهینه نباشند ولی محدودیت‌های طراحی را که در بالا به‌آنها اشاره شد، برآورده می‌کنند.

طراحی کارخانه از دیدگاه مهندسی شیمی

همان‌طور که گفته شد، اصطلاح عمومی طراحی کارخانه به‌مفهومی که در این کتاب به کار می‌رود، تمام ابعاد مهندسی موجود در ایجاد، توسعه یا اصلاح یک فرآیند تجاری شیمیایی یا بیوشیمیایی را دربر می‌گیرد.

مهندس شیمی در این راستا می‌بایست برآورد اقتصادی فرآیندهای جدید، طراحی قطعات تجهیزات مربوط به‌فرآیند پیشنهادی و تهیهٔ نقشهٔ جانمایی تجهیزات فرآیندی را هماهنگ با کل فرآیند انجام دهد. چون مهندس شیمی بیشتر کارهای مربوط به‌طراحی را انجام می‌دهد در اینجا غالباً از او به‌عنوان مهندس طراح[1] یاد می‌شود. از طرف دیگر، مهندس شیمی متخصص در ابعاد اقتصادی طرح را معمولاً مهندس محاسب هزینه[2] (هزینه‌یاب) می‌نامند. در بیشتر موارد، اصطلاح مهندسی فرآیند در ارتباط با برآورد اقتصادی و تحلیل کلی اقتصادی فرآیندهای تجاری به کار می‌رود، در صورتی که طراحی فرآیند به‌کار عملی طراحی تجهیزات و تأسیسات لازم برای تولید محصولات و خدمات مورد نظر اطلاق می‌شود.

به‌طور مشابه، برخی از مهندسان مفهوم طراحی کارخانه را به‌مواردی که در ارتباط مستقیم با یک کارخانهٔ کامل است محدود می‌کنند؛ از جملهٔ این موارد می‌توان به‌جانمایی تجهیزات، تسهیلات خدمات عمومی و موقعیت مکانی کارخانه اشاره کرد.

هدف این کتاب ارایهٔ ابعاد مهم طراحی کارخانه در ارتباط با پروژهٔ کلی طراحی است. با آنکه یک نفر به‌تنهایی نمی‌تواند در تمام مراحل و زمینه‌های طراحی کارخانه متخصص باشد، لازم است که با مسائل و روش‌های عمومی مربوط به‌هر مرحله از کار آشنا باشد. یک مهندس فرآیند ممکن است با طراحی تفصیلی تجهیزات مستقیماً در ارتباط نباشد، و طراح دستگاه نیز ممکن است نقش ناچیزی در تصمیم‌گیری مدیریت دربارهٔ کفایت بازده سرمایه‌گذاری برای توجیه ساخت کارخانه یا فرآیند پیشنهادی داشته باشد. ولی در هر صورت، برای آنکه کل پروژهٔ طراحی با موفقیت انجام شود، باید بین گروه‌های مختلف مهندسان که در قسمت‌های مختلف پروژه کار می‌کنند همکاری نزدیکی وجود داشته باشد. مؤثرترین کار گروهی و هماهنگی در تلاش‌ها هنگامی به‌دست می‌آید که هر یک از مهندسان شاغل در گروه‌های تخصصی از کارکردهای متعدد در کل پروژهٔ طراحی آگاه باشند.

ملاحظات عمومی در طراحی کلی[3]

طراحی کلی یک پروژه ملاحظات طراحی مختلف بسیاری دارد. در نظر نگرفتن این ملاحظات در طراحی کلی یک پروژه، در بسیاری از موارد، می‌تواند وضعیت اقتصادی کل آن را چنان تغییر دهد که پروژه را غیرسودآور کند.

برخی از عواملی که در ایجاد یک فرآیند یا کارخانهٔ کامل باید به‌آنها توجه ویژه‌ای داشت، عبارتند از جنبه‌های مختلف حفاظت زیست محیطی، و نیز ایمنی و سلامتی شخصی کارکنان کارخانه و عموم

1- Design Engineer 2- Cost Engineer 3- Overall Design

مردم. از جمله عوامل دیگری که در سودآوری طراحی یک فرآیند مؤثرند، می‌توان به‌محل استقرار کارخانه، جانمایی تجهیزات، عملیات بهره‌برداری از کارخانه و کنترل آن، نیازمندی‌های رفاهی، طراحی سازه، انبار و ساختمان‌ها، حمل مواد و امور ثبت اختراعات[1] اشاره کرد. به‌دلیل اهمیت ملاحظات عمومی یادشده در طراحی کلی، در فصل ۲ در مورد آنها بحث شده است.

تکوین طراحی فرآیند

تکوین طراحی فرآیند که در فصل ۳ به‌آن می‌پردازیم مراحل مختلفی دارد. مسلماً اولین مرحله شکل‌گیری ایدهٔ اساسی برای طراحی است. این ایده می‌تواند از بخش فروش در نتیجهٔ تقاضای مشتری یا از بررسی یک محصول رقابتی منشأ بگیرد؛ یا آنکه ممکن است خود به‌خود توسط فردی ارایه شود که با اهداف و نیازهای شرکتی خاص آشنایی دارد. در عین حال، ممکن است نتیجهٔ مستقیم یا غیرمستقیم برنامهٔ منظم تحقیقاتی شرکت باشد. بخش عملیاتی یک شرکت ممکن است محصول شیمیایی جدید یا اصلاح‌شده‌ای را تولید کند که معمولاً حد واسط محصول نهایی مورد نظر است. بخش مهندسی شرکت می‌تواند برای تولید محصولات جدید فرآیندی جدید ارایه دهد یا فرآیندهای موجود را اصلاح کند. در تمام این موارد، اگر بررسی‌های اولیه نشان دهند که این ایده امکان ارتقا به‌پروژه‌ای ارزشمند را دارد، برنامهٔ تحقیق و بررسی مقدماتی در مورد این پروژه آغاز خواهد شد. در این مرحله تحقیق کلی در مورد امکان‌پذیری تحقق یک فرآیند موفق با بررسی شرایط فیزیکی و شیمیایی و جنبه‌های اقتصادی آن فرآیند انجام می‌گیرد. مرحلهٔ بعد تحقیق در مورد فرآیند است که بازاریابی مقدماتی، انجام آزمایش‌های مختلف در آزمایشگاه و تولید نمونه‌های اولیه از محصول نهایی را شامل می‌شود. هنگامی که توانمندی‌های بالقوه فرآیند از نظر تحقق اهداف اقتصادی شرکت مورد تأیید قرار گرفت، به‌مرحلهٔ توسعهٔ پروژه می‌رسیم. در این مرحله می‌توان یک واحد پیشاهنگ نیمه‌صنعتی[2] یا یک شبه **کارخانهٔ تجاری**[3] ساخت. کارخانهٔ نیمه صنعتی نمونهٔ کوچکی از کارخانهٔ نهایی است؛ در صورتی که شبه **کارخانهٔ تجاری** معمولاً از قطعات مستعمل تجهیزات موجود ساخته می‌شود و نیازی نیست که دقیقاً شبیه به کارخانهٔ اصلی باشد.

داده‌های طراحی و سایر اطلاعات فرآیندی در طی مرحلهٔ توسعه[4] به‌دست می‌آیند. این اطلاعات مبنایی برای انجام مرحلهٔ بعدی پروژه طراحی هستند. تحلیل کامل بازاریابی انجام می‌گیرد و نمونه‌هایی از محصول نهایی را برای مشتریان مورد نظر می‌فرستند تا مطلوبیت کالا و بازار فروش بالقوهٔ آن مشخص شود. بعد از این هزینهٔ سرمایه برای فرآیند پیشنهادی تخمین زده می‌شود. بازده احتمالی

1- Patents
2- Pilot plant
3- Commertial development plant
4- Development stage

سرمایه گذاری لازم تعیین می‌گردد و تحلیل کاملی از سود و هزینه فرآیند انجام می‌پذیرد.

معمولاً قبل از آنکه طراحی نهایی فرآیند آغاز شود، مدیر شرکت دربارهٔ منطقی بودن تعهد به‌سرمایه گذاری در پروژهٔ مورد نظر تصمیم می‌گیرد. در اینجاست که اهمیت ویژهٔ طرح مقدماتی مهندسان همراه با گزارش‌های مکتوب و شفاهی ارایه شده آشکار می‌شود؛ زیرا موارد یادشده مبنای اولیهٔ تصمیم‌گیری مدیریت برای تخصیص بودجهٔ بیشتر برای پروژه است. هنگامی که مدیر پروژه تصمیم قطعی به‌ادامهٔ کار و تخصیص بودجهٔ کافی برای پروژه گرفت، آن بخش از مهندسی را که درگیر ادامهٔ کار روی پروژه می‌شود مهندسی سرمایه گذاری‌شده[1] می‌گویند، در صورتی که آن بخش از پروژه را که پیشتر در مرحلهٔ تکوین پروژه انجام شده است، مهندسی هزینه‌شده[2] می‌نامند. این تقسیم‌بندی مراحل به‌منظور مقاصد مالیاتی است تا هزینه‌های مهندسی سرمایه گذاری شده، در طی یک دورهٔ چند ساله مستهلک شود. در صورتی که دورنمای اقتصادی پروژه همچنان مناسب باشد، می‌توان مرحلهٔ نهایی طراحی فرآیند را آغاز کرد. تمامی جزییات طراحی، از جمله کنترل‌ها، خدمات، جانمایی لوله کشی، مظنهٔ قطعی قیمت‌ها، طرح‌ها و مشخصات تک‌تک قطعات دستگاه‌ها و همهٔ دیگر اطلاعات طراحی که برای ساخت کارخانه در عمل لازم هستند، در این مرحله به‌دست می‌آیند. با تهیهٔ نقشه‌ها، تعیین محل استقرار دستگاه‌ها و سایر اطلاعات لازم برای ساخت واقعی کارخانه، طراحی کار ساختمانی تکمیل می‌شود. مرحلهٔ نهایی تهیهٔ تجهیزات، ساخت کارخانه، راه‌اندازی کارخانه، اصلاحات کلی در عملیات و ایجاد روش‌های استاندارد عملیاتی برای تحقق بهترین نتایج ممکن را شامل می‌شود.

یک پروژهٔ طراحی به‌روالی منطقی و سازماندهی شده پیش می‌رود، و با گذار از هر مرحله به‌مرحلهٔ بعدی نیاز به‌صرف وقت، تلاش و هزینهٔ بیشتری دارد. بنابراین، توقف در پایان هر مرحله و تحلیل دقیق وضعیت موجود، پیش از شروع مرحلهٔ بعدی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بسیاری از پروژه‌ها در همان مراحل مقدماتی یا در پی تکمیل پژوهش در مورد ایدهٔ اصلی پروژه متوقف می‌شوند. مهندسی که روی پروژه کار می‌کند، باید در طی مراحل مختلف یک پروژهٔ طراحی گرایشی عملی و واقع‌بینانه را حفظ کند و منافع و اشتیاق شخصی را هنگام تصمیم‌گیری دربارهٔ مطلوب بودن ادامهٔ کار بر روی پروژه اِعمال نکند. به‌خاطر داشته باشید که کار یک مهندس در تمامی مراحل یک پروژه طراحی، در نهایت به‌یک پیشنهاد سرمایه گذاری در آن فرآیند ختم می‌شود. اگر سرمایه گذاری در فرآیند، بازده محسوس نداشته باشد، پیشنهاد بی‌ارزش است. بنابراین، یک مهندس باید توانایی حذف موارد بی‌فایده را قبل از رسیدن به‌مرحلهٔ نهایی پیشنهاد داشته باشد.

مراحل طراحی که در بالا به‌آنها اشاره شد به‌طور خلاصه در جدول ۱ ـ ۱ آمده است. توجه داشته

1- Capitalized engineering 2- Expensed engineering

جدول ۱ـ۱ مراحل معمول در طراحی فرآیندهای شیمیایی و بیوشیمیایی

۱. تشخیص نیازهای مهندسی یا اجتماعی
الف) اقدام به‌بازاریابی محصولات جدید
۲. ایجاد یک یا چند راه‌حل بالقوه برای تحقق این نیازها
الف) جستجو در متون و پژوهش در زمینهٔ اختراعات ثبت‌شده
ب) مشخص کردن اطلاعات مقدماتی لازم
۳. سنتز مقدماتی فرآیند راه‌حل‌های بالقوه
الف) تعیین شرایط عملیاتی ممکن برای واکنش‌ها و فرآیندهای جداسازی
ب) تشخیص نگرانی‌های ایمنی، سلامتی و زیست محیطی
۴. ارزیابی سوددهی فرآیند یا فرآیندهای مقدماتی (که در صورت منفی بودن آن فرآیند رد شده و فرآیند گزینهٔ جدیدی جایگزین آن می‌شود)
۵. اصلاح اطلاعات لازم برای طراحی
الف) تهیهٔ دانسته‌های مربوط به‌خواص مواد با استفاده از نرم‌افزار مناسب
ب) تحقیق تجربی مجهول‌های کلیدی و مهم فرآیند در صورت لزوم
۶. آماده‌سازی جزییات طراحی مهندسی
الف) ایجاد مورد طراحی به‌عنوان نمونهٔ مبنا (در صورتی که مقایسهٔ اقتصادی لازم باشد)
ب) تهیهٔ برگهٔ جریان فرآیند
ج) یکپارچه‌سازی و بهینه‌سازی فرآیند
د) بررسی کنترل‌پذیری فرآیند
ه) تعیین اندازهٔ تجهیزات و ابزار
و) برآورد هزینهٔ سرمایه
۷. ارزیابی مجدد عملی بودن فرآیند از بُعد اقتصادی (در صورت منفی بودن نتیجهٔ این ارزیابی باید فرآیند اصلاح شود یا گزینه‌های فرآیندی دیگری مورد بررسی قرار گیرند)
۸. بازنگری مجدد فرآیند از نظر ایمنی، زیست محیطی و آثار زیان‌آور آن برای سلامتی
۹. تهیهٔ گزارش مکتوب از طراحی فرآیند
۱۰. تکمیل طرح مهندسی نهایی
الف) تعیین جانمایی و مشخصات تجهیزات
ب) تهیهٔ نمودارهای ابزار دقیق و لوله‌کشی
ج) آماده کردن مناقصه‌ها برای تجهیزات فرآیندی یا کارخانه
۱۱. تهیهٔ تجهیزات (در صورتی که کار به‌صورت درون‌سازمانی انجام می‌شود)
۱۲. کمک کردن (در صورت نیاز) در مرحلهٔ ساخت
۱۳. کمک به‌راه‌اندازی و فعالیت‌های استقراری
۱۴. شروع تولید

باشید که در یک پروژه، بخصوص در پروژه‌های طراحی کوچک و ساده، نیازی به‌تمامی این مراحل نیست. حتی ترتیب این مراحل می‌تواند با نظر گروه طراحی به‌شکل جدیدی تغییر پیدا کند.

برای مثال، ممکن است برای رعایت قوانین زیست محیطی سخت‌گیرانه‌تر لازم شود از یک کمپرسور با عایق‌بندی کامل که اتلاف بخار در آن به‌طور قابل توجهی کم می‌باشد همراه با امور نگهداری مناسب، به‌جای کمپرسور موجود در واحد فعلی استفاده کنیم. در این حالت باید در طراحی، یک سیستم نظارت (پایش) در نظر گرفته شود که به‌طور خودکار افزایش مواد گسیلنده از کمپرسور و تجهیزات جانبی آن را نشان می‌دهد.

ایجاد یک فرآیند پیچیده که در آن تکنولوژی جدید اما تجربه‌نشده‌ای به‌کار می‌رود، احتمالاً به‌تعداد مرحلهٔ بیشتری، علاوه‌بر مراحل فهرست شده در جدول ۱ ـ ۱ نیاز دارد. در کنار تهیهٔ مبنایی برای مقایسهٔ اقتصادی ممکن است انجام آزمون در واحد نیمه‌صنعتی، به‌منظور بررسی امکان‌پذیری استفاده از یک خوراک جدید، یک کاتالیزور جدید یا انواع مختلف غشا[1] لازم باشد. ممکن است برای ارزیابی کنترل‌پذیری کل کارخانه[2] یا یک روّیه راه‌اندازی مطمئن، شبیه‌سازی دینامیک لازم باشد. اگر بسته به‌وضعیت‌های مختلف مراحل طراحی اضافی لازم باشد می‌توان آنها را در جای مناسب خود به‌جدول وارد کرد.

جدول ۱ ـ ۱ نشان می‌دهد که صرف‌نظر از ساده یا پیچیده بودن طراحی یک فرآیند تولیدی شیمیایی یا بیوشیمیایی، طراحی فرآیند انواع بسیاری از مهارت‌ها را می‌طلبد که از جمله عبارتند از تحقیق، تحلیل بازار، شبیه‌سازی رایانه‌ای، برنامه‌نویسی نرم‌افزاری، طراحی تجهیزات، برآورد هزینه، تحلیل سودآوری و ارتباطات فنی. در واقع مهارت‌های یک مهندس شیمی به‌عنوان یک مهندس طراح در تمام مراحل طراحی به‌عنوان خلاق اصلی طراحی یا مشاور اصلی ضروری است.

تهیهٔ برگهٔ جریان مواد

هنگامی که ضرورت تولید یک مادهٔ شیمیایی تشخیص داده شد، مهندس شیمی یک یا چند راه‌حل برای تحقق آن نیاز ایجاد می‌کند و در صورت امکان با خورندها و مواد واسط مختلف محصولات مشابهی را به‌دست آورد. به‌طور کلی، چون این راه‌حل‌ها نیاز به‌مراحل فرآیندی متفاوت و شرایط عملیاتی خاص خود دارند، مهندس شیمی باید برای هر یک از آنها برگهٔ جریان مواد یا نقشهٔ راه مجزایی تهیه کند. سنتز مقدماتی فرآیند برای هر راه‌حل با تهیهٔ برگهٔ جریان مواد که شامل واکنش، جداسازی و تغییر دما و فشار عملیاتی و انتخاب تجهیزات فرآیندی در مرحلهٔ یکپارچه‌سازی است، شروع می‌شوند.

1- Membrane

2- Plantwide

تنها برگه‌های جریان موادی که سود ناخالص مطلوبی ارایه می‌دهند نگه داشته می‌شوند و بقیهٔ برگه‌ها رد می‌شوند. بنابراین از کار در مورد هر فرآیندی که هزینهٔ مواد اولیه (خوراندی) آن از قیمت محصولات اصلی و محصولات جانبی حاصل بیشتر می‌شود اجتناب می‌کنند. این مراحل به‌تفصیل در فصل ۴ مطرح می‌شوند؛ در آن فصل تهیهٔ برگه‌های جریان مواد قدیمی با به کارگیری رهنمودهای تجربه یافتی و نیز برگه‌های جریان جدید براساس روش‌های الگوریتمی آمده است.

مهندس طراح برای ارزیابی بهترین برگه‌های جریان مواد، طرح‌های نمونه مبنا[1] را برای هر یک از گزینه‌ها ایجاد می‌کند. به‌این منظور برگهٔ جریان تفصیلی همراه با فهرستی از موازنهٔ انرژی و مواد در حالت پایا[2] و اقلام مهم تجهیزات تهیه می‌شود. موازنهٔ انرژی و مواد عموماً با استفاده از یک شبیه‌ساز رایانه‌ای فرآیند صورت می‌پذیرد. برای بهبود طراحی واحدهای فرآیندی و دستیابی به‌یکپارچگی کارآمد فرآیند از طریق به کارگیری جداسازی، جلوگیری از اتلاف انرژی و حرارت و تحلیل قانون دوم باید تلاش کرد.

نتایج به‌دست آمده از روش‌های الگوریتمی این امکان را به‌مهندس طراح می‌دهند که نمونه مبنا را با سایر گزینه‌های امیدبخش مقایسه کند و در اغلب موارد برگه‌های جریان موادی را که باید برحسب طرح مبنا یا به‌جای آن تدوین شود، مشخص می‌کند.

بعد از آنکه برگهٔ جریان تفصیلی فرآیند تکمیل شد، با استفاده از ترکیب‌بندی کیفی ساختار کنترلی کل برگهٔ جریان، کنترل‌پذیری فرآیند مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. معیارهایی وجود دارد که می‌توان قبل از تعیین اندازهٔ نهایی تجهیزات فرآیندی از آن معیارها برای ارزیابی سهولت کنترل فرآیند و میزان انعطاف طراحی نسبت به‌اغتشاش‌های[3] فرآیندی ممکن استفاده کرد.

با افزودن سیستم‌های کنترلی به‌فرآیند، می‌توان شبیه‌سازی دینامیک را برای تأیید پیش‌بینی‌ها انجام داد.

طراحی باکامپیوتر

نرم‌افزار و سخت‌افزارهای محاسباتی در طراحی کارخانه و فرآیند به‌ابزارهای ضروری تبدیل شده‌اند. محاسبات سریع، حجم زیاد ذخیره‌سازی و تصمیم‌گیری‌های منطقی که به‌وسیلهٔ رایانه انجام می‌شود، به‌علاوه نرم‌افزارهای فنی و محاسباتی موجود، به‌مهندسان طراحی امکان می‌دهد که تأثیر متغیرهای مختلف طراحی را بر فرآیند یا کارخانه با سرعتی بسیار بیشتر از زمانی انجام دهند که محاسبات طراحی به‌صورت دستی انجام می‌گرفت (بنابراین نیروی مهندسین طراح به‌جای حل مسئله بر بررسی و درک

1- Base-case designs 2- Steady state 3- Disturbances

عمیق و اجرای راه‌حل‌های جایگزین برای رسیدن به‌هدف متمرکز می‌شود. در فصل ۵ مقدمهٔ کوتاهی در مورد نرم‌افزارهای رایانه‌ای مورد استفاده در طراحی کارخانه و فرآیند، و نیز روش‌های طراحی که در آنها مزیت قابلیت‌های رایانه و نرم‌افزارهای مناسب به کار گرفته می‌شود، آمده است.

شبیه‌سازهای فرآیند به‌خاطر داشتن بانک‌های اطلاعاتی وسیع در مورد همبستگی‌ها بین خواص ماده سازندهٔ خالص و ویژگی فیزیکی به‌ازای مخلوط‌های ایده‌آل و غیرایده‌آل غالباً برای ایجاد پایگاه اطلاعاتی (داده‌ها) مفید هستند. در صورتی که این اطلاعات موجود نباشند، برنامه‌های شبیه‌سازی می‌توانند خط بهترین تناسب را برای داده‌های آزمونی به‌دست آمده در آزمایشگاه و یا در واحد نیمه‌صنعتی، به‌ازای برازندگی تجربی یا نظری نقاط منحنی بسازند. همچنین، شبیه‌سازهای رایانه‌ای فرآیند می‌توانند ابزار مناسبی برای انجام محاسبات موازنه‌های مواد و انرژی باشند.

نرم‌افزار برگ ـ گسترده ابزار دیگری است که به‌خاطر قابلیت کاربرد با کامپیوترهای شخصی، سهولت استفاده و سازگاری با انواع بسیاری از مسائل طراحی، همهٔ مهندسین شیمی آن را به کار می‌برند. این نرم‌افزار به‌ویژه برای محاسبات موازنهٔ مواد و انرژی، تخمین اندازه تجهیزات، برآورد هزینه و تحلیل مراحل اقتصادی طراحی یک فرآیند، کاربرد دارد. این نرم‌افزار برای طراحی تفصیلی تجهیزات چندان مناسب نیست؛ چرا که وارد کردن الگوریتم‌های پیچیده که معمولاً برای حل اینگونه مسائل لازم است در این نرم‌افزار مشکل است.

برآورد هزینه

به‌محض تکمیل مرحلهٔ نهایی طراحی فرآیند، به‌دلیل به‌دست آمدن مشخصات تفصیلی تجهیزات و مشخص شدن اطلاعات مربوط به‌تسهیلات کارخانه می‌توان به‌برآورد دقیق هزینه اقدام کرد. می‌توان قیمت تجهیزات را، براساس مشخصات تفصیلی آنها از فروشندگان مختلف گرفت، اما همان‌طور که اشاره شد، در هر پروژه طراحی باید هزینه‌ها را پیش از رسیدن به‌مراحل نهایی مورد توجه قرار داد، و در تمامی مراحل اولیه طراحی حتی در زمانی که مشخصات کامل در دست نیست، باید برآوردهای هزینه را انجام داد. ارزیابی هزینه‌ها در مراحل مقدماتی طراحی را برآورد هزینه پیش از طراحی می‌نامند. این برآورد هزینه‌ها می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری مدیریت شرکت به‌منظور سرمایه گذاری بیشتر در پروژه باشد.

مهندس شیمی (یا مهندس هزینه‌یاب) باید مطمئن شود که هنگام تحلیل هزینه‌ها تمام عوامل ممکن را در نظر گرفته است. هزینه‌های ثابت، هزینه‌های مستقیم تولید برای خرید مواد اولیه، هزینهٔ نیروی کار، هزینه‌های نگهداری، هزینهٔ برق مصرفی و هزینه‌های خدمات رفاهی را به‌همراه هزینه‌های

کارخانه و هزینه‌های بالاسری اداری، هزینهٔ توزیع محصولات نهایی و سایر اقلام متفرقهٔ هزینه را باید مدنظر قرار داد.

در فصل ۶ بسیاری از شیوه‌های خاص برآورد هزینهٔ پیش از طراحی ارایه شده است. شاخص‌های مواد و نیروی کار، نسبت‌های هزینهٔ استاندارد[1]، و ضرایب تکثیر خاص نمونه‌هایی از اطلاعات مورد استفاده در برآورد هزینه‌ها هستند. تنها پس از آنکه کارخانه تکمیل شده شروع به کار کرد، می‌توان در مورد درستی برآورد هزینه‌ها اظهارنظر کرد. ولی اگر مهندس طراح با روش‌های مختلف برآورد هزینه و دقت آنها به‌خوبی آشنا باشد، می‌تواند قبل از آنکه طراحی فرآیند نهایی شود و مشخصات کامل آن به‌دست آید، هزینه‌ها را با دقت قابل قبولی برآورد کند.

تحلیل سوددهی سرمایه‌گذاری‌ها

از جمله وظایف اصلی مدیران شرکت‌های شیمیایی یا بیوشیمیایی به‌حداکثر رساندن سود درازمدت مالکین یا سهام‌داران شرکت است. سرمایه گذاری بر روی دارایی‌های ثابت شرکت مسائلی مثل بهرهٔ پیوسته[2]، بیمه[3]، مالیات[4]، استهلاک[5]، هزینه‌های تولید و ... را در پی خواهد داشت و آزادی عمل شرکت را برای فعالیت‌های بعدی کاهش می‌دهد. بنابراین در تصمیم‌گیری برای سرمایه گذاری باید دقت کافی داشت. در فصل‌های ۶ و ۷ رهنمودهایی در مورد چگونگی سرمایه گذاری ارایه شده است.

پول یا هر سرمایهٔ دیگر قابل تبدیل به‌وجه نقد، ارزش زمانی دارد. وقتی یک شرکت تولیدی اقدام به‌سرمایه گذاری پولی می‌کند، انتظار دارد که بازگشت سرمایه‌ای متناسب با طول مدت سرمایه گذاری داشته باشد. معمولاً مبلغ برگشتی مورد نظر بستگی به‌میزان ریسک (مخاطره) مفروض دارد که از قبل پیش‌بینی شده است. ریسک پروژه‌هایی که برآورد هزینهٔ آنها از نظر موارد دیگر در طراحی کلی کارخانه یکسان به‌نظر می‌رسد، ممکن است با یکدیگر تفاوت داشته باشد. میزان ریسک فرآیند به کار گرفته شده به‌اینکه آیا به‌خوبی شناخته شده است یا کاملاً جدید؛ و نیز به‌اینکه محصول تولید شده کالایی موجود در بازار است یا محصولی کاملاً جدید؛ و همچنین به‌پیش‌بینی فروش، اینکه کل فروش در خارج از شرکت انجام می‌گیرد یا بخش عمدهٔ آن در داخل شرکت به‌مصرف می‌رسد و ... ، بستگی دارد. از آنجا که ارتباط سطوح مختلف ریسک با پیش‌بینی قابلیت سوددهی کاملاً شناخته شده نیست، رایج‌ترین روش در نظر گرفتن ریسک، افزایش حداقل نرخ بازده[6] قابل قبول در پروژه‌های با ریسک زیاد است.

1- Standard cost ratios
2- Continuing interest
3- Insurance
4- Taxes
5- Depreciation
6- Rate of return

ارزش زمانی پول را با استفاده از روابط بهرهٔ مرکب[1] در سیستم‌های برآورد سرمایه گذاری وارد می‌کنند. دلار در زمان‌های مختلف به‌خاطر کاهش یا افزایش نرخ از قبل تعیین‌شدهٔ بهرهٔ مرکب ارزش‌های متفاوتی دارد. می‌توان در هر زمان، به‌ازای هر مقدار بهره‌ای که برای پول در نظر گرفته می‌شود ارزش زمانی آن را به‌دست آورد. با گذشت زمان، مقدار پولی که می‌توان سرمایه گذاری کرد، با نرخ بهرهٔ مشخص افزایش می‌یابد. اگر بخواهیم سرمایه گذاری در آینده انجام گیرد، ارزش فعلی آن سرمایه را می‌توان با تنزیل از زمان آتی مورد نظر تا به‌حال برحسب نرخ بهره‌ای فرضی محاسبه کرد.

مخارج انواع مختلف مالیات و بیمه می‌تواند بر موقعیت اقتصادی هر فرآیندهای صنعتی تأثیر محسوس و ملموس بگذارد. از آنجا که مالیات‌های مختلف بخش اعظم درآمد خالص[2] یک شرکت را تشکیل می‌دهد لازم است که مهندس شیمی از اصول مالیات‌بندی آگاهی کافی داشته باشد. برای مثال، مالیات بر درآمد[3] متفاوتی به‌پروژه‌ها با نسبت سرمایه گذاری‌های ثابت و در گردش متفاوت تعلق می‌گیرد. بنابراین سوددهی باید بر مبنای درآمدِ پس از کسر مالیات محاسبه شود. اما هزینه‌های بیمه معمولاً تنها بخش کوچکی از کل هزینهٔ عملیاتی یک شرکت صنعتی را تشکیل می‌دهد. البته برای آنکه هر عملیاتی بر مبنای اقتصادی سالمی انجام شود، لازم است که بیمه مورد نیاز برای تأمین پوشش کافی در مقابل حوادث غیرقابل پیش‌بینی صورت پذیرد.

از آنجا که ارزش تمام دارایی‌های[4] فیزیکی یک واحد تجاری با گذشت زمان کاهش می‌یابد، معمول است که مخارج دوره‌ای[5] را نسبت به‌درآمدها در نظر بگیرند، به‌طوری که بتوان هزینهٔ نخستین تسهیلات را در طول عمر خدماتی مورد انتظار آن تسهیلات توزیع کرد. این هزینه استهلاک که به‌طور مفصل در فصل ۷ بررسی شده است، برخلاف سایر هزینه‌ها نیاز به‌پرداخت وجه جاری ندارد. بنابراین در یک دورهٔ مشخص حسابرسی، برای یک بنگاه، علاوه بر سود خالص، وجوه دیگری برای پرداخت هزینهٔ استهلاک وجود دارد. این وجه برگشت سرمایه[6] است که با آن در واقع بخشی از هزینهٔ اولیه دارایی‌های فیزیکی به‌سیستم مالی برمی‌گردد.

با استفاده از قوانین حاکم بر مالیات بر درآمد می‌توان این دارایی‌ها را به‌یکی از دو روش استهلاک سریع[7] و خط مستقیم[8] بازیابی کرد. به‌خاطر تأثیر زمان‌بندی بر جریان نقدینگی[9]، انتخاب روش استهلاک تأثیر قابل توجهی بر سوددهی دارد. با توجه به‌نسبت دارایی‌های قابل استهلاک به‌دارایی‌های غیرقابل

1- Compound interest
2- Net earning
3- Income taxes
4- Assets
5- Periodic charges
6- Capital recovery
7- Accelerated depreciation
8- Straight-line
9- Cash flow timing

استهلاک موجود، دو پروژه که قبل از پرداخت مالیات هم‌ارز یا هم‌رتبه به‌نظر می‌رسند، ممکن است بعد از در نظر گرفتن مالیات‌ها کاملاً با یکدیگر متفاوت شوند. هر چند به‌این ترتیب، هزینه‌های نقدی و مقادیر فروش دو پروژه می‌تواند یکسان باشد، درآمد خالص گزارش شدهٔ آنها برای تعیین مالیات می‌تواند متفاوت بوده و یکی از آنها سود خالصی بیش از دیگری داشته باشد.

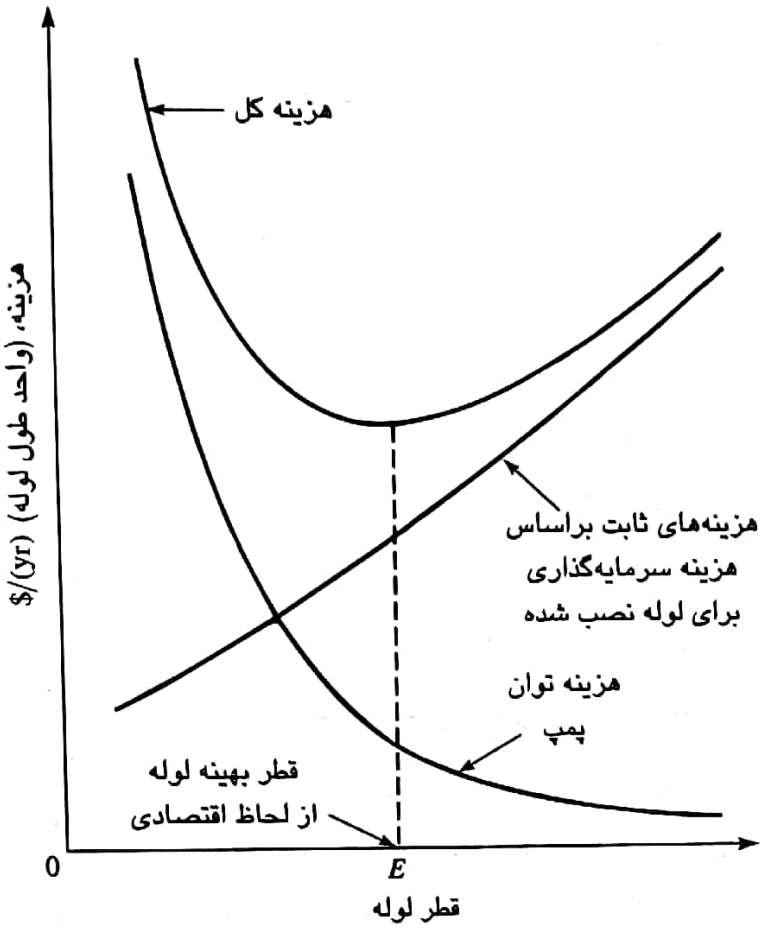
طراحی بهینه

تقریباً هر فرآیند یا عملیاتی که یک مهندس شیمی با آن روبرو می‌شود، چندین راه انجام گزینه دارد. به‌عنوان مثال فرمالدئید را می‌توان با ئیدروژن‌زدایی کاتالیزوری متانول، یا با اکسیداسیون کنترل‌شده گاز طبیعی، و یا با استفاده از واکنش مستقیم CO و H_2 تحت شرایط ویژه کاتالیستی و دما و فشار تولید کرد. هر یک از این فرآیندها گزینه‌های متعددی از نظر متغیرهایی مانند ترکیب مخلوط گازی، دما، فشار و انتخاب کاتالیست دارند. در این وضعیت، وظیفهٔ مهندس شیمی انتخاب بهترین فرآیند و مشارکت در طراحی دستگاه‌ها و روش‌هایی است که منجر به‌بهترین نتایج شود. به‌همین منظور در فصل ۹ جنبه‌های مختلف بهینه‌سازی طراحی یک کارخانه از دید مهندس شیمی مورد بررسی قرار گرفته و همچنین شرحی از استراتژی‌های طراحی آمده است که با استفاده از آنها می‌توان از مؤثرترین راه به‌نتایج مطلوب رسید.

طراحی بهینه از نظر اقتصادی. اگر برای رسیدن به‌نتایج نهایی هم‌ارز، دو یا چند روش وجود داشته باشد، روش برتر روشی است که کمترین هزینهٔ کل را داشته باشد. این نکته اساس طراحی بهینهٔ اقتصادی است. از جمله مثال‌های نمونه در طراحی بهینهٔ اقتصادی تعیین قطر لوله برای جابه‌جا کردن مقدار معینی سیال از نقطه‌ای به‌نقطهٔ دیگر توسط پمپ است. در این مورد می‌توانیم با تعداد نامحدودی لوله با قطرهای مختلف نتایج یکسانی به‌دست آوریم. (یعنی مقدار معینی سیال را بین دو نقطه پمپ کنیم). اما موازنهٔ اقتصادی نشان می‌دهد که در عمل لوله‌ای با قطری خاص کمترین هزینهٔ کل را دارد. هزینهٔ کل شامل هزینهٔ پمپ کردن مایع و هزینهٔ سیستم لوله کشی نصب شده (هزینهٔ ثابت) است.

شکل ۱ ـ ۱ مفهوم قطر بهینهٔ لوله را از نظر اقتصادی به‌صورت نموداری نشان می‌دهد. در این شکل دیده می‌شود که با کاهش قطر لوله هزینهٔ پمپ کردن به‌دلیل افزایش تأثیر اصطکاک، افزایش می‌یابد، و در عین حال هزینهٔ لوله کشی (هزینهٔ ثابت[1]) با کاهش قطر لوله به‌دلیل کاهش هزینهٔ سرمایه گذاری لوله کشی کم می‌شود. قطر بهینه از لحاظ اقتصادی در جایی از نمودار قرار می‌گیرد که

1- Fixed charges



شکل ۱ ـ ۱

قطر بهینهٔ اقتصادی لوله به‌ازای میزان ثابت عبور سیال.

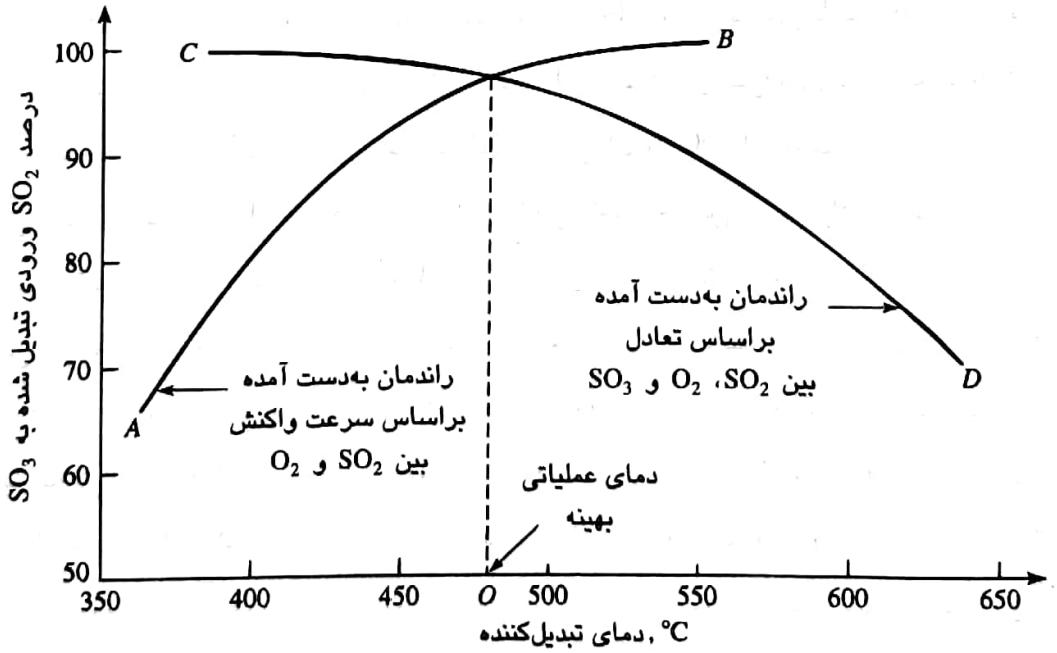
مجموع هزینهٔ پمپ کردن مایع و هزینه‌های ثابت لوله کشی حداقل شود، زیرا این نقطه معرف کمترین هزینهٔ کلی است. نقطهٔ E در شکل ۱ ـ ۱ این نقطه را نشان می‌دهد.

مهندس شیمی اغلب طراحی نهایی را براساس وضعیتی انتخاب می‌کند که کمترین هزینهٔ کل را دارد. البته در بیشتر موارد طراحی‌های گزینه نتایج یا محصولات نهایی کاملاً یکسان تولید نمی‌کنند. بنابراین لازم است که مرغوبیت محصول یا کیفیت عملیات به‌موازات هزینهٔ کل مورد توجه قرار گیرد. معمولاً منظور مهندس از طراحی بهینهٔ اقتصادی، انتخاب طرح دارای کمترین هزینه از میان تعدادی طرح هم‌ارز است. در فصل‌های ۱۲ تا ۱۵ اطلاعات و داده‌های مربوط به‌هزینه، برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب طرح‌های مختلف آمده است.

در کار طراحی ممکن است با بسیاری از خواسته‌ها برای یک طرح اقتصادی بهینه مواجه شد. برای مثال ممکن است در یک طراحی حداکثر سود در واحد زمان یا حداقل هزینهٔ کل به‌ازای یک واحد از محصول مطلوب باشد.

طراحی بهینه عملیاتی. در بسیاری از فرآیندها برای رسیدن به‌مطلوب‌ترین نتایج، برقراری شرایط خاص دما، فشار، زمان برخورد و سایر متغیرها لازم است. اغلب بین این شرایط بهینه و ملاحظات مستقیم اقتصادی جدایی نسبی وجود دارد. در مواردی از این فصل، بهترین طراحی را طراحی بهینهٔ عملیاتی می‌نامند. البته یک مهندس شیمی باید به‌یاد داشته باشد که در نهایت ملاحظات اقتصادی در بیشتر تصمیم‌گیری‌های کمّی تعیین‌کننده هستند. بنابراین طراحی بهینهٔ عملیاتی نخستین گام در تکوین یک طراحی بهینهٔ اقتصادی است.

تعیین شرایط عملیاتی برای اکسیداسیون کاتالیزوری دی‌اکسید گوگرد و تبدیل آن به‌تری‌اکسید گوگرد، نمونه‌ای خوب از طراحی بهینهٔ عملیاتی است. فرض کنید تمام متغیرها مثل اندازهٔ ظرف واکنش، سرعت جریان گاز، فعالیت کاتالیزور و غلظت گاز ورودی ثابت باشند و تنها، دمای وقوع اکسیداسیون تغییر کند. اگر دما بسیار زیاد باشد، به‌دلیل انتقال تعادل بین SO_3 ، SO_2 و O_2 به سمت تولید SO_2 و O_2 انتقال می‌یابد، بازده[1] SO_3 کم خواهد شد از طرف دیگر، اگر دما بسیار پایین باشد، به‌دلیل کم‌بودن سرعت واکنش بین SO_2 و O_2 باز هم بازده مادهٔ مذکور کاهش خواهد یافت. بنابراین باید دمایی وجود داشته باشد که در آن مقدار تولید تری‌اکسید گوگرد به‌حداکثر برسد. در این دمای خاص طراحی از لحاظ عملیاتی بهینه خواهد شد. شکل ۱ ـ ۲ روشی نموداری را به‌منظور تعیین دمای عملیاتی بهینه برای ظرف واکنش



شکل ۱ ـ ۲

تعیین دمای بهینهٔ عملیاتی در ظرف واکنش دی‌اکسید گوگرد.

1 – Yield

دی‌اکسید گوگرد در مثال بالا نشان می‌دهد. خط AB بیانگر حداکثر بازدهٔ ممکن در عین کنترل سرعت واکنش است و خط CD حداکثر بازده را براساس کنترل شرایط تعادلی نشان می‌دهد. نقطهٔ 0 نشان‌دهندهٔ دمای بهینهٔ عملیاتی است که در آن حداکثر بازده به‌دست می‌آید.

مثالی که زدیم نمونهٔ ساده‌ای است از آن چیزی که یک مهندس شیمی در طراحی با آن مواجه می‌شود. در عمل لازم است که اندازه‌های مختلف ظرف واکنش را نیز مورد بررسی قرار داد و برای به‌دست آوردن شرایط طراحی بهینه هر یک از این ظروف را با مجموعه‌ای از دماهای مختلف مورد آزمایش قرار داد. در چنین شرایطی چند طراحی هم‌ارز ممکن است حاصل شود که تصمیم نهایی در مورد انتخاب یکی از این طرح‌ها براساس شرایط بهینهٔ اقتصادی صورت می‌گیرد.

ملاحظات عملی در طراحی

مهندس شیمی هرگز نباید محدودیت‌های عملی موجود در طراحی را فراموش کند. قطر دقیق لوله را می‌توان براساس طراحی بهینهٔ اقتصادی به‌دست آورد ولی این بدان مفهوم نیست که دقیقاً این اندازه را باید در طراحی نهایی به کار برد. فرض کنید که قطر بهینهٔ حاصل ۰/۰۸۷ متر باشد. تهیهٔ لوله‌ای با این قطر داخلی خاص از لحاظ عملی امکان‌پذیر نیست، و به‌جای آن، مهندس باید لوله‌ای با قطر استاندارد انتخاب کند که بتوان آن را به‌قیمت معمول بازار خریداری کرد. در این مورد لوله‌ای به‌اندازهٔ 3.5 in براساس استاندارد امریکایی پیشنهاد می‌شود که قطر داخلی آن 0.090 m است.

اگر مهندس طراح بسیار با وجدان و وظیفه‌شناس باشد، ممکن است برای تأمین برگشت کافی از هزینهٔ سرمایه گذاری با خود بگوید، «لوله با قطر استاندارد 3 in نیاز به‌سرمایهٔ کمتری دارد و احتمالاً فقط اندکی هزینهٔ کل را افزایش می‌دهد؛ بنابراین بهتر است قبل از گرفتن تصمیم نهایی، هزینهٔ دو لولهٔ 3 in و 3.5 in را با یکدیگر مقایسه کنم». این مهندس وظیفه‌شناس از لحاظ نظری درست فکر می‌کند. فرض کنید که کل هزینهٔ لولهٔ نصب شده با قطر 0.090 m برابر ۵۰۰۰ دلار و کل هزینهٔ لولهٔ نصب شده با قطر 0.078 m برابر با ۴۵۰۰ دلار باشد. اگر در صورت استفاده از لوله ۳/۵ in به‌جای لولهٔ ۳ in، سالیانه ۲۵ دلار در مصرف برق و هزینه‌های ثابت صرفه‌جویی شود، درصد برگشت سالیانهٔ سرمایه به‌خاطر ۵۰۰ دلار سرمایه گذاری بیشتر تنها ۵ درصد خواهد بود. از آنجا که سرمایه گذاری مبلغ ۵۰۰ دلار در کار دیگری می‌تواند درصد برگشتی بیش از ۵ درصد داشته باشد، واضح است که استفاده از لوله با قطر کوچکتر نسبت به‌لوله با قطر بیشتر دارای برتری است.

منطقی که در مثال قبل ارایه شد، کاملاً صحیح است. این مثالی نمونه‌وار از مقایسهٔ سرمایه گذاری است که هر مهندس شیمی باید آن را درک کند. اگرچه قطر بهینه از لحاظ اقتصادی 0.087 m می‌باشد، ولی مهندس اجرایی می‌داند که این قطر تنها یک عدد دقیق ریاضی است که می‌تواند با تغییر شرایط عملیاتی یا قیمت حتی هر ماه تغییر کند. بنابراین تنها انتظاری که می‌توان از این محاسبات خاص اقتصادی بهینه داشت، برآورد «خوبی» از بهترین قطر است و مقایسهٔ سرمایه گذاری ممکن است ضرورتی نداشته باشد.

مهندس اجرایی مشکلات فیزیکی موجود در عملیات و نگهداری تجهیزات طراحی را درک می‌کند. هنگام جانمایی تجهیزات کارخانه، شیرهای کنترل اصلی باید در محلی قرار بگیرند که متصدیان کنترل به‌راحتی به‌آنها دسترسی داشته باشند. کارکنان قسمت تعمیر و نگهداری باید فضای کافی برای باز کردن و تعمیر تجهیزات را داشته باشند. مهندس طراح باید بداند که اگر یک سیال رسوب‌گذار[1] به‌جای عبور از پوستهٔ یک مبدل حرارتی پوسته و لوله از داخل لوله‌ها عبور کند، عملیات تمیزکاری ساده‌تر انجام می‌شود. بدیهی است که در جانمایی کارخانه باید فضای کافی برای بیرون آوردن کلگی مبدل[2] نصب شده و تمیز کردن داخل لوله‌ها با فنر یا برس یا خارج کردن کل دستهٔ لوله‌ها[3] در مواقع لازم توسط کارگران بخش نگهداری وجود داشته باشد.

طراحی نظری یک واحد تقطیر ممکن است حاکی از آن باشد که خوراک از سینی مشخصی به‌برج وارد می‌شود. مهندسی که تجربهٔ عملی دارد، به‌جای آنکه تنها یک ورودی تغذیه برای سینی در نظر بگیرد، چندین ورودی در بالا و پایین سینی خوراک محاسبه‌شده تعبیه می‌کند چرا که شرایط عملیاتی برج در عمل می‌تواند تغییر کند و فرضیاتی که برای انجام محاسبات شده است امکان رسیدن به‌دقت قطعی را از بین ببرد.

مثال‌هایی که زدیم نوع مسائل عملی که مهندسین شیمی با آنها برخورد می‌کنند را نشان می‌دهند. در کار طراحی می‌بایست اصول اقتصادی و تئوریک (نظری) را با درک کاملی از مسائل عملی متداول که در هنگام تکمیل و به‌جریان افتادن یک واحد یا کارخانه اتفاق می‌افتد، تلفیق کرد.

روش طراحی

مهندس شیمی برای طراحی یک کارخانهٔ سودآور، امکانات بسیاری برای انتخاب دارد. هیچ چیز به‌اندازهٔ رایانه‌ها و نرم‌افزارهای موجود، اگر به‌درستی به کار گرفته شوند، در بهینه‌سازی طراحی به‌او کمک نمی‌کند. بسیاری از مسائلی که در طراحی یک فرآیند با آنها مواجه می‌شویم می‌توانند با رایانه‌ها

1- Scale-forming 2- Head of exchanger 3- Tube Bundle

به‌سرعت زیاد و با هزینه‌ای به‌مراتب کمتر از محاسبات دستی به‌طور کامل حل شود. عموماً با صرفه‌جویی در هزینهٔ سرمایه گذاری می‌توان افراط در طراحی و ضرایب ایمنی را کاهش داد. اما مهندس هرگز نباید فکر کند که کارخانه‌ها با رایانه‌ها طراحی می‌شوند. رایانه‌ها برای به‌دست آوردن داده‌های طراحی و نیز به‌عنوان مدل‌هایی برای بهینه‌سازی طراحی انجام شده استفاده می‌شوند. با به کارگیری رایانه‌ها می‌توان کارخانه‌های در حال بهره‌برداری را در شرایط عملیاتی مطلوب نگه داشت این کار قسمتی از طراحی و مکمل آن است که بعد از طراحی فرآیند انجام می‌گیرد.

در طراحی هر کارخانه باید بین تئوری، عمل، نوآوری و درک متعارف، توازن مناسب برقرار کرده در طراحی یک کار جدید، مهندس با بسیاری انواع متفاوت از داده‌های آزمایشگاهی و تجربی سر و کار دارد. مهندس می‌تواند مقادیر دقیق ظرفیت حرارتی، چگالی، داده‌های تعادل بخار ـ مایع یا سایر اطلاعات مربوط به‌خواص فیزیکی را از متون علمی به‌دست آورد. البته، در بیشتر موارد مقادیر دقیق خواص فیزیکی مورد نیاز در دسترس نیست، و مهندس مجبور است این مقادیر را به‌صورت تقریبی تخمین بزند. برای انجام محاسبات نظری طراحی باید تخمین‌های تقریبی زیادی زد. برای مثال، با وجود آنکه مهندس طراح می‌داند که قانون گاز ایده‌آل به‌صورت دقیق تنها برای گازهای ساده و در فشارهای پایین به کار می‌رود، اما از این قانون تا فشار 500 kPa در بیشتر محاسبات استفاده می‌کند. خطایی که به‌خاطر استفاده از قانون گاز ایده‌آل در فشار و دمای معمولی، در مورد گازهای معمول مثل هوا یا ئیدروکربن‌های ساده به‌وجود می‌آید، در مقابل دیگر عدم قطعیت‌هایی[1] که در محاسبات طراحی وجود دارد، قابل صرف‌نظر کردن است. مهندس ترجیح می‌دهد که به‌جای صرف وقت زیاد برای به‌دست‌آوردن ضرایب ویریال[2] یا سایر ضرایب تصحیح انحراف از حالت گاز ایده‌آل، این خطا را قبول کند.

مهندس طراح در برخورد با هر مسئلهٔ طراحی باید آمادهٔ ایجاد فرض‌های زیادی باشد. گاهی اینگونه فرض‌ها به‌خاطر در اختیار نبودن روش‌ها و مقادیر کاملاً دقیق صورت می‌پذیرد. در مواردی هم روش‌هایی با تقریب خوب به کار می‌رود، چرا که انجام عملیات دقیق به‌محاسبات طولانی و دشوار نیاز دارد که نتایج آن محاسبات دقت اندکی دارد. مهندس خوب لزوم استفاده از فرضیات مطمئن را تشخیص می‌دهد، اما این را هم می‌داند که رهیافت مبتنی بر فرض عدم قطعیت‌هایی را در نتایج نهایی به‌وجود می‌آورد. بنابراین از فرضیات فقط در صورت لزوم و هنگامی که منطقاً درست به‌نظر می‌رسند، و در عین حال بر طراحی کلی و نتایج اقتصادی حاصل از آن تأثیر نمی‌گذارند، استفاده می‌شود. عامل مهم دیگر در برخورد با هر مسئله طراحی، تشخیص محدودیت‌ها و شرایط اقتصادی است. مهندس باید در طول مدت کار پیوسته به‌هزینه‌ها و سودهای احتمالی توجه داشته باشد. تقریباً همیشه بهتر است به‌جای

1- Uncertainties 2- Virial coefficients

فروش مقادیر کم از محصول با سود زیاد، مقادیر زیادی محصول با سود کم فروخته شود. در نتیجه مهندس باید هنگام تعیین هزینه‌ها و سود کل به‌ازای انواع مختلف طراحی‌ها، قیمت تولید هر واحد از محصول را در نظر داشته باشد. بدیهی است برای انجام این محاسبات باید تقاضا و نیازهای مشتری را نیز مد نظر قرار داد. این عوامل ممکن است در طراحی کارخانه نقش چندانی نداشته باشند، ولی در دستیابی به‌موفقیت نهایی اهمیت بسیار دارند.

اخلاق مهندسی در طراحی

در هر فعالیت حرفه‌ای، مهندسان موظفند اصول رفتار اخلاقی حرفهٔ خود را در عالی‌ترین سطح آن صداقت،رعایت کنند†. اخلاق مهندسی به‌طور خاص با اعمال شخصی مهندسان در زمینهٔ ارتقا و پیشبرد شرافت و شخصیت در حرفهٔ مهندسی پیوند دارد. این رفتار تعهداتی را برای شخص مهندس نسبت به‌فرد استخدام شده و یا مشتری، همکاران دانشگاهی و شرکای کاری، عامهٔ مردم و محیط زیست به‌همراه دارد. هیچ کار طراحی نباید شروع شود، مگر آنکه مهندس مسئول کار طراحی به‌چنین سطحی از رفتار اخلاقی رسیده باشد.

مثال‌های خاص از این‌گونه تعهدات در آیین‌نامه‌های اخلاقی انجمن‌های مهندسی مختلف به‌تفصیل وجود دارد. آیین‌نامهٔ اخلاقی بنیاد مهندسان شیمی امریکا در ادامه می‌آید:

اعضای بنیاد مهندسان شیمی امریکا متعهد به‌حفظ و پیشبرد درستی، شرافت و شأن حرفهٔ مهندسی از طریق شریف و منصف بودن، و ارایهٔ خدمت صادقانه به‌صاحبکاران و مشتریان خود و نیز به‌عامهٔ مردم هستند، [و] می‌کوشند که بر شایستگی و اعتبار حرفهٔ مهندسی بیافزایند، و از دانش و مهارت خود برای اعتلای رفاه انسانی استفاده کنند. برای تحقق اهداف یاد شده، اعضای این بنیاد موارد زیر را رعایت می‌کنند:

۱. به‌ایمنی، سلامتی و رفاه عامهٔ مردم در اجرای وظایف حرفه‌ای خود ارجحیت بدهد.
۲. در صورتی که احساس می‌کند پیامدی در نتیجه وظایف او تأثیری نامطلوب بر سلامت و ایمنی فعلی یا آتی همکارانش یا عامهٔ مردم باقی می‌گذارد، به کارفرمایان یا مشتریان خود مشاوره بدهد (و در صورت لزوم مطلب را بیشتر «باز» کند).

---

† M.W.Martin and R. Schinzinger, *Ethics in Engineering*, 2d ed., McGraw-Hill, New York, 1989; C. F. Mascone, A. G. Santaquilana, and C. butcher, *Chem. Eng. Prog.*, 87: 61 (1991).

۳. مسئولیت اقدامات خود را بپذیرد، و نقش دیگران را در کار تشخیص بدهد؛ در پی مرور نقادانه بر کار آنها باشد، و نقدی هدفمند و عینی از کار دیگران ارایه دهد.
۴. صدور دستورالعمل‌ها و ارایه اطلاعات را به‌نحوی هدفمند و عینی و صادقانه انجام دهد.
۵. در مسائل و موارد حرفه‌ای برای هر کارفرما یا مشتری چون امین یا کارگزاری وفادار و متعهد عمل کند.
۶. با تمامی همکاران و هم‌پیشه‌های خود منصفانه رفتار کند، و نقش و توانایی‌های منحصر به‌فرد آنها را تشخیص بدهد.
۷. تنها در زمینه‌هایی که توانمندی آن را دارد، خدمات حرفه‌ای خود را ارایه می‌کند.
۸. اعتبار حرفه‌ای خود را براساس شایستگی خدمات خود بنا نهد.
۹. به‌توسعهٔ معرفت حرفه‌ای خود در طی انجام مشاغل خویش ادامه بدهد، و فرصت رشد حرفه‌ای را برای کسانی که زیر نظارت او کار می‌کنند، فراهم کند.

جامعهٔ ملی مهندسان حرفه‌ای (اجرایی) (NSPE) در سال ۱۹۴۷ آیین‌نامه اخلاقی مفصل‌تری را پذیرفت که در سال ۱۹۹۶ آن را به‌روز کرد. از طریق وب‌سایت این جامعه، به‌نشانی http://www.nspe.org می‌توان به‌آیین‌نامه یادشده دست یافت.

فصل

۶

تجزیه و تحلیل برآورد قیمت

طراحی موفق و مورد قبول باید به گونه‌ای باشد که بر مبنای آن محصول با صرفهٔ اقتصادی تولید شود. در ابتدا لازم است سرمایهٔ کافی برای ساخت تمام جنبه‌های مورد نیاز کارخانه تأمین گردد. از آنجا که سود خالص برابر است با کل درآمد منهای کل هزینه‌ها، مهندس شیمی باید نسبت به‌هزینه‌های مربوط به‌هر مرحله تولید آگاهی کامل داشته باشد. علاوه‌بر این، هزینه‌های مستقیم کارخانه مثل هزینهٔ مواد اولیه، کارگر، آب برق و بخار، و برای هزینه‌های غیرمستقیم مانند حقوق مدیران، هزینه‌های فروش و توزیع محصول نیازمند سرمایهٔ کافی می‌باشد. در این فصل سرمایه گذاری و هزینه‌های عملیاتی کارخانه به‌همراه گردش وجوه نقد[1] و سودهای خالص و ناخالص مرور خواهد شد.

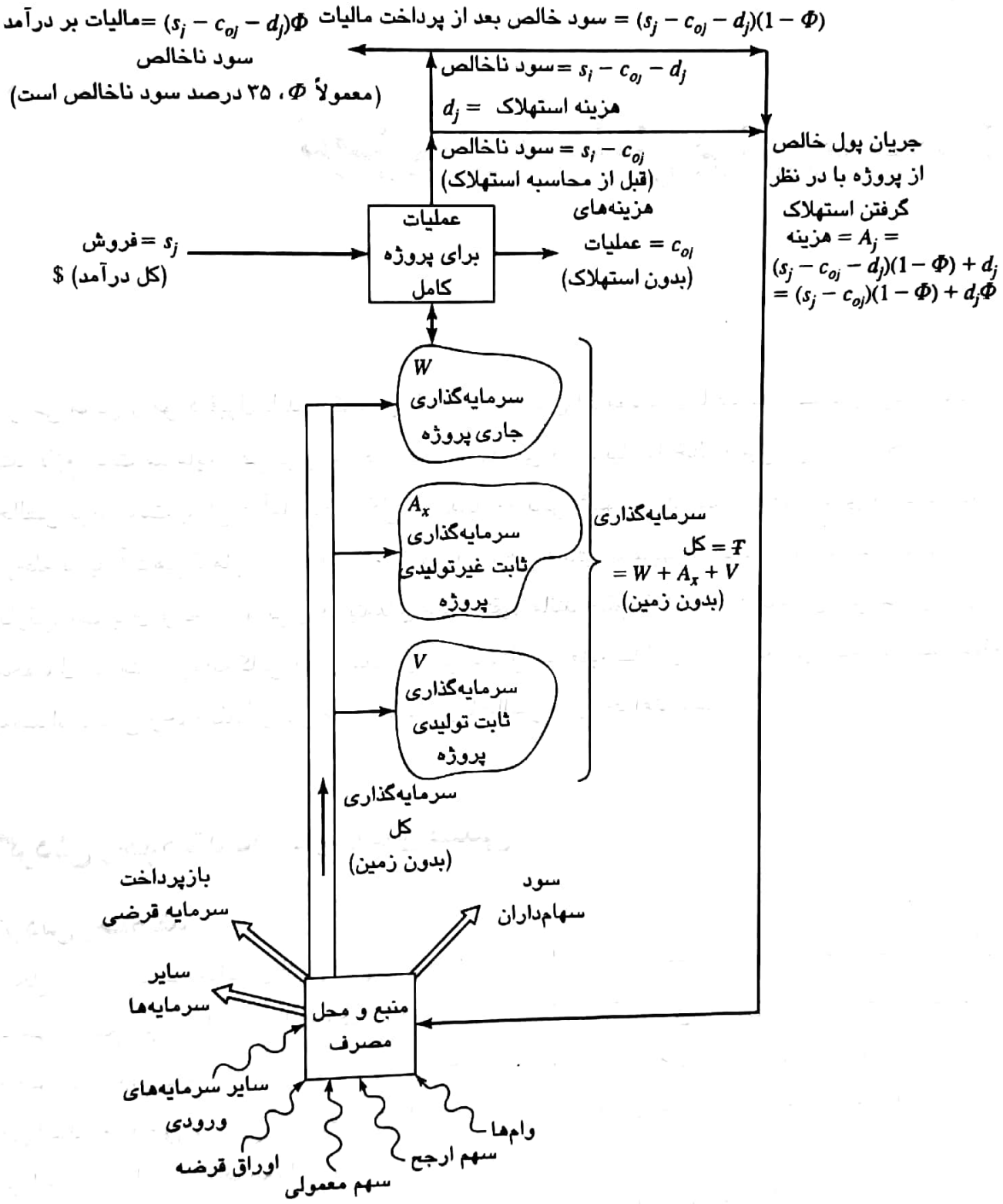
گردش وجوه نقد در فعالیت‌های صنعتی

گردش وجوه نقد

شکل ۶ ـ ۱ نمایش ساده‌ای از گردش سرمایه در یک فرآیند کلی صنعتی را نشان می‌دهد که در آن به‌عنوان منبع سرمایه از اعتبارات یک شرکت استفاده شده است. منابع تأمین سرمایه به‌طور معمول به‌صورت وام، سهام، اوراق قرضه، گردش وجوه نقد در فعالیت‌های پروژه‌ای، و سایر منابع مالی می‌باشند. خروجی از منابع سرمایه به‌شکل هزینهٔ سرمایه گذاری در پروژه‌ها، سود سهامداران، باز پرداخت وام‌ها و سایر هزینه‌هاست.

شکل ۶ ـ ۱ ورودی‌ها و خروجی‌های سرمایه را در یک عملیات صنعتی با استفاده از مراحل رشد یک درخت نشان می‌دهد، بدین‌ترتیب که تنهٔ درخت نشان‌دهندهٔ کل هزینهٔ سرمایه گذاری لازم برای

1- Cash flow



شکل ۶ـ۱

نمودار درختی نمایش گردش وجوه نقد در عملیات‌های صنعتی.

شروع عملیات، بدون در نظر گرفتن قیمت خرید زمین است. کل هزینهٔ سرمایه گذاری[1] شامل مجموع سرمایه گذاری ثابت[2] و هزینهٔ عملیاتی[3] کارخانه است که سرمایه گذاری ثابت نیز شامل هزینه‌های لازم برای تجهیزات جانبی، و تأسیسات غیرمرتبط با تولید می‌باشد. بخشی از سرمایه مثل هزینهٔ عملیاتی مربوط به‌راه‌اندازی اولیهٔ کارخانه به‌صورت یکجا هزینه می‌شود.

گردش وجوه نقد برای سرمایه گذاری ثابت معمولاً در سراسر زمان ساخت توزیع می‌شود. با توجه به‌اینکه ممکن است زمان تحقق درآمد فروش و هزینه‌های عملیاتی نامشخص باشد، برای رفع این نیازها باید یک منبع مالی به‌منظور پرداخت هزینه‌های عملیاتی موجود باشد.

کادر مستطیل شکل نزدیک به‌بالای شکل ۶ ـ ۱ فاز عملیاتی پروژهٔ تکمیل‌شده به‌همراه سرمایهٔ عملیاتی نگه داشته‌شده در یک سطح مناسب برای یک عملیات کارآمد را نشان می‌دهد. جریان وجوه نقد به‌صورت دلارهای حاصل از فروش، s_j ، وارد کادر عملیات می‌شود در حالی که هزینه‌های سالیانهٔ عملیات مثل مواد اولیه و نیروی کار بدون در نظر گرفتن استهلاک به‌صورت خروج سرمایه c_{oj} نشان داده شده است. این گردش وجوه نقد برای درآمدها و هزینه‌های عملیاتی را می‌توان به‌صورت پیوسته در نظر گرفت و در صورتی که با یک مبنای زمانی مثل دلار در روز یا دلار در سال در نظر گرفته شوند بیانگر میزان گردش می‌باشند. نماد زیرنویس j بیانگر اُمین دورهٔ زمانی است. همان‌طور که در فصل ۷ گفته شد از آنجا که هزینه‌های استهلاک در زمرهٔ هزینه‌های عارضی محسوب می‌گردد که از سرمایهٔ شرکت پرداخت می‌شوند به‌همین دلیل، این هزینه‌ها جزو هزینه‌های عملیاتی نیستند. تفاوت بین درآمد و هزینه‌های عملیاتی، s_j-c_{oj} برابر با سود ناخالص قبل از محاسبهٔ هزینهٔ استهلاک است و در شکل به‌صورت یک خط عمودی از کادر عملیاتی خارج شده است.

استهلاک به‌صورت یک هزینهٔ قبل از محاسبهٔ مالیات بر درآمد از سود ناخالص کسر می‌شود و سپس سود خالص به‌سهامداران گزارش می‌شود. در نتیجه، برداشت استهلاک به‌عنوان یک هزینه از سود، در بالای شکل ۶ ـ ۱ نشان داده شده است. هزینهٔ استهلاک d_j به‌سود ناخالص اضافه می‌شود تا کل گردش وجوه نقد برای بازگشت سرمایه به‌دست آید. به‌سود ناخالص به‌دست آمده $s_j-c_{oj}-d_j$ که استهلاک نیز در آن در نظر گرفته شده مالیات تعلق می‌گیرد. هزینهٔ مالیات بر درآمد در بالای نمودار نشان داده شده است که به‌میزان $(s_j-c_{oj}-d_j)\phi$ از سود کم می‌شود. ϕ در اینجا نرخ مالیات بر درآمد ثابت است که به‌صورت کسری از سود ناخالص سالانه در نظر گرفته می‌شود. باقیمانده پس از کسر مالیات بر درآمد یعنی $(s_j-c_{oj}-d_j)(1-\phi)$ سود خالص پس از کسر مالیات است که به‌منبع سرمایه برگشته است.

هنگامی که هزینهٔ استهلاک d_j به‌سود خالص اضافه می‌شود کل گردش وجوه نقد ایجادشده در

1- Total capital investment 2- Fixed-capital 3- Working capital

پروژه که به‌منبع سرمایه برگشت داده شده بر مبنای محاسبهٔ سالانه به‌صورت زیر است:

$$A_j = (s_j - c_{oj})(1-\phi) + d_j\phi \qquad (۶-۱)$$

در این رابطه، A_j گردش وجوه نقد از پروژه به‌مجموعه منابع سرمایه حاصل از کارکرد در سال zام برحسب دلار، s_j نرخ فروش در سال zام برحسب دلار، c_{oj} هزینهٔ عملیاتی (بدون در نظر گرفتن استهلاک) در سال zام برحسب دلار، d_j هزینه‌های استهلاک در سال zام به‌دلار، و ϕ نرخ کسری مالیات بر درآمد است. این گردش وجه در سرمایه گذاری جدید، پرداخت سود سهام و بازپرداخت وام‌ها و همچنین پرداخت حقوق‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و در شکل ۶ ـ ۱ به‌صورت شاخه‌هایی که از منبع سرمایه منشعب می‌شوند نشان داده شده است.

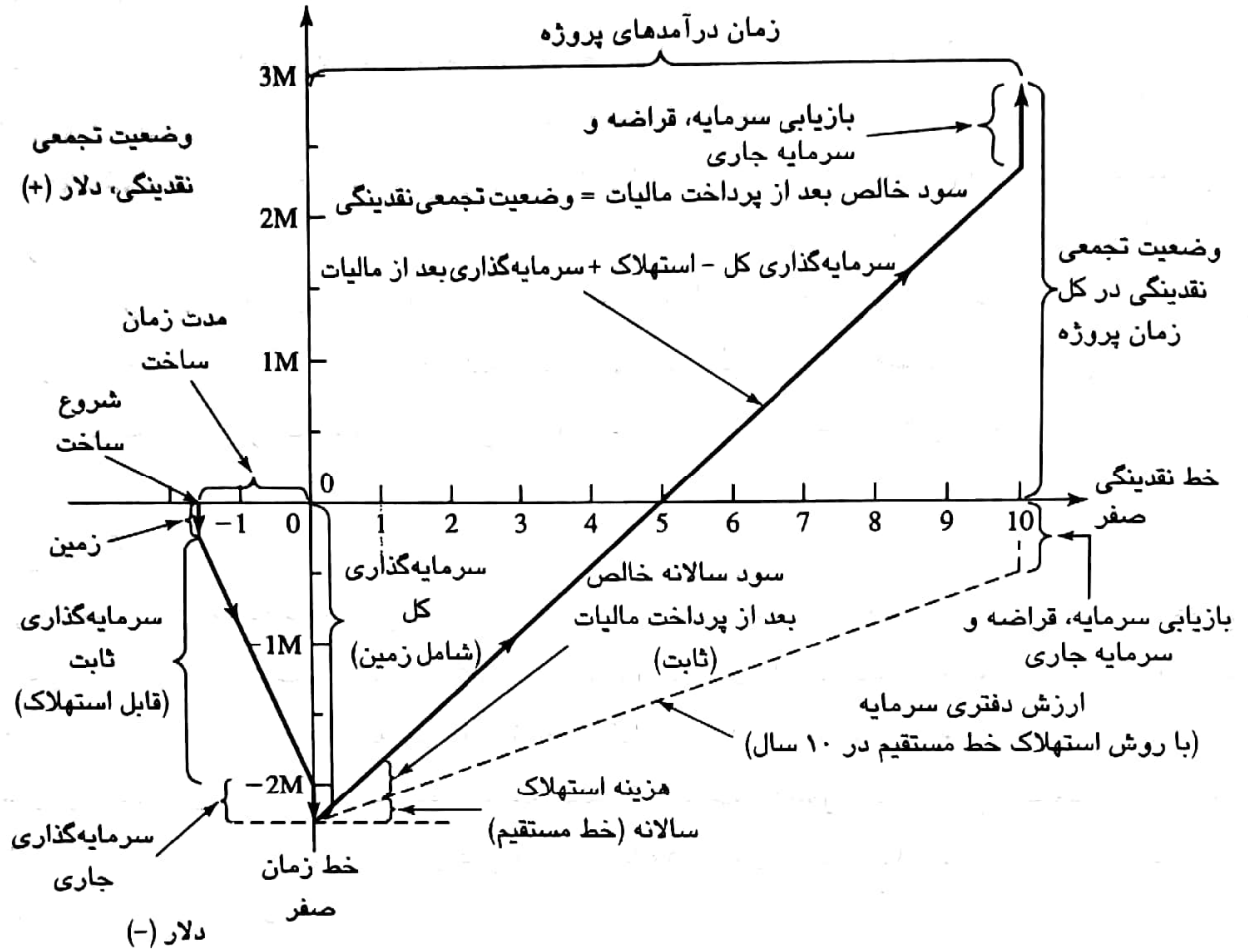
وضعیت تجمعی نقدینگی[1]

نمودار گردش وجوه نقد در شکل ۶ ـ ۱، نرخ گردش پول را با s_j ، c_{oj} و d_j بر مبنای افزایش زمان یکسان نشان می‌دهد. شکل ۶ ـ ۲ نیز مخصوص همان نوع گردش پول در یک فرآیند صنعتی است با این تفاوت که در آن موقعیت نقدینگی به‌صورت تجمعی در کل زمان پروژه نشان داده شده است. مقادیر عددی تنها برای درک بهتر مطلب است.

در شکل ۶ ـ ۲ هزینهٔ زمین به‌عنوان بخشی از کل سرمایه گذاری در نظر گرفته شده تا ترتیب کامل مراحل در کل زمان پروژه به‌روشنی نشان داده شود. نقطهٔ صفر روی محور زمان بیانگر نقطه‌ای است که کارخانه به‌طور کامل ساخته شده و عملیات راه‌اندازی شروع می‌شود. کل سرمایه گذاری انجام شده در نقطهٔ زمانی صفر شامل هزینهٔ زمین، سرمایه گذاری ثابت مرتبط با فعالیت‌های تولیدی و غیرتولیدی، و هزینه‌های عملیاتی است. وضعیت نقدینگی در این نقطه منفی و برابر با کل هزینهٔ سرمایه گذاری است. در شرایط ایده‌آل به‌محض آنکه زمان ثبت شد، درآمد حاصل از عملیات وارد سیستم می‌شود. جریان پول به‌خزانهٔ شرکت به‌صورت سود خالص بعد از محاسبهٔ مالیات و استهلاک شروع به‌تجمع کرده و به‌تدریج کل سرمایه گذاری انجام شده بر می‌گردد.

در این شکل از نقطهٔ زمانی صفر تا پایان عملیات، یک نرخ گردش پول ثابت فرض شده است، هر چند در شرایط واقعی نمی‌توان انتظار داشت که جریان پول ثابت باشد. برای شرایط نشان داده شده در شکل ۶ ـ ۲ بازپرداخت کل سرمایه گذاری طی ۵ سال انجام گرفته و وضعیت تجمع نقدینگی صفر است. بعد از آن زمان، تا پایان پروژه یعنی زمانی که کارخانه و عملیات پروژه متوقف می‌شود، سودها در سمت مثبت محور نمودار وضعیت تجمع نقدینگی انباشته می‌شوند. هنگام تعطیلی کارخانه، سرمایهٔ

1- Cumulative cash position



شکل ۶ ـ ۲

نمودار وضعیت تجمعی نقدینگی، و تأثیرات گردش پول را در کل زمان عملیات یک کارخانهٔ صنعتی نشان می‌دهد و ارزش زمانی پول را نادیده گرفته است.

عملیاتی و ارزش زمین بازیابی می‌شوند. سرمایهٔ عملیاتی با فروش مواد، ذخایر و تجهیزات بر می‌گردد. زمین ممکن است فروخته شود و یا به‌یک شرکت دیگر وا گذار شود. در ارزیابی‌ها فرض می‌شود که ارزش دلاری هزینه‌های عملیاتی و هزینهٔ زمین در ابتدا و پایان پروژه یکی است. بنابراین وضعیت تجمع نقدینگی نهایی در طول ۱۰ سال عمر پروژه در قلاب سمت راست بالای شکل ۶ ـ ۲ نشان داده شده است.

روابط موجود در شکل ۶ ـ ۲ برای درک عواملی که در برآورد هزینه باید مورد توجه قرار گیرند بسیار مهم هستند. برای تأکید بر نقش اساسی گردش پول، شکل ۶ ـ ۲ با صرف‌نظر کردن از ارزش زمانی پول و به کار بردن سود و استهلاک سالانه ثابت به‌میزان قابل ملاحظه‌ای ساده شده است. در فصل‌های بعدی، موارد پیچیده‌تری با جزییات بیشتر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تولید

به‌هنگام برآورد هزینه‌های یک فرآیند صنعتی توسط مهندس شیمی، این هزینه‌ها باید آنقدر دقیق باشند که براساس آنها بتوان تصمیمات مطمئنی گرفت. به‌این منظور مهندس باید درک کاملی از عوامل مؤثر بر هزینه‌ها داشته باشد. برای مثال، برخی از شرکت‌ها با یکدیگر روابط متقابلی دارند که براساس آن می‌توانند مواد اولیه یا انواع تجهیزات را با قیمتی کمتر از قیمت رایج در بازار تهیه کنند. بنابراین اگر مهندس شیمی مبنای قیمت مواد اولیه را قیمت رایج در بازار قرار دهد ممکن است فرآیند مورد نظر به‌جای سوددهی زیان‌آور به‌نظر برسد. نتیجه اینکه مهندس طراح باید از قیمت‌های واقعی مواد اولیه، تجهیزات، خط‌مشی شرکت، مقررات دولتی و سایر عوامل مؤثر بر قیمت آگاهی داشته باشد.

منابع دستگاه

یکی از هزینه‌های عمده در هر فرآیند شیمیایی هزینهٔ دستگاه است. در بیشتر موارد از انواع مخازن، رآکتورها یا سایر تجهیزات استاندارد استفاده می‌شود، و می‌توان با به کارگیری تجهیزات بی‌کار و یا خرید تجهیزات دست دوم هزینه‌ها را به‌نحو قابل توجهی کاهش داد. در صورتی که خرید یک دستگاه نو ضروری است، باید از چندین سازندهٔ مختلف استعلام قیمت به‌عمل آید. وقتی مشخصات دستگاه به‌شرکت‌های سازنده داده می‌شود، در صورتی که محدودیت‌های ایجاد شده در طراحی ناچیز باشد برآورد هزینه کمتر خواهد شد.

نوسانات قیمت

در بازار اقتصادی امروز قیمت به‌میزان گسترده‌ای با زمان تغییر می‌کنند. به‌عنوان مثال، کارگران و ناظرین کارخانه امروزه با نرخ دستمزد سال ۱۹۸۵ حاضر به کار نیستند. به‌همین ترتیب قیمت خرید دستگاه‌ها نیز با گذشت زمان تغییر می‌یابد. بنابراین مهندس شیمی باید همواره اطلاعاتش در ارتباط با نوسانات قیمت و دستمزد به‌روز باشد. یکی از کامل‌ترین منابع اطلاعات در مورد شرایط موجود قیمت‌ها، Monthly Labor Review است که توسط دایرهٔ آمار کارگران ایالات متحده منتشر می‌شود. این نشریه تازه‌ترین اطلاعات را دربارهٔ قیمت‌ها و دستمزد در انواع مختلف صنایع ارایه می‌کند.

خط مشی شرکت

تک‌تک راهکارها و خطی مشی شرکت‌ها روی قیمت‌ها اثر مستقیم دارد. برای مثال، بعضی از شرکت‌ها آیین‌نامه‌های ویژه‌ای برای ایمنی دارند که باید آن را حتی در جزیی‌ترین کارها مدنظر قرار داد. رویه‌های حسابداری و روش‌های تخصیص سود تعاونی در شرکت‌های مختلف متفاوت است. خط مشی و

سیاست شرکت در ارتباط با اتحادیهٔ نیروی کار باید مدنظر قرار گیرد، چرا که این ملاحظات روی هزینه‌های اضافه کاری کارگران و نوع کاری که هر کارگر یا کارمند می‌تواند انجام دهد ممکن است اثر داشته باشد. به‌عنوان مثال سیاست‌های اتحادیهٔ کارگری ممکن است بر میزان هزینه‌های سیم‌کشی و لوله کشی که باید روی یک دستگاه قبل از انتقال آن به کارخانه انجام گیرد تأثیر بگذارد و به‌این ترتیب روی کل هزینهٔ دستگاه نصب‌شده تأثیر مستقیم خواهد داشت.

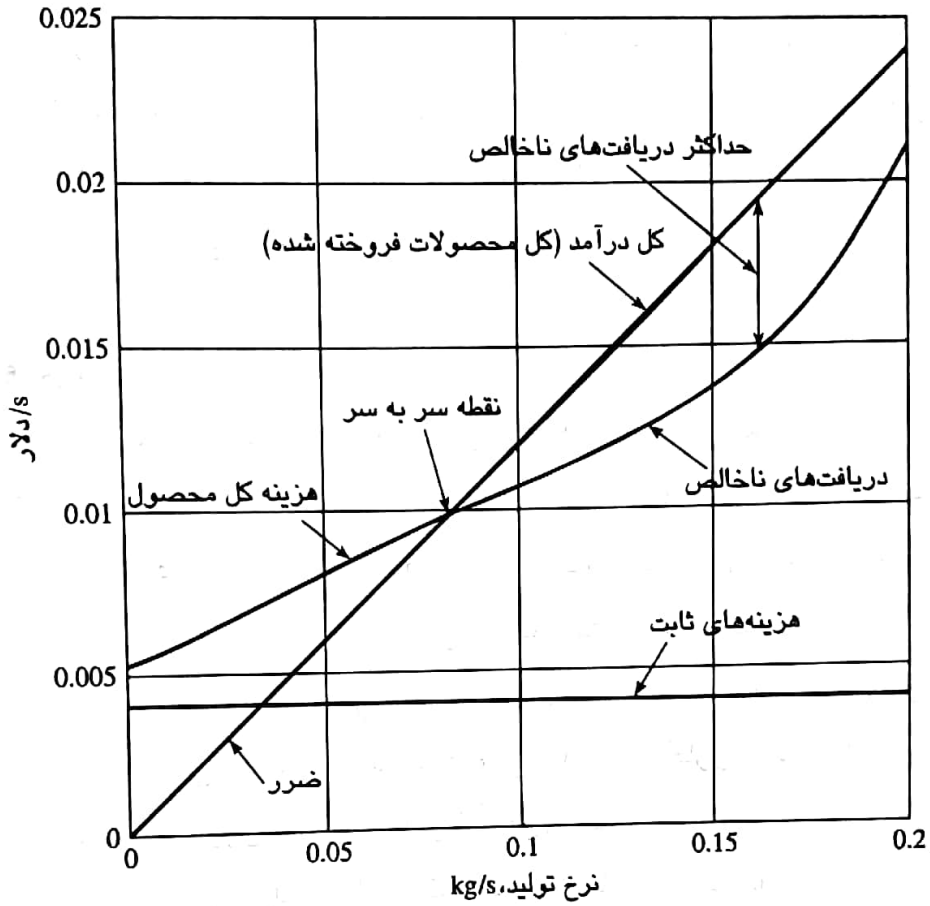
زمان‌کارکرد و میزان تولید

یکی از عواملی که تأثیر به‌سزایی بر سود دارد، کسری از زمان است که فرآیند در حال کار می‌باشد. وقتی دستگاه برای مدت زمان طولانی بیکار باشد، معمولاً هزینهٔ مواد اولیه و نیروی انسانی پایین است، در حالی که خیلی از هزینه‌های دیگر که به‌عنوان هزینه‌های ثابت در نظر گرفته می‌شوند مثل تعمیرات، حفاظت، و هزینهٔ استهلاک کماکان وجود دارند هر چند که دستگاه فعال نیست. از این مهمتر، هر زمان که دستگاه کار نکند در واقع سودی هم حاصل نمی‌شود. برای انجام خدمات تعمیر و نگهداری معمول لازم است به‌صورت دوره‌ای زمانی اختصاص داده شود، ولی زمان‌های بیکاری باید به‌حداقل برسد زیرا یکی از مهمترین منابع کاهش سودآوری در کارخانه‌های فرآیندی محسوب می‌شود.

تقاضای محصول، میزان تولید و زمان کارکرد، با هم ارتباط نزدیکی دارند. کارخانهٔ ایده‌آل باید طبق برنامهٔ زمان‌بندی به گونه‌ای عمل کند که حداکثر تولید را با در نظر گرفتن تقاضای بازار، ایمنی، انبارداری و شرایط اقتصادی عملیاتی داشته باشد. با این ترتیب، به‌دلیل اینکه هزینه‌های متغیر که به‌طور متوسط در طول زمان صورت گرفته کم است، هزینهٔ کل به‌ازای واحد محصول به‌حداقل می‌رسد. اگر ظرفیت تولید از تقاضای محصول بیشتر باشد، فرآیند باید با ظرفیت کمتر به‌طور پیوسته و یا با ظرفیت کامل به‌طور متناوب کار کند.

شکل ۶ ـ ۳ تأثیر نرخ تولید را بر هزینه‌ها و سود نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل نشان داده شده هزینهٔ ثابت بدون تغییر باقی می‌ماند و هزینهٔ کل محصول با افزایش میزان تولید افزایش می‌یابد. نقطه‌ای که در آن هزینهٔ کل محصول با کل درآمد برابر می‌شود نقطهٔ سربه‌سر[1] نام دارد. تحت شرایطی که در شکل ۶ ـ ۳ نشان داده شده نرخ تولید دلخواه برای این کارخانه فرآیندی شیمیایی باید در حدود 5×10^6 kg/yr باشد زیرا در این نقطه بیشترین سود خالص و ناخالص به‌دست می‌آید. با توجه به‌تقاضای محصول به‌علاوه ظرفیت تولید و مشخصات عملیاتی دستگاه، مهندس می‌تواند میزان تولید مناسب برای حصول نتایج اقتصادی بهینه را پیشنهاد کند.

1- Breakeven point



شکل ۶ـ۳

نمودار توازن هزینهٔ کل محصول با کل درآمد برای کارخانهٔ فرآوری شیمیایی.

سیاست‌های دولت

قوانین و آیین‌نامه‌های دولتی متعدد، بر هزینه‌های صنعتی اثر مستقیم دارند. به‌عنوان مثال آیین‌نامه‌های مربوط به تعرفه‌های گمرکی صادرات و واردات، نرخ استهلاک، قوانین مالیات بر درآمد و آیین‌نامه‌های مربوط به‌محیط زیست و ایمنی از این مواردند. در این میان، آیین‌نامه‌های مربوط به‌مالیات بر درآمد و استهلاک بیشترین تأثیر را بر بسیاری از مشاغل دارند.

هنگام نوشتن این کتاب، اصلاح قوانین مالیاتی دولت مرکزی در کنگرهٔ ایالات متحده تحت بررسی بود. در حالی که آخرین تغییرات اساسی در قوانین نرخ مالیات بر درآمد در سال ۱۹۹۳ و برای استهلاک در سال ۱۹۸۸ انجام گرفته است. نکتهٔ مهمی که باید به‌خاطر سپرده شود امکان تغییر قوانین مالیاتی در هر زمان است و مهندس طراح باید با افراد متخصص در زمینهٔ مالیاتی مشاوره داشته باشد و از به‌روز بودن قوانین مالیاتی که در تجزیه و تحلیل اقتصادی به کار می‌برد اطمینان داشته باشد. جزییات بیشتر در ارتباط با سیاست‌های مالیاتی در فصل ۷ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

سرمایه‌گذاری

یکی از تعاریف سنتی و اقتصادی دربارهٔ سرمایه عبارت است از «انباشت ثروت». به‌مفهوم کاربردی، سرمایه اندوخته‌ای است که با تصمیم‌گیری مالکش قابل استفاده است. یکی از موارد استفاده از این اندوخته‌ها، سرمایه گذاری است که در آن سرمایه به‌جای بهره گیری کوتاه‌مدت، برای تولید سایر کالاها به‌منظور به‌دست آوردن درآمد و سود به کار می‌رود.

قبل از راه‌اندازی یک کارخانهٔ صنعتی، برای خرید و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز مقادیر زیادی پول لازم است. زمین باید تهیه شود، امکانات و خدمات جانبی باید فراهم گردد و کارخانه با کلیه لوله کشی، کنترل‌ها و سرویس‌ها بر پا شود. علاوه‌بر این، برای پرداخت هزینه‌ها قبل از حصول درآمد فروش لازم است سرمایهٔ کافی در دسترس باشد.

سرمایهٔ مورد نیاز برای تولید و امکانات جانبی کارخانه، سرمایه گذاری ثابت[1] (FCI) و سرمایهٔ مورد نیاز برای عملیات و کارکرد کارخانه، سرمایه گذاری عملیاتی[2] (WC) نامیده می‌شود. جمع FCI و WC سرمایه گذاری کل[3] (TCI) نام دارد. FCI را می‌توان به‌زیرمجموعه‌های سرمایهٔ ثابت تولیدی[4]، یا هزینه‌های مستقیم، و سرمایهٔ ثابت غیرتولیدی[5]، یا هزینه‌های غیرمستقیم، تقسیم‌بندی کرد.

سرمایه‌گذاری ثابت

سرمایهٔ ثابت تولیدی، سرمایهٔ مورد نیاز برای نصب دستگاه‌های فرآیندی همراه با کلیه اجزای مورد نیاز برای عملیات کامل فرآیند است. هزینه‌های مربوط به‌آماده‌سازی محل کارخانه، لوله کشی، ابزار دقیق، عایق‌کاری، پی‌ریزی و امکانات جانبی نمونه‌هایی از هزینه‌های مربوط به‌سرمایهٔ ثابت تولیدی است.

سرمایهٔ مورد نیاز برای تأمین تأسیسات عمومی و بخش‌هایی از کارخانه که مستقیماً با تولید ارتباط ندارند، سرمایه گذاری ثابت غیرتولیدی نامیده می‌شود. این اجزای کارخانه عبارتند از زمین، ساختمان‌های فرآیندی، بخش مدیریت و سایر اتاق‌های اداری، انبارها، آزمایشگاه‌ها، حمل و نقل، تأسیسات ورود کالا، تأسیسات مربوط به‌تأمین آب، برق و بخار و تصفیه‌خانه، فروشگاه‌ها و سایر بخش‌های دایمی کارخانه. هزینه‌های بالاسری[6] یا سرشکن‌شدهٔ ساخت، شامل اتاق‌های موجود در کارخانه، هزینه‌های نظارت، هزینه‌های محل استراحت، هزینه‌های مهندسی، سایر هزینه‌های ساخت، دستمزد پیمانکاران و پیشامدهای احتمالی است. در برخی موارد هزینهٔ بالاسری ساخت بین هزینهٔ سرمایه گذاری ثابت تولیدی و غیرتولیدی توزیع می‌شود.

1- Fixed-capital investment
2- Working capital
3- Total capital investment
4- Manufacturing fixed-capital investment
5- Nonmanufacturing fixed-capital investment
6- Overhead cost

سرمایه‌گذاری عملیاتی

هزینهٔ عملیاتی برای یک کارخانهٔ صنعتی عبارت است از کل پول پرداختی برای (۱) مواد اولیه و ذخایر موجود در انبار؛ (۲) محصولات نهایی ذخیره‌شده در انبار و محصول نیمه‌تمامی که در فرآیند در حال تولید است؛ (۳) صورت‌حساب‌های قابل وصول؛ (۴) پولی که برای پرداخت‌های ماهیانه عملیاتی مثل حقوق، دستمزدها و خرید مواد اولیه موجود است؛ (۵) صورت‌حساب‌های قابل پرداخت؛ (۶) مالیات‌های قابل پرداخت.

مواد اولیه موجود که در سرمایه‌گذاری عملیاتی در نظر گرفته شده معمولاً به‌میزانی است که مواد اولیهٔ مورد نیاز برای یک ماه عملکرد سیستم را فراهم کند و به‌قیمت تحویلی در کارخانه محاسبه می‌شود. بهای محصول نهایی در انبار و محصول نیمه‌تمام در فرآیند، تقریباً معادل با کل هزینهٔ تولیدی برای یک ماه تولید است از آن رو که اعتبارات اختصاص داده شده به‌مشتریان برای یک دورهٔ ۳۰ روزه معتبر می‌باشد، سرمایهٔ عملیاتی مورد نیاز برای صورت‌حساب‌های قابل حصول معمولاً بالغ بر هزینهٔ تولید یک ماه عملیات است.

نسبت سرمایه‌گذاری عملیاتی به کل سرمایه‌گذاری در شرکت‌های مختلف متفاوت است ولی اکثر کارخانه‌های شیمیایی میزان اولیهٔ این نسبت را بیش از ۱۰ تا ۲۰ درصد کل سرمایه‌گذاری انتخاب می‌کنند. این درصد برای کارخانه‌هایی که تولید آنها مصرف فصلی دارد، به‌دلیل حجم بالای کالا که به‌مدت قابل توجهی در انبار می‌ماند تا ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

برآورد هزینهٔ سرمایه‌گذاری

بیشتر برآوردهای به‌عمل آمده در مورد سرمایه‌گذاری بر مبنای قیمت خرید دستگاه‌ها صورت می‌گیرد. مهمترین خطاهایی که به‌طور معمول در برآورد میزان سرمایه‌گذاری به‌وجود می‌آید حذف بعضی از دستگاه‌ها، امکانات و اجزای جانبی است نه خطاهای مربوط به‌قیمت‌گذاری. جدول ۶ ـ ۱ فهرستی از موارد مورد نیاز یک کارخانهٔ جدید را نشان می‌دهد که کمک به‌سزایی در برآورد کامل سرمایه‌گذاری ثابت می‌کند.

انواع برآورد هزینهٔ سرمایه‌گذاری

برآورد سرمایه‌گذاری یک فرآیند ممکن است از یک تخمین بر مبنای طراحی اولیه که براساس اطلاعات محدود و تنها در اندازه و مقیاس پروژهٔ مورد نظر کامل است تا یک تخمین دقیق که با استفاده از نقشه‌ها و مشخصات کامل صورت می‌گیرد متغیر باشد. در بیان این دو حد برآورد هزینهٔ سرمایه‌گذاری، تخمین‌های متعددی وجود دارد که بسته به‌مرحلهٔ توسعهٔ پروژه، از دقت‌های متفاوتی برخوردار هستند.

جدول ۶ـ۱ تفکیک مواردی که در سرمایه‌گذاری ثابت یک فرآیند شیمیایی ضروری است

هزینه‌های مستقیم

۱. خرید دستگاه
کل تجهیزات باید در یک برگهٔ جریان کامل فهرست شوند
قطعات یدکی و لوازم یدکی دستگاه‌های نصب نشده
تجهیزات اضافی، ذخایر، و هزینهٔ اضافی دستگاه‌ها
هزینه‌های مربوط به تورم
هزینه‌های حمل و نقل
مالیات، بیمه، دستمزد
هزینهٔ اضافی برای اصلاحات لازم هنگام راه‌اندازی

۲. هزینهٔ نصب دستگاه‌های خریداری‌شده
نصب کل دستگاه‌های فهرست‌شده در برگهٔ جریان
نگهدارنده‌های سازه‌ای
عایق‌کاری و رنگ‌آمیزی تجهیزات

۳. ابزار دقیق و کنترل
خرید، نصب، کالیبراسیون، کنترل رایانه‌ای با نرم‌افزارهای مربوطه

۴. لوله‌کشی
لوله‌کشی فرآیند با استفاده از مواد سازه‌ای مناسب
نگهدارنده‌های لوله، اتصالات و شیرآلات

۵. سیستم‌های الکتریکی
سوییچ‌های دستگاه‌های برقی، موتورها، کانال‌های عبور سیم، سیم، اتصالات، تغذیه‌کننده‌ها، اتصال زمین، سیم‌کشی ابزار دقیق و کنترل، روشنایی و تابلوهای برق
مواد مورد نیاز و نیروی کار

۶. ساختمان‌ها (به‌همراه خدمات مورد نیاز)
ساختمان‌های بخش فرآیند: ساختمان‌های اصلی و فرعی، سکوها، نگهدارنده‌ها، پلکان‌ها، نردبان‌ها، راه‌های دسترسی، جرثقیل‌ها، حمل و نقل ریلی، دستگاه‌های کششی و بالابرها
ساختمان‌های عمومی: ساختمان‌های اداری، پزشکی و دارویی، قهوه‌خانه، پارکینگ، انبارهای محصول، انبار قطعات، نگهبانی و ایمنی، ایستگاه آتش‌نشانی، رختکن، ساختمان کارکنان، اتاق بارگیری و سکوی آن، آزمایشگاه تحقیقات، آزمایشگاه کنترل
کارگاه‌های تعمیر و نگهداری: کارگاه برق، لوله‌کشی، ورق‌کاری، ماشین‌آلات، جوشکاری، بخاری، ابزار دقیق خدمات ساختمانی: لوله‌کشی ساختمان، گرمایش، تهویه، جمع‌آوری گرد و غبار، تهویهٔ مطبوع، روشنایی ساختمان‌ها، آسانسورها، پلهٔ برقی، تلفن، سیستم‌های مکالمهٔ داخلی، رنگ‌کاری، سیستم‌های آب‌پاشی، اعلان حریق

جدول ۶ـ۱ تفکیک مواردی که در سرمایه‌گذاری ثابت یک فرآیند شیمیایی ضروری است (ادامه).

۷. بهبود وضعیت محل کار
توسعهٔ محل کارخانه: تمیزکاری، هموارسازی، راه‌ها، پیاده‌روها، راه‌آهن، حصارها، محل‌های پارک، قرقره‌ها و ستون‌ها، خیابان‌بندی و امکانات تفریحی

۸. تأسیسات
صنایع همگانی[1]: بخار، آب، برق، سردسازی، هوای فشرده، سوخت، تصفیهٔ پسماند
امکانات جانبی[2]: کورهٔ سوزاننده[3]، چاه‌ها، مدخل آبگیری از رودخانه، تصفیهٔ آب، برج‌های خنک‌کننده، مخازن نگهداری آب ایستگاه‌های فرعی برق، واحد سرماسازی، واحد هوا، ذخیره‌سازی سوخت، دفع پسماند، کنترل‌های زیست محیطی اطفای حریق
تجهیزات غیرفرآیندی: مبلمان و سایر وسایل اتاق‌ها، وسایل قهوه‌خانه، تجهیزات ایمنی و پزشکی، تجهیزات کارگاهی، وسایل مربوط به کنترل و اتوماسیون، دستگاه‌های حمل مواد، تجهیزات آزمایشگاهی، کمدهای قفل‌دار اتاق رختکن، وسایل گاراژ، صندوق‌ها، تخت خواب، ماشین‌های دستی، وسایل خانه‌داری، آتش خاموش‌کن‌ها، شلنگ‌ها، ماشین‌های آتش‌نشانی، ایستگاه‌های بارگیری
توزیع و بسته‌بندی: دستگاه‌های مربوط به‌ذخیره و جابه‌جایی مواد اولیه، دستگاه‌های بسته‌بندی محصول، دستگاه‌های مخلوط‌سازی و ایستگاه‌های بارگیری

۹. زمین
نقشه‌برداری و دستمزد کارگران
هزینهٔ دارایی

هزینه‌های غیرمستقیم

۱. مهندسی و نظارت
هزینه‌های مهندسی: مدیریت، فرآیند، طراحی و مهندسی عمومی، تصاویر کامپیوتری، مهندسی هزینه، خرید، مأموریت، بازفرآوری، ارتباطات، مدل‌های مقیاس، هزینه‌های مشاوره و سفر
نظارت مهندسی و بازرسی

۲. هزینه‌های قانونی
شناسایی قوانین کاربردی مرکزی، استانی، و بخش‌نامه‌های محلی
آماده‌سازی و ارایهٔ فرم‌های درخواست‌شده از مراکز قانون‌گذاری
گرفتن تأییدیهٔ قانونی
مذاکرات قرارداد

1- Utilities
2- Facility
3- Incinerator

جدول ۶ـ۱ تفکیک مواردی که در سرمایه‌گذاری ثابت یک فرآیند شیمیایی ضروری است (ادامه).

هزینه‌های غیرمستقیم (ادامه)
۳. هزینه‌های ساخت
ساخت، اجرا و تعمیر و نگهداری دایمی امکانات جانبی، ادارات، راه‌ها، پارکینگ، راه‌آهن، تأسیسات برق، لوله‌کشی،
مخابرات و حصاربندی
تجهیزات و ابزارهای ساخت
نظارت بر ساخت، حسابداری، صرفه‌جویی در وقت، خرید، مأموریت
کارکنان انبار و هزینهٔ آن، نگهبان‌ها
ایمنی، پزشکی، مزایای شغلی
مجوز کار، آزمایش‌های کارخانه‌ای، مجوزهای کار ویژه
مالیات، بیمه، بهرهٔ پول
۴. هزینه‌های پیمانکاری[1]
۵. حوادث غیرمترقبه[2]

این برآوردها اسامی متفاوتی دارند، اما پنج دسته از این موارد براساس اسامی و محدودهٔ دقت که معمولاً برای مقاصد طراحی به کار می‌رود در زیر ارایه شده است:

۱. ***برآورد به‌ترتیب بزرگی***[3]. (برآورد نسبت) که بر مبنای اطلاعات قیمت قبلی مشابه به‌دست می‌آید و دقت احتمالی آن بیش از ۳۰ ± درصد است.

۲. ***برآورد مطالعاتی***[4]. (برآورد عوامل) که بر مبنای اطلاعات اقلام اصلی دستگاه‌ها صورت می‌گیرد و دقت آن تا ۳۰ ± درصد است.

۳. ***برآورد اولیه***[5]. (برآورد مجوز بودجه یا برآورد وسعت کار) بر مبنای اطلاعات کافی که با استفاده از آنها بودجه برآورد می‌شود. دقت احتمالی این برآورد حدود ۲۰ ± درصد است.

1- Contractor's fee
2- Contingency
3- Order-of-magnitude
4- Study estimate
5- Preliminary estimate

۴. ***برآورد قطعی***[1]. (برآورد کنترل پروژه) بر مبنای اطلاعات تقریباً کامل ولی قبل از تکمیل نقشه‌ها و مشخصات پروژه که دقت آن حدود ۱۰ ± درصد است.

۵. ***برآورد تفصیلی***[2]. (برآورد پیمانکار) بر مبنای نقشه‌های کامل مهندسی، مشخصات و محل کارخانه که دقت آن حدود ۵ ± درصد است.

شکل ۶ـ۴، اطلاعات لازم برای تهیهٔ این پنج روش برآورد و محدودهٔ تقریبی خطای هر روش را نشان می‌دهد. در صورتی که برآورد هزینه بر مبنای اطلاعات کامل نبوده یا تخمین زمانی انجام شود که قیمت‌ها در حال افزایش است، احتمال زیادی وجود دارد که هزینهٔ واقعی بیشتر از برآورد هزینه باشد. برای چنین برآوردهایی، محدودهٔ مثبت از محدودهٔ منفی آن گسترش بیشتری دارد، به‌عنوان مثال در برآورد مطالعاتی این محدوده بین ۴۰+ تا ۲۰- درصد است.

برآوردهای مبتنی بر طراحی اولیه (که در اینجا با برآوردهای «به‌ترتیب بزرگی»، «مطالعاتی» و «اولیه» تعریف شده‌اند) نسبت به‌برآوردهای قطعی و تفصیلی نیاز به‌جزییات کمتری دارند. البته برآوردهای اولیه برای تعیین اینکه یک پروژهٔ پیشنهادی نیاز به‌بررسی‌های بیشتر دارد یا برای مقایسه با سایر طرح‌های جایگزین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند، می‌باشند. به‌همین دلیل بیشتر اطلاعات ارایه شده در این فصل به‌تخمین‌های مقدماتی اختصاص داده شده است در حالی که باید بدانیم که با مشخص شدن جزییات، اختلاف میان برآورد اولیه و برآورد قطعی از بین می‌رود.

برآوردهای اولیه را می‌توان به‌عنوان مبنایی برای درخواست و فراهم کردن سرمایه از مدیریت شرکت مورد استفاده قرار داد، برآوردهای بعدی که در طول پیشرفت طراحی صورت می‌گیرند نشان می‌دهند که ممکن است پروژه نسبت به‌بودجهٔ اختصاص داده شده هزینهٔ کمتر یا بیشتری داشته باشد. سپس از مدیریت خواسته می‌شود که این ما به‌التفاوت را که ممکن است مثبت یا منفی باشد تأیید کند.

شاخص‌های هزینه[3]

بیشتر اطلاعات مربوط که برای برآورد مقدماتی یا طراحی اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند تنها در همان زمان جمع‌آوری اطلاعات معتبر هستند. به‌دلیل تغییرات قابل ملاحظه‌ای که با گذشت زمان به‌واسطهٔ تغییر شرایط اقتصادی در قیمت‌ها به‌وجود می‌آید، برای استفاده از اطلاعات تهیه شده در زمان

1- Definitive estimate 2- Detailed estimate 3- Cost indexes

گذشته باید آنها را با روش‌های مناسب به‌روز کرد† تا بیانگر قیمت واقعی در زمان‌های آینده شوند. این کار با استفاده از شاخص هزینه انجام می‌گیرد.

شاخص هزینه ضریبی است برای یک زمان معین که نشان‌دهندهٔ نسبت قیمت یک کالا در آن زمان به‌قیمت همان کالا در زمان مبناست. اگر قیمت در یک زمان مشخص در گذشته معین باشد، قیمت معادل در زمان حال با ضرب کردن قیمت در زمان مبنا در نسبت شاخص هزینه در زمان حال به‌شاخص هزینه در زمان مبنا به‌صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\text{قیمت زمان حال} = \text{قیمت مبنا} \left(\frac{\text{شاخص هزینه در زمان حال}}{\text{شاخص هزینه در زمانی که قیمت مبنا به‌دست آمده است}} \right)$$

شاخص‌های هزینه را می‌توان برای تخمین کلی و عمومی به کار برد ولی هیچ شاخصی نمی‌تواند همهٔ عوامل را از قبیل پیشرفت‌های تکنولوژیکی خاص یا شرایط مقطعی محاسبه کند. اگر تفاوت زمانی کمتر از ۱۰ سال باشد شاخص‌های معمول برآوردهای نسبتاً دقیقی به‌دست می‌دهند. شاخص‌ها غالباً به‌منظور برون‌یابی قیمت‌ها برای آیندهٔ نزدیک به کار می‌روند. برای مثال، ممکن است تخمین قیمت در زمان مطالعه تا زمان پیش‌بینی شده برای راه‌اندازی کارخانه انجام گیرد. این پیشنهادها با استفاده از مقادیر برون‌یابی شده یک شاخص و یا بر مبنای نرخ تورم پیش‌بینی شده صورت می‌پذیرد.

انواع زیادی از شاخص‌های هزینه به‌طور منظم منتشر می‌شوند. بعضی از آنها را می‌توان برای تخمین قیمت دستگاه‌ها به کار برد و انواع دیگر را برای تخمین هزینهٔ نیروی کار، ساخت و ساز، مواد، و سایر زمینه‌های خاص. متداول‌ترین این شاخص‌ها، شاخص Marshall and Swift†† برای کل صنایع و شاخص‌های Engineering News-Record construction†††، Nelson-Farrar refinery * construction و Chemical Engineering plant ** برای تجهیزات صنایع فرآیندی است. جدول ۶ـ۲ فهرستی از مقادیر انواع شاخص‌ها در ۱۵ سال اخیر را نشان می‌دهد.

---

† برای آنکه با تأثیرات تورم و رکود بر قیمت‌ها و درآمد بیشتر آشنا شوید به‌فصل ۸ مراجعه کنید.

†† مقادیر شاخص Marshall and Swift هر ماه در Chemical Engineering منتشر می‌شود برای اطلاعات بیشتر به R. W. Stevens, *Chem. Eng.*, 54(11):124 (1947) مراجعه کنید.

††† شاخص Engineering News-Record به‌طور هفتگی در Engineering New-Record چاپ می‌شود. برای اطلاعات بیشتر به *Eng. News-Record*, 143(9): 398 (1949), 178(11): 87 (1967) مراجعه کنید.

* شاخص Nelson-Farrar هفتهٔ اول هر ماه در مجلهٔ Oil and Gas منتشر می‌شود برای اطلاعات بیشتر به: *Oil Gas J.*, 63(14): 185 (1965), 74(48): 68 (1976), and 83(52): 145 (1985) مراجعه کنید.

** شاخص Chemical Engineering plant هر ماه در Chemical Engineering چاپ می‌شود اطلاعات جامعی از این شاخص در *Chem. Eng.*, 70(4): 143 (1963) وجود دارد.

جدول ۶ـ۲ متوسط سالانهٔ شاخص‌های هزینه

سال	شاخص Marshall and Swift برای تجهیزات نصب‌شده ۱۹۲۶=۱۰۰		شاخص Eng. News-Record			شاخص Nelson-Farrar refinery construction	شاخص Chemical Engineering Plant
	کل صنایع	صنایع فرآیندی	۱۹۶۷=۱۰۰	۱۹۴۹=۱۰۰	۱۹۱۳=۱۰۰	۱۹۴۶=۱۰۰	۱۹۵۹=۱۰
۱۹۸۷	۸۱۴	۸۳۰	۴۴۰۶	۹۵۶	۴۱۰	۱۱۲۱/۵	۳۲۴
۱۹۸۸	۸۵۲	۸۵۹/۳	۴۵۱۹	۹۸۰	۴۲۱	۱۱۶۴/۵	۳۴۳
۱۹۸۹	۸۹۵	۹۰۵/۶	۴۶۱۵	۱۰۰۱	۴۳۰	۱۱۹۵/۹	۳۵۵
۱۹۹۰	۹۱۵/۱	۹۲۹/۳	۴۷۳۲	۱۰۲۶	۴۴۱	۱۲۲۵/۷	۳۵۷/۶
۱۹۹۱	۹۳۰/۶	۹۴۹/۹	۴۸۳۵	۱۰۴۹	۴۵۰	۱۲۵۲/۹	۳۶۱/۳
۱۹۹۲	۹۴۳/۱	۹۵۷/۹	۴۹۸۵	۱۰۸۱	۴۶۴	۱۲۷۷/۳	۳۵۸/۲
۱۹۹۳	۹۶۴/۲	۹۷۱/۴	۵۲۱۰	۱۱۳۰	۴۸۵	۱۳۱۰/۸	۳۵۹/۲
۱۹۹۴	۹۹۳/۴	۹۹۲/۸	۵۴۰۸	۱۱۷۳	۵۰۴	۱۳۴۹/۷	۳۶۸/۱
۱۹۹۵	۱۰۲۷/۵	۱۰۲۹/۰	۵۴۷۱	۱۱۸۷	۵۰۹	۱۳۹۲/۱	۳۸۱/۱
۱۹۹۶	۱۰۳۹/۱	۱۰۴۸/۵	۵۶۲۰	۱۲۱۹	۵۲۳	۱۴۱۸/۹	۳۸۱/۷
۱۹۹۷	۱۰۵۶/۸	۱۰۶۳/۷	۵۸۲۵	۱۲۶۴	۵۴۲	۱۴۴۹/۲	۳۸۶/۵
۱۹۹۸	۱۰۶۱/۹	۱۰۷۷/۱	۵۹۲۰	۱۲۸۴	۵۵۱	۱۴۷۷/۶	۳۸۹/۵
۱۹۹۹	۱۰۶۸/۳	۱۰۸۱/۹	۶۰۶۰	۱۳۱۵	۵۶۴	۱۴۹۷/۲	۳۹۰/۶
۲۰۰۰	۱۰۸۹/۰	۱۰۹۷/۷	۶۲۲۱	۱۳۵۰	۵۷۹	۱۵۴۲/۷	۳۹۴/۱
۲۰۰۱	۱۰۹۳/۹	۱۱۰۶/۹	۶۳۴۲	۱۳۷۶	۵۹۱	۱۵۷۹/۷	۳۹۴/۳
۲۰۰۲	††۱۱۰۲/۵	††۱۱۱۶/۹	††۶۴۹۰	††۱۴۰۸	††۶۰۴	††۱۵۹۹/۲	†,*۳۹۰/۴

† تمام قیمت‌های ارایه‌شده در این کتاب در وب‌سایت McGraw - Hill بر مبنای مقادیر به‌دست آمده از شاخص Chemical Eng. در ژانویهٔ ۲۰۰۲ می‌باشند مگر در مواردی که مشخص شده باشد. در این وب‌سایت روابط مربوط به‌اطلاعات گرافیکی داخل متن نیز موجود می‌باشد.

†† توصیه شده است.

* براساس شاخص اصلاح‌شده محاسبه شده است، به *Chem. Eng.*, 109: 62 (2002) مراجعه کنید.

اطلاعات لازم		تخمین تفصیلی، ۵٪ کل	تخمین قطعی، ۱۰٪ کل	تخمین اولیه، ۲۰٪ کل	تخمین مطالعه اولیه، ۳۰٪ کل	تخمین بزرگی، ۳۰٪ ± کل
محل کارخانه	موقعیت کارخانه	•	•	•	•	
	شرح کلی	•	•	•		
	مقاومت خاک	•	•	•		
	موقعیت، ابعاد، جاده‌ها، حصارها	•	•	•		
	نقشهٔ هندسی زمین، نقشهٔ ساختمان	•	•			
	امکانات محل	•				
برگهٔ جریان فرآیند	نمودار تقریبی				•	
	اولیه			•		
	مهندسی	•	•			
لیست تجهیزات	تعیین اندازهٔ اولیه و مشخصات مواد			•	•	
	مشخصات مهندسی	•	•			
	برگه‌های مخازن	•	•			
	ترکیب کلی					
	(الف) اولیه		•	•		
	(ب) مهندسی	•				
ساختمان‌ها و سازه‌ها	اندازه و نوع تقریبی ساختمان			•	•	
	نقشه‌های پی‌ریزی		•	•		
	معماری و عمرانی	•	•	•		
	طراحی اولیه سازه			•		
	ترکیب کلی و مقاطع عمودی	•	•			
	نقشه‌های تفصیلی	•				
تأسیسات جانبی لازم	مقادیر تقریبی (بخار، آب، برق ..)				•	
	موازنهٔ انرژی اولیه			•		
	برگه‌های جریان اولیه		•	•		
	موازنهٔ انرژی	•	•			
	برگهٔ جریان مهندسی	•				
	نقشه‌های نهایی	•				
لوله کشی	برگهٔ جریان اولیه و مشخصات			•	•	
	برگهٔ جریان مهندسی		•			
	جانمایی لوله کشی و مشخصات لوله	•	•			
عایق‌کاری	مشخصات اولیه			•		
	فهرست اولیهٔ تجهیزات و لوله کشی		•			
	مشخصات و ضخامت عایق	•	•			
	مشخصات یا نقشه‌های نهایی	•		•		
ابزار دقیق	فهرست اولیهٔ ابزار دقیق		•			
	فهرست و برگهٔ جریان مهندسی	•				
	نقشه‌های نهایی	•				
برق	لیست اولیهٔ موتور ـ اندازه‌های تقریبی			•	•	
	اندازه‌ها و فهرست مهندسی	•	•			
	ایستگاه‌های فرعی، تعداد و اندازه، مشخصات	•	•	•		
	مشخصات توزیع	•				
	مشخصات اولیهٔ روشنایی			•		
	کنترل اولیه، و مشخصات کابل ابزار دقیق		•			
	نمودارهای خطوط برق و روشنایی	•	•			
	نقشه‌های نهایی	•				
نفر ـ ساعت	امور مهندسی و نقشه‌کشی	•	•	•	•	
	نیروی کار ماهر	•				
	نظارت	•				
مشخصات استاندارد محصول	محصول، ظرفیت، موقعیت، و ملزومات محل کارخانه. ملزومات انرژی. ملزومات ساختمان و تجهیزات کمکی. مواد اولیه و حمل محصول تمام‌شده و انبارداری.					•

شکل ۶ ـ ۴

راهنمای اطلاعات برآورد هزینه.

در مقالات علمی شاخص‌های متعدد دیگری منتشر شده که برای مقاصد خاص می‌توان از آنها استفاده کرد. به‌عنوان مثال شاخص‌های هزینه برای مواد و نیروی کار در صنایع مختلف توسط دایرهٔ نیروی کار ایالات متحده تحت عنوان Monthly Labor Review به‌طور ماهانه چاپ می‌شود. این شاخص‌ها را می‌توان برای انواع خاص برآوردهای مواد یا تخمین نیروی کار که دارای شرایط غیرمعمول می‌باشند به کار برد. نمونهٔ دیگری از شاخص هزینه که برای مقایسهٔ هزینه‌های جهانی با گذشت زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد متناوباً در مجلهٔ *International Journal of Production Economics* (قبلاً با نام *Engineering Costs and Production Economics* چاپ می‌شد) منتشر می‌شود. این مجله شاخص هزینه را برای کارخانه‌های مختلف در کشورهای استرالیا، بلژیک، کانادا، دانمارک، فرانسه، آلمان، ایتالیا، هند، نروژ، ژاپن، سوئد، انگلیس و ایالات متحده ارایه می‌کند.†

تمام شاخص‌های هزینه بر مبنای نمونه‌های محدودی از کالاها و خدمات موجود در زمینهٔ مربوطه می‌باشند بنابراین ممکن است اعمال دو شاخص مختلف بر روی یک پروژه نتایج بسیار متفاوتی در پی داشته باشد. بیشترین چیزی که از یک شاخص می‌توان انتظار داشت ارایهٔ یک رفتار و تقریب کلی است. این تقریب‌ها ممکن است موقع اعمال بر روی یک مورد خاص در زمان مورد نظر پاسخ خوبی نداشته باشد. به‌عنوان مثال امکان دارد یک پیمانکار در شرایط رکود، یک کار ساختمانی را فقط برای حفظ کارشناسانش با حداقل سود بپذیرد. از طرف دیگر به‌خاطر کمبود نیروی کار بومی، ممکن است یک پروژه نسبت به‌پروژهٔ مشابه در منطقهٔ جغرافیایی دیگر به‌میزان قابل توجهی پُرهزینه‌تر گردد.

شاخص‌های هزینهٔ Marshall and Swift و Chemical Eng. plant برای تجهیزات فرآیندی و برآورد هزینهٔ فرآیندهای شیمیایی پیشنهاد شده‌اند. این دو شاخص نتایج بسیار مشابهی می‌دهند در حالی که شاخص Eng. News-Record به‌دلیل عدم وجود عامل بهبود راندمان، نسبت به‌دو شاخص قبل با گذشت زمان به‌سرعت تغییر می‌کند. همین‌طور شاخص Nelson-Farrar refinery با گذشت زمان افزایش خیلی زیادی داشته و باید با احتیاط و تنها برای ساخت پالایشگاه از آن استفاده کرد.

اجزای هزینه در سرمایه‌گذاری

سرمایه گذاری، مجموع پول لازم برای تهیهٔ ضروریات کارخانه و ساخت تسهیلات جانبی به‌علاوه پول مورد نیاز برای هزینهٔ عملیاتی تجهیزات فرآیندی است. حال هزینه‌های نسبی هریک از اجزای اصلی

---

† برای آشنایی با روش محاسبهٔ هزینه‌ها به *Eng. Costs Prod. Econ.*, 6(1): 267 (1982) مراجعه کنید.

سرمایه گذاری ثابت را طبق آنچه که در جدول ۶ ـ ۱ مطرح شد مورد بررسی قرار می‌دهیم. عوامل هزینه که در اینجا ارایه شده بر مبنای تفسیر دقیق منابع علمی جدید† و با استفاده از تجارب صنعتی حاصل شده است.

جدول ۶ ـ ۳ این تغییرات نوعی را در اجزای هزینه به‌صورت درصدی از سرمایه گذاری ثابت (FCI) برای کارخانه‌های چندفرآیندی[1] *grass-roots* یا تأسیسات بزرگ اضافه شده به‌یک کارخانه را نشان می‌دهد. کارخانه *grass-roots* به کارخانهٔ کاملی گفته می‌شود که در یک محل جدید بنا شده است.

جدول ۶ ـ ۳ نمونهٔ درصدهای سرمایه‌گذاری ثابت برای هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم در کارخانه‌های چندمنظوره یا تأسیسات بزرگ اضافه شده به کارخانهٔ موجود

اجزا	محدودهٔ FCI برحسب درصد
هزینه‌های مستقیم	
تجهیزات خریداری‌شده	۴۰ - ۱۵
نصب تجهیزات خریداری‌شده	۱۴ - ۶
کنترل و ابزار دقیق (نصب‌شده)	۱۲ - ۲
لوله‌کشی (نصب‌شده)	۱۷ - ۴
سیستم‌های الکتریکی (نصب‌شده)	۱۰ - ۲
ساختمان‌ها (به‌همراه سرویس‌ها)	۱۸ - ۲
گسترش محوطهٔ کارخانه	۵ - ۲
امکانات خدماتی	۳۰ - ۸
زمین	۲ - ۱
هزینه‌های غیرمستقیم	
مهندسی و نظارت	۲۰ - ۴
هزینه‌های ساخت	۱۷ ـ ۴
هزینه‌های قانونی	۳ ـ ۱
حقوق پیمانکاران	۶ ـ ۲
هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده	۱۵ ـ ۵

† K. M. Guthrie, *Process Plant Estimating Evaluation, and Control,* Craftsman Book Company of America, Solana Beach, CA, 1974; G. D. Ulrich, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics,* J. Wiley, New York, 1984; R. K. Sinnott, *An Introduction to Chemical Engineering Design,* Pergamon Press, Oxford, United Kingdom, 1983; P. F. Ostwald, *AM Cost Estimator,* McGraw-Hill, New York, 1988; D. R. Woods, *Process Design and Engineering Practice,* Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1995; R. H. Perry and D. W. Green, eds., *Perry's Chemical Engineers' Handbook,* 7th ed., McGraw-Hill, New York, 1997.

1- Multiprocess

سرمایه گذاری مشتمل بر کل هزینه‌های زمین، توسعهٔ محل کارخانه، تأسیسات محیط کارخانه و سایر تسهیلات جانبی می‌شود. منظور از محیط کارخانه[1] محدودهٔ جغرافیایی است که یک پروژهٔ خاص در آن واقع شده است. معمولاً این محدوده به‌ناحیه‌ای که تولید در آن صورت می‌گیرد اطلاق می‌شود و شامل کل تجهیزات فرآیندی است ولی انبارها، واحد آب و انرژی، ساختمان‌های مدیریتی، یا امکانات جانبی را دربر نمی‌گیرد مگر آنکه صراحتاً مشخص شده باشند. به‌طور معمول این محدوده، شامل آماده‌سازی محل کارخانه نمی‌شود بنابراین ممکن است به‌توسعهٔ کارخانهٔ موجود اطلاق گردد.

تجهیزات خریداری شده

هزینهٔ دستگاه خریداری‌شده مبنای چندین روش طراحی اولیه برای برآورد سرمایه گذاری است. بنابراین منابع قیمت تجهیزات، روش‌های تعیین قیمت دستگاه برای ظرفیت مورد نظر و روش‌های برآورد تجهیزات فرآیندی جانبی برای به‌دست آوردن برآوردهای معقول از نظر تخمین‌زننده حایز اهمیت است.

مثال ۶ ـ ۱ برآورد سرمایه گذاری ثابت با استفاده از دامنه هزینه‌های اجزای کارخانهٔ فرآیندی

یک برآورد مطالعاتی دربارهٔ سرمایه گذاری ثابت برای یک کارخانهٔ فرآیندی که هزینهٔ تجهیزات خریداری شدهٔ آن 100000 $ است انجام دهید. از محدوده‌هایی که برای هزینهٔ اجزای کارخانه در جدول ۶ ـ ۳ آمده برای برآورد هزینهٔ این کارخانهٔ فرآیندی که برای انتقال جامدات و مایعات طراحی شده و از درجهٔ کنترل خودکار بالایی برخوردار بوده و در فضای باز کار می‌کند استفاده کنید. هزینهٔ زمین را در نظر نگیرید.

■ **حل:**

برای هریک از اجزای FCI یک درصد از محدودهٔ ذکر شده در جدول ۶ ـ ۳ انتخاب شده است. این انتخاب تقریباً اختیاری است. معمولاً مقدار متوسط این محدوده انتخاب می‌شود مگر اینکه مشخصات کارخانه فرآیندی مقداری کمتر یا بیشتر از آن را پیشنهاد کند. معمولاً وقتی این درصدها با هم جمع می‌شوند مجموع آنها صد نمی‌شود. بنابراین تمام درصدها با ضرب کردن آنها در کسر ۱۰۰ تقسیم بر مجموع درصدها نرمال‌سازی می‌شوند. سپس برآورد قیمت برای هر جزء برابر با حاصل‌ضرب ۱۰۰۰۰۰ دلار در درصد نرمال‌سازی شدهٔ آن جزء به‌دست می‌آید و آنگاه این مقدار بر درصد نرمال‌سازی‌شده برای دستگاه خریداری‌شده تقسیم می‌شود. تمام مقادیر به‌نزدیک‌ترین مقدار 1000 $ گرد می‌شوند. این محاسبات در جدول زیر خلاصه شده است.

1- Battery limit

اجزا	درصد انتخابی FCI	درصد نرمال‌شدهٔ FCI	هزینهٔ برآورد شده
تجهیزات خریداری‌شده	۲۵	۲۲/۹	۱۰۰۰۰۰ دلار
نصب تجهیزات خریداری‌شده	۹	۸/۳	۳۶۰۰۰
ابزار دقیق (نصب‌شده)	۱۰	۹/۲	۴۰۰۰۰
لوله‌کشی (نصب‌شده)	۸	۷/۳	۳۲۰۰۰
تجهیزات الکتریکی (نصب‌شده)	۵	۴/۶	۲۰۰۰۰
ساختمان‌ها (به‌همراه سرویس‌ها)	۵	۴/۶	۲۰۰۰۰
گسترش محوطهٔ کارخانه	۲	۱/۸	۸۰۰۰
تسهیلات خدماتی (نصب‌شده)	۱۵	۱۳/۸	۶۰۰۰۰
مهندسی و نظارت	۸	۷/۳	۳۲۰۰۰
هزینهٔ ساخت	۱۰	۹/۲	۴۰۰۰۰
هزینه‌های قانونی	۲	۱/۸	۸۰۰۰
حقوق پیمانکاران	۲	۱/۸	۸۰۰۰
هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده	۸	۷/۳	۳۲۰۰۰
جمع کل	۱۰۹	۹۹/۹	۴۳۶۰۰۰ دلار

قابل ذکر است که مقدار ۴۳۶۰۰۰ $ از عدم قطعیت زیادی به‌میزان ۳۰ ± درصد برخوردار است.

تجهیزات گوناگون معمولاً به‌چند دسته تقسیم می‌شوند: (۱) تجهیزات فرآیندی؛ (۲) تجهیزات حمل و نقل مواد اولیه و انبار کردن آنها و (۳) حمل و نقل محصولات نهایی و انبار کردن آنها.

ابعاد و مشخصات تجهیزات مورد نیاز برای یک فرآیند شیمیایی با استفاده از پارامترهای ثابت یا محاسبه‌شده مربوط به‌دستگاه‌ها براساس موازنهٔ جرم و انرژی تعیین می‌شود. به‌عنوان مثال در شبیه‌سازی فرآیند برج تقطیر به‌منظور به‌دست آوردن موازنهٔ جرم و انرژی، مهندس طراح باید تعداد مراحل تعادلی، نسبت جریان برگشتی، میعان کلی یا جزیی جریان بالای برج، و فشار عملیاتی در نقطهٔ خاصی از برج مثلاً بالای برج را تعیین کند. با استفاده از این پارامترها و شرایط خوراک، یک الگوریتم تقطیر؛ اجزای تشکیل‌دهندهٔ محصول، دماها و فشارها به‌همراه بار حرارتی چگالنده و جوش‌آورنده را محاسبه می‌کند. با مشخص کردن راندمان هر مرحله تعداد مراحل واقعی مورد نیاز به‌دست می‌آید. این اطلاعات به‌همراه جنس مواد سازنده برای تخمین هزینهٔ خرید برج، چگالنده و جوش‌آورنده و لوله کشی مربوط به‌آنها کفایت می‌کند. به‌همین‌ترتیب برای سایر تجهیزات فرآیندی مشخصات مورد نیاز برای تکمیل موازنهٔ جرم و انرژی معمولاً در برآورد هزینهٔ کافی است.

دقیق‌ترین روش برای برآورد قیمت دستگاه‌های فرآیندی برگزاری مناقصه‌های جدی بین سازنده‌ها و تأمین‌کنندگان تجهیزات است. در بیشتر موارد، سازنده‌ها قادرند به‌سرعت تخمینی نزدیک به‌قیمت مزایده ارایه کنند ولی این برآورد زمان زیادی طول نخواهد کشید. دومین روش معقول برای این کار استفاده از مقادیر به‌دست آمده از فایل‌های مربوط به‌خریدهای گذشته است. موقع قیمت‌گذاری یک دستگاه جدید باید قیمت‌های پیشنهادی خرید را با نسبت شاخص هزینهٔ مناسب اصلاح کرد. علاوه‌بر این اطلاعات محدود و ناچیزی دربارهٔ قیمت تجهیزات فرآیندی در مجله‌های مختلف مهندسی منتشر می‌شود. برآورد قیمت برای تعداد زیادی از تجهیزات مختلف با ظرفیت‌های متفاوت در فصل‌های ۱۲ تا ۱۵ ارایه شده است.

برآورد قیمت دستگاه‌ها با استفاده از بزرگنمایی[1]

معمولاً تعیین قیمت یک دستگاه در شرایطی لازم است که اطلاعات قیمت در مورد آن ظرفیت و اندازهٔ خاص در دسترس نباشد. در صورتی که دستگاه جدید مشابه دستگاه دیگری است که ظرفیت آن متفاوت و قیمت آن مشخص باشد، برآورد قیمت را می‌توان با رابطهٔ توان که معروف به‌قانون عامل ۰/۶[2] است انجام داد.

مطابق این قانون اگر قیمت دستگاه b با ظرفیت مشخص معلوم باشد، قیمت دستگاه a که ظرفیتش X برابر ظرفیت دستگاه اول است، $X^{0.6}$ برابر قیمت دستگاه اولیه می‌باشد.

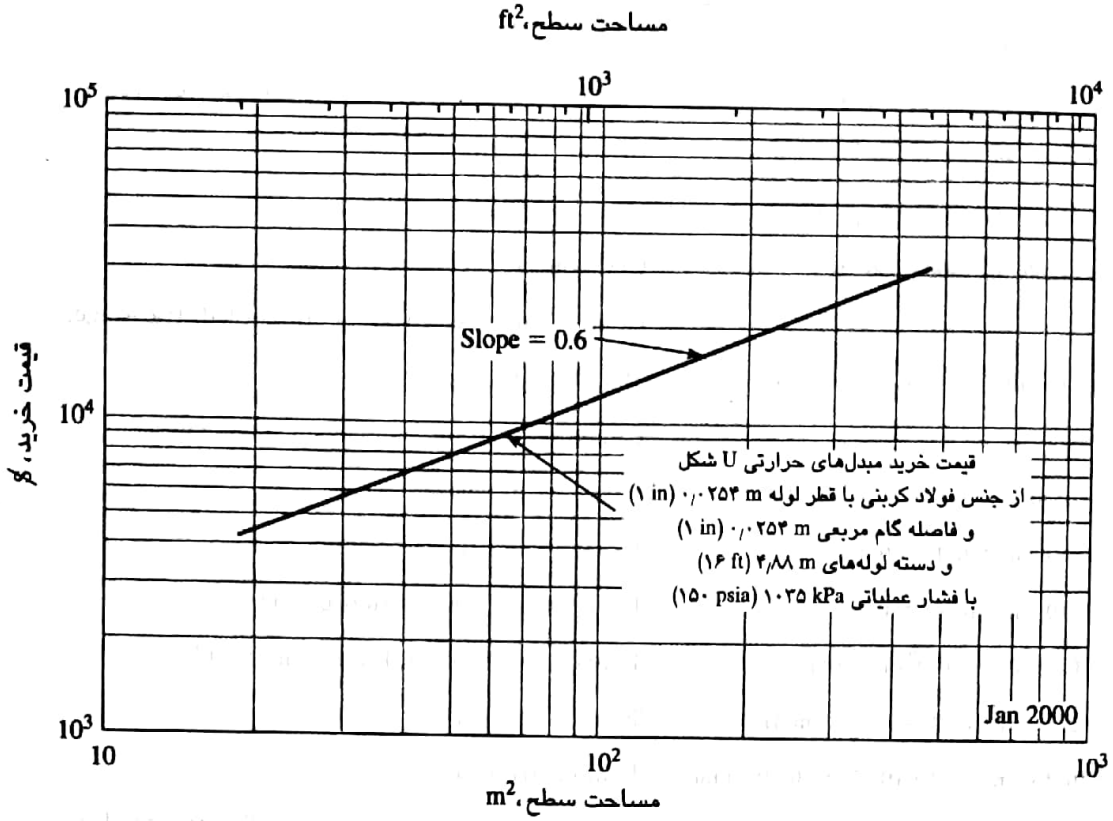
$$\text{قیمت دستگاه a} = (\text{قیمت دستگاه b})X^{0.6}$$

معادلهٔ قبل نشان می‌دهد که نمودار لگاریتمی ظرفیت برحسب قیمت برای یک نوع دستگاه مشخص یک خط مستقیم با شیب ۰/۶ خواهد بود. شکل ۶ ـ ۵ یک نمودار از این نوع را برای مبدل‌های پوسته ـ لوله نشان می‌دهد. کاربرد قانون ۰/۶ در مورد بیشتر تجهیزات نهایت ساده‌سازی است زیرا مقادیر واقعی نمای ظرفیت همان‌طور که در جدول ۶ ـ ۴ آمده از کمتر از ۰/۳ تا بیشتر از ۱ تغییر می‌کند. به‌همین دلیل، قانون توان ۰/۶ فقط در نبود هرگونه اطلاعات ضروری باید مورد استفاده قرار گیرد.

به‌طور کلی، هنگامی که نسبت ظرفیت به ۱۰ برابر می‌رسد از مفهوم ظرفیت هزینه نباید استفاده کرد و باید دقت شود که دو دستگاه از لحاظ مواد سازنده، محدوده‌های دما و فشار عملیاتی و سایر متغیرها مشابه باشند. با همهٔ اینها، قانون ۰/۶ به‌طور گسترده در تقریب قیمت تجهیزات و حتی کل هزینهٔ فرآیندی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1- Scaling

2- Six-tenths factor



شکل ۶ ـ ۵

کاربرد قانون «عامل ۰/۶» برای مبدل‌های حرارتی U شکل.

مثال ۶ ـ ۲ برآورد هزینهٔ تجهیزات با استفاده از عامل بزرگنمایی و شاخص هزینه

قیمت خرید یک رآکتور با جداره (بدون الکتروموتور) که داخل آن شیشه‌اندود شده به‌حجم $0.2\ m^3$ در سال ۱۹۹۱ برابر با $10000 بود. قیمت رآکتور مشابهی با حجم $1.2\ m^3$ در سال ۱۹۹۶ را تخمین بزنید. از متوسط سالیانه شاخص هزینهٔ Chemical Eng. plant برای به‌روز کردن قیمت رآکتور استفاده کنید.

■ **حل:**

شاخص هزینهٔ Chemical Eng. plant در سال ۱۹۹۱ برابر ۳۶۱ و در سال ۱۹۹۶ برابر ۳۸۲ (جدول ۶ ـ ۲) بوده است. از جدول ۶ ـ ۴ نمای قیمت دستگاه برحسب ظرفیت برابر ۰/۵۴ است:

$$\text{قیمت رآکتور در سال ۱۹۹۶} = (10000\$)\left(\frac{382}{361}\right)\left(\frac{1.2}{0.2}\right)^{0.54} = 27850\$$$

جدول ۶ـ۴ نماهای متداول برای قیمت تجهیزات به‌صورت تابعی از ظرفیت

نما	محدودهٔ اندازه	تجهیزات
0.49	1.4–7.1 m^3 (50–250 ft^3)	Blender, double cone rotary, carbon steel (c.s.)
0.59	0.5–4.7 m^3/s (10^3–10^4 ft^3/min)	Blower, centrifugal
0.67	7.5–75 kW (10–10^2 hp) drive	Centrifuge, solid bowl, c.s.
0.37	15–200 m^3 (500–7000 ft^3)	Crystallizer, vacuum batch, c.s.
0.69	0.005–0.19 m^3 (10–400 ft^3/min)	Compressor, reciprocating, air-cooled, two-stage, 1035-kPa discharge
0.79	0.05–0.5 m^3/s (10^2–10^3 ft^3/min)	Compressor, rotary, single-stage, sliding vane, 1035-kPa discharge
0.76	1–10 m^2 (10–10^2 ft^2)	Dryer, drum, single vacuum
0.40	1–10 m^2 (10–10^2 ft^2)	Dryer, drum, single atmospheric
0.54	10–1000 m^2 (10^2–10^4 ft^2)	Evaporator (installed), horizontal tank
0.44	0.5–5 m^3/s (10^3–10^4 ft^3/min)	Fan, centrifugal
1.17	10–35 m^3/s (2×10^4–7×10^4 ft^3/min)	Fan, centrifugal
0.60	10–40 m^2 (100–400 ft^2)	Heat exchanger, shell-and-tube, floating head, c.s.
0.44	10–40 m^2 (100–400 ft^2)	Heat exchanger, shell-and-tube, fixed sheet, c.s.
0.27	1–3 m^3 (250–800 gal)	Kettle, cast-iron, jacketed
0.31	0.8–3 m^3 (200–800 gal)	Kettle, glass-lined, jacketed
0.69	4–15 kW (5–20 hp)	Motor, squirrel cage, induction, 440-V, explosion-proof
0.99	15–150 kW (20–200 hp)	Motor, squirrel cage, induction, 440-V, explosion-proof
0.34	1×10^{-4}–6×10^{-3} m^3/s (2–100 gpm)	Pump, reciprocating, horizontal cast-iron (includes motor)
0.33	4–40 $m^3/s.kPa$ (10^4–10^5 gpm.psi)	Pump, centrifugal, horizontal, cast steel (includes motor)
0.54	0.2–2.2 m^3 (50–600 gal)	Reactor, glass-lined, jacketed (without drive)
0.56	0.4–4.0 m^3 (10^2–10^3 gal)	Reactor, stainless steel, 2070-kPa
0.49	1.5–7 m^3 (50–250 ft^3)	Separator, centrifugal, c.s.
0.57	0.4–40 m^3 (10^2–10^4 gal)	Tank, flat head, c.s.
0.49	0.4–40 m^3 (10^2–10^3 gal)	Tank, c.s., glass-lined
0.62	5×10^2–10^6 kg(10^3–2×10^6 lb)	Tower, c.s.
1.20	1–3 m(3–10 ft) diameter	Tray, bubble cap, c.s.
0.86	1–3 m(3–10 ft) diameter	Tray, sieve, c.s.

قیمت دستگاه‌هایی مثل مخازن، تانک‌ها و تجهیزات حمل و نقل مواد را معمولاً می‌توان با مبنای وزنی برآورد کرد. سود جستن از این واقعیت که بسیاری از تجهیزات گوناگون به‌ازای یک وزن مشخص دارای قیمت یکسانی هستند، به‌خصوص زمانی که اطلاعات دیگری در دسترس نباشد، کار بسیار مفیدی خواهد بود. معمولاً اطلاعاتی که با این روش به‌دست می‌آید برای تخمین مطالعاتی از اعتبار کافی برخوردار می‌باشند.

حمل و تحویل دستگاه خریداری‌شده

قیمت تجهیزات خریداری‌شده معمولاً به‌صورت f.o.b.[1] گفته می‌شود (به‌این معنی که خریدار هزینهٔ حمل را می‌پردازد). واضح است که هزینه‌های حمل و نقل به‌عوامل زیادی مثل وزن، اندازهٔ دستگاه، فاصله از مبدأ تا کارخانه و طریقهٔ حمل بستگی دارد. برای تخمین اولیه، در حدود ۱۰ درصد قیمت دستگاه را می‌توان بابت هزینهٔ حمل در نظر گرفت.

نصب دستگاه خریداری‌شده

نصب تجهیزات فرآیندی هزینه‌های مختلفی را دربر می‌گیرد از جمله؛ نیروی کار، پی‌ریزی، نگهدارنده‌ها، صفحاتی که دستگاه بر روی آن نصب می‌شود، هزینه‌های ساخت و سایر عواملی که مستقیماً با بر پا کردن دستگاه ارتباط دارند. جدول ۶ ـ ۵ محدودهٔ معمول هزینه‌های نصب را به‌صورت درصدی از قیمت خرید دستگاه برای انواع تجهیزات نشان می‌دهد. هزینهٔ نیروی کار برای نصب به‌صورت تابعی از اندازهٔ دستگاه، نوسانات زیادی را نشان می‌دهد و پیش‌بینی آن مشکل است.

بررسی تعدادی از کارخانه‌های شیمیایی متداول نشان می‌دهد که قیمت خرید دستگاه بین ۶۵ تا ۸۰ درصد کل قیمت دستگاه نصب شده است و این مقدار بستگی به‌میزان پیچیدگی دستگاه و نوع کارخانه‌ای دارد که دستگاه در آن نصب می‌شود. بنابراین هزینه‌های نصب بین ۲۵ تا ۵۰ درصد قیمت خریداری و تحویل دستگاه تخمین زده می‌شود. به‌طور معمول، هزینه‌های مربوط به‌عایق‌کاری دستگاه و لوله کشی به‌ترتیب جزو هزینه‌های نصب دستگاه و هزینهٔ لوله کشی در نظر گرفته می‌شود. کل هزینهٔ نیروی کار و مواد مورد نیاز برای عایق‌کاری دستگاه و لوله کشی در کارخانه‌های شیمیایی تقریباً ۸ تا ۹ درصد قیمت خریداری و تحویل دستگاه است. این مقدار معادل حدود ۲ درصد کل هزینهٔ سرمایه گذاری است.

1- Free on board

جدول ۶ـ۵ هزینهٔ نصب تجهیزات فرآیندی به‌صورت درصدی از قیمت خرید دستگاه†

نوع دستگاه	هزینهٔ نصب، ٪
جداکننده‌های گریز از مرکز	۶۰ - ۲۰
کمپرسورها	۶۰ - ۳۰
خشک‌کن‌ها	۶۰ - ۲۵
تبخیرکننده‌ها	۹۰ - ۲۵
فیلترها	۸۰ - ۶۵
مبدل‌های حرارتی	۶۰ - ۳۰
کریستال‌کننده‌های مکانیکی	۶۰ - ۳۰
تانک‌های فلزی	۶۰ - ۳۰
همزن‌ها	۴۰ - ۲۰
پمپ‌ها	۶۰ - ۲۵
برج‌ها	۹۰ - ۶۰
کریستال‌کننده‌های تحت خلأ	۷۰ - ۴۰
تانک‌های چوبی	۶۰ - ۳۰

† Modified from K. M. Guthrie, *Process Plant Estimating, Evaluation, and Control*, Craftsman Book Company of America, Solana beach, CA, 1974.

ابزار دقیق و کنترل‌ها

هزینه‌های ابزار دقیق، هزینه‌های نیروی کار برای نصب، و هزینه‌های تجهیزات و مواد جانبی بخش عمدهٔ سرمایهٔ مورد نیاز برای ابزار دقیق را تشکیل می‌دهند. کل هزینهٔ ابزار دقیق و کنترل بستگی به‌میزان کنترل مورد نیاز داشته و ممکن است بالغ بر ۸ تا ۵۰ درصد قیمت کل دستگاه تحویلی گردد.

برای کارخانه‌های شیمیایی که دارای فرآیند جامد ـ سیال هستند، مقدار ۲۶ درصد قیمت دستگاه خریداری تحویل‌شده به‌عنوان برآورد مجموع هزینهٔ کنترل و ابزار دقیق توصیه شده است. این هزینه تقریباً ۵ درصد کل سرمایه گذاری است.

لوله‌کشی

هزینهٔ لوله کشی اقلام زیر را دربر می‌گیرد؛ هزینهٔ کارگر، شیرآلات، اتصالات، لوله، نگهدارنده‌ها و سایر موارد مورد نیاز برای برپایی کامل لوله کشی که مستقیماً در فرآیند به کار می‌روند. این هزینه شامل مواد اولیه، محصولات، مواد واسط، محصولات نهایی، بخار، آب، هوا، فاضلاب و سایر لوله کشی‌های فرآیند می‌شود. با توجه به‌اینکه لوله کشی واحد فرآیندی ممکن است تا ۸۰ درصد قیمت خرید و حمل دستگاه یا ۲۰ درصد FCI افزایش یابد، اهمیت این مورد در تخمین سرمایه گذاری کاملاً روشن است.

روش‌های برآورد لوله کشی یا بر مبنای میزان دقیق لوله کشی در برگه‌های جریان و یا در مواردی که نقشه‌های جزییات و یا برگه جریان موجود نباشند با استفاده از تکنیک فاکتور صورت می‌گیرد. کاربرد فاکتور به‌صورت درصدی از قیمت خریداری دستگاه و درصدی از سرمایه گذاری ثابت بر تجارب به‌دست آمده از لوله کشی کارخانه‌های مشابه که قبلاً در واحدهای فرآیندی نصب شده استوار است. جدول ۶ ـ ۶ تخمین غیردقیق هزینهٔ لوله کشی برای انواع مختلف فرآیندهای شیمیایی را نشان می‌دهد.

جدول ۶ ـ ۶ هزینهٔ تخمینی لوله‌کشی

نوع کارخانهٔ فرآیندی	درصد از تجهیزات خریداری‌شده			درصد از تجهیزات‌سرمایه گذاری ثابت
	مواد	کارگر	کل	
جامد†	۹	۷	۱۶	۷
جامد ـ سیال††	۱۷	۱۴	۳۱	۴
سیال*	۳۸	۳۰	۶۸	۱۳

† کارخانهٔ زغال یک کارخانهٔ معمول فرآیند جامد خواهد بود.

†† کارخانهٔ تصفیهٔ روغن که در آن عملیات‌های خرد کردن، آسیاب کردن و استخراج انجام می‌شود، یک کارخانهٔ معمول فرآیند جامد ـ سیال خواهد بود.

* سیستم جداسازی تقطیر، یک کارخانهٔ معمول فرآیند سیال خواهد بود.

اطلاعات بیشتری برای تخمین هزینه‌های لوله کشی در فصل ۱۲ ارایه شده است. هزینهٔ کارگر برای نصب حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد کل هزینهٔ لوله کشی نصب‌شده برآورد می‌شود. هزینهٔ مواد و کارگر برای عایق‌کاری لوله کشی بین ۱۵ تا ۲۵ درصد کل هزینهٔ لوله کشی نصب‌شده تخمین زده می‌شود و این هزینه به‌میزان زیادی تحت تأثیر درجهٔ حرارت جریان‌های عبورکننده از لوله‌ها قرار دارد.

سیستم‌های الکتریکی

سیستم‌های الکتریکی از چهار جزء اصلی به‌نام‌های سیم‌کشی برق، روشنایی، انتقال و خدمات و سیم‌کشی مربوط به کنترل و ابزار دقیق تشکیل می‌شود. در بیشتر کارخانه‌های شیمیایی هزینهٔ نصب‌شده سیستم‌های الکتریکی بین ۱۵ تا ۳۰ درصد قیمت خریداری و تحویل دستگاه یا بین ۴ تا ۸ درصد سرمایه گذاری ثابت است.

ساختمان‌ها

هزینهٔ ساختمان‌ها شامل سرویس‌ها، هزینه‌های مربوط به کارگر، مواد و هزینهٔ مورد نیاز برای برپایی

ساختمان‌های مرتبط با کارخانه است. هزینه‌های تراز کردن، گرمادهی، روشنایی، تهویه و سایر سرویس‌های مشابه ساختمانی در نظر گرفته می‌شوند. هزینهٔ ساختمان‌ها به‌همراه سرویس‌های آنها، برای واحدهای فرآیندی مختلف در جدول ۶ـ۷ به‌صورت درصدی از قیمت دستگاه خریداری شده و همچنین درصدی از سرمایه گذاری ثابت ارایه شده است.

محوطه‌سازی

هزینه‌های حصارکشی، شیب‌بندی، جاده‌ها، پیاده‌روها، کنارسازی خطوط راه‌آهن، زیباسازی و موارد مشابه همه جزو هزینه‌های محوطه‌سازی هستند. هزینهٔ این موارد در بیشتر کارخانه‌های شیمیایی ۱۰ تا ۲۰ درصد هزینهٔ دستگاه خریداری شده است. این مقدار تقریباً حدود ۲ تا ۵ درصد سرمایه گذاری ثابت است.

امکانات خدماتی

امکانات مورد نیاز برای تأمین بخار، آب، برق، هوای فشرده و سوخت، بخشی از امکانات خدماتی یک کارخانهٔ فرآیندی شیمیایی را تشکیل می‌دهند. دفع پساب، آتش‌نشانی، و موارد گوناگون دیگر مثل فروشگاه، کمک‌های اولیه و تجهیزات مربوط به‌قهوه‌خانه نیاز به‌صرف سرمایه دارند که همگی جزو هزینه‌های خدماتی محسوب می‌شوند.

جدول ۶ـ۷ هزینهٔ ساختمان‌ها به‌همراه سرویس‌ها بر مبنای قیمت دستگاه خریداری‌شده یا سرمایه‌گذاری ثابت

نوع کارخانهٔ فرآیندی†	درصد از قیمت دستگاه خریداری‌شده			درصد ازسرمایه گذاری ثابت		
	واحد جدید			واحد جدید		
	کارخانهٔ جدید در محل جدید††	در محل کارخانهٔ موجود*	توسعه در کارخانهٔ موجود	کارخانهٔ جدید در محل جدید††	در محل کارخانهٔ موجود*	توسعه در کارخانهٔ موجود
جامد	۶۸	۲۵	۱۵	۱۸	۷	۴
جامد ـ سیال	۴۷	۲۹	۷	۱۲	۷	۲
سیال	۴۵	۱۸ـ۵**	۶	۱۰	۴ـ۲**	۲

† برای توضیح انواع کارخانه‌های فرآیندی به‌جدول ۶ـ۶ مراجعه کنید.

†† عموماً به‌یک کارخانه که از ابتدا ساخته می‌شود اطلاق می‌گردد.

* به‌یک کارخانه که محدودهٔ آن مشخص است اطلاق می‌گردد.

** مقدار کمتر در پالایشگاه نفت و صنایع وابسته قابل استفاده است.

کل هزینهٔ لازم برای تأسیس امکانات جانبی در کارخانه‌های شیمیایی معمولاً بین ۳۰ تا ۸۰ درصد قیمت دستگاه خریداری شده بوده که ۵۵ درصد آن متوسط هزینهٔ یک کارخانهٔ معمولی جامد ـ سیال را نشان می‌دهد. یک کارخانهٔ فرآیندی کوچک و پیوسته و تک‌محصولی، هزینه تقریباً به‌سوی حد پایین محدوده میل می‌کند. اما یک واحد بزرگ جدید که دارای چندین فرآیند است و در یک محل جدید بنا می‌شود، هزینه‌ها به‌سمت حد بالایی محدودهٔ ذکرشده برای آن میل می‌کنند. هزینهٔ امکانات جانبی بر مبنای سرمایه گذاری ثابت، معمولاً بین ۸ تا ۲۰ درصد با مقدار میانگین ۱۴ درصد در نوسان است. جدول ۶ ـ ۸ فهرستی از محدوده متداول را برحسب درصدی از سرمایه گذاری ثابت ارایه می‌دهد که می‌تواند برای اجزای مختلف امکانات جانبی در نظر گرفته شود. به‌جز مواردی که کل امکانات جدید است معمولاً در نظر گرفتن کل امکانات خدماتی برای هر واحد فرآیندی غیرمحتمل است. این موضوع تا حد زیادی محدودهٔ وسیع تغییرات نسبت داده شده به‌هر یک از اجزای جدول ۶ ـ ۸ را توجیه می‌کند. همچنین این محدوده میزان نیاز امکانات به‌موازنه‌های انرژی فرآیند را نشان می‌دهد. امکانات جانبی به‌میزان زیادی تابع اندازهٔ فیزیکی کارخانه است و در بیشتر کارخانه‌ها این وابستگی به‌میزان متفاوتی خود را نشان می‌دهد. حذف تأسیسات غیرضروری سبب بالا رفتن درصد نسبی امکانات خدماتی ضروری می‌شود. در نظر گرفتن این حقیقت در کنار ارزیابی دقیق میزان امکانات جانبی مورد نیاز کارخانه باعث می‌شود تا انتخاب درصد منطقی هزینه از جدول ۶ ـ ۸ برای هر طراحی خاص امکان‌پذیر شود.

عوامل سلامتی، ایمنی و زیست‌محیطی

با گذشت زمان، ضرورت توجه به‌عوامل سلامت و بهداشت حرفه‌ای و زیست‌محیطی در کارخانه‌ها به‌نحو قابل توجهی افزایش یافته است. در جدول ۶ ـ ۸ مقادیر متوسط مجاز این عوامل ارایه شده است.

اما در واقعیت، بیشتر کارخانه‌ها هزینه‌ای به‌مراتب بیشتر از مقادیر پیشنهادی در این جدول نیاز دارند. به‌نظر می‌رسد راهکار عمومی برای تخمین این هزینه‌ها وجود نداشته باشد. توصیهٔ اکید می‌شود که در طراحی هر کارخانه‌ای به‌این هزینه‌ها توجه شود. این عوامل نباید به‌عنوان یک جزء مجزا در طراحی محسوب شوند بلکه باید قسمتی از طراحی فرآیند باشند. اجتناب از آلودگی و روش‌های به‌حداقل‌رسانی مواد آلوده کننده باید بخشی از راهکارهای طراحی باشند. گاهی حداقل کردن آلودگی انگیزه‌ای برای توسعهٔ طراحی و ساخت فرآیند جدید می‌شود.

زمین

هزینهٔ زمین و تعیین موقعیت و حق‌الزحمه‌ها بستگی به‌محل کارخانه دارد و ممکن است با توجه به‌فاکتور

جدول ۶ـ۸ امکانات جانبی مختلف برحسب درصدی از سرمایه‌گذاری ثابت

امکانات جانبی	محدوده، ٪	مقدار متداول، ٪
تولید بخار	۲/۶ـ۶/۰	۳/۰
توزیع بخار	۰/۲ـ۲/۰	۱/۰
تأمین آب مصرفی، آب خنک‌کننده و پمپ‌کردن آنها	۰/۴ـ۳/۷	۱/۸
تصفیهٔ آب	۰/۵ـ۲/۱	۱/۳
توزیع آب	۰/۱ـ۲/۰	۰/۸
ایستگاه برق	۰/۹ـ۲/۶	۱/۳
توزیع برق	۰/۴ـ۲/۱	۱/۰
تأمین و توزیع گاز	۰/۲ـ۰/۴	۰/۳
فشرده‌کردن و توزیع هوا	۰/۲ـ۳/۰	۱/۰
سردسازی به‌همراه توزیع	۰/۵ـ۲/۰	۱/۰
دفع پسماند فرآیندی	۰/۶ـ۲/۴	۱/۵
دفع پسماند بهداشتی	۰/۲ـ۰/۶	۰/۴
ارتباطات و مخابرات	۰/۱ـ۰/۳	۰/۲
انبارداری مواد اولیه	۰/۳ـ۳/۲	۰/۵
انبارداری محصول تمام‌شده	۰/۷ـ۲/۴	۱/۵
سیستم‌های اطفای حریق	۰/۳ـ۱/۰	۰/۵
نصب سیستم‌های ایمنی	۰/۲ـ۰/۶	۰/۴

هزینه در واحد هکتار، بین ۳۰ تا ۵۰ در نوسان باشد، بسته به‌اینکه مورد یک ناحیهٔ روستایی و یا ناحیهٔ کاملاً صنعتی باشد. به‌عنوان یک متوسط غیردقیق می‌توان هزینه‌های زمین برای کارخانه‌های صنعتی را بین ۴ تا ۸ درصد قیمت خریداری تجهیزات و یا ۱ تا ۲ درصد کل هزینهٔ سرمایه گذاری در نظر گرفت. طبق قانون زمین مستهلک نمی‌شود، بنابراین معمولاً جزو سرمایه گذاری ثابت در نظر گرفته نمی‌شود. بهتر است آن را به‌صورت سرمایه‌ای که تنها در زمان ساخت کارخانه صرف می‌شود در نظر گرفت.

مهندسی و نظارت

هزینه‌های طراحی ساخت و مهندسی شامل نرم‌افزارهای داخلی یا تحت لیسانس، نقشه‌های رایانه‌ای، خرید، حسابداری، ساخت و مهندسی هزینه، مسافرت، ارتباطات، هزینه‌های دفتر کار به‌علاوه هزینه‌های اضافی، کل سرمایه گذاری مربوط به‌مهندسی و نظارت را تشکیل می‌دهند. این هزینه را نمی‌توان مستقیماً جزو قیمت دستگاه، مواد یا کارگر در نظر گرفت و به‌طور معمول به‌عنوان هزینه‌ای غیرمستقیم در نظر گرفته

می‌شود که تقریباً ۳۰ درصد قیمت دستگاه تحویل داده شده یا ۸ درصد سرمایه گذاری ثابت یک کارخانهٔ فرآیندی است.

هزینه‌های قانونی

هزینه‌های قانونی به‌میزان زیادی ناشی از خرید زمین، خرید دستگاه و قراردادهای ساخت است. همچنین هزینه‌های مربوط به‌رعایت موازین دولتی، زیست‌محیطی و ایمنی از عوامل اصلی تشکیل هزینه‌های قانونی هستند. کل این هزینه‌ها حدود ۱ تا ۳ درصد سرمایه گذاری ثابت را تشکیل می‌دهند.

هزینه‌های ساخت

یکی دیگر از هزینه‌های غیرمستقیم کارخانه، اجزای ساخت یا هزینه‌های محوطه[1] است و شامل هزینه‌های موقتی ساخت و عملیات، ابزارهای ساخت و اجاره‌بها، هزینه‌های کارکنان دفاتر مستقر در محل کارخانه، حقوق کارگران، مسافرت‌ها و اسکان، مالیات و بیمه و سایر هزینه‌های اضافی ساخت است. این هزینه گاهی جزو هزینه‌های نصب یا بیشتر جزو هزینه‌های مهندسی، نظارت و ساخت در نظر گرفته می‌شود. برای کارخانه‌های فرآیندی شیمیایی معمول هزینه‌های ساخت تقریباً ۸ تا ۱۰ درصد سرمایه گذاری ثابت است.

دستمزد پیمانکار

دستمزد پیمانکار در جاهای مختلف متغیر است ولی می‌توان آن را حدود ۲ تا ۸ درصد هزینهٔ مستقیم یا ۱/۵ تا ۶ درصد سرمایه گذاری ثابت تخمین زد.

هزینه‌های غیرمترقبه[2]

تجربه‌های گذشته نشان می‌دهد که حوادث و تغییرات غیرمنتظره هزینهٔ پروژه و طرح را به‌طور اجتناب‌ناپذیر افزایش می‌دهند، به‌همین دلیل در تمام قسمت‌ها باید هزینه‌های غیرمترقبه را به‌میزان اندک در برآورد سرمایه گذاری در نظر گرفت. حوادثی مثل طوفان‌ها، طغیان رودخانه‌ها، تصادفات حمل و نقل، اعتصابات، تغییرات قیمت، خطا در برآورد هزینه‌ها، و سایر هزینه‌های پیش‌بینی نشده، حتی علیرغم غیرپیش‌بینی شدنشان ممکن است اتفاق بیافتند. عوامل پیش‌بینی نشده به‌طور معمول بین ۵ تا ۱۵ درصد سرمایه گذاری ثابت متغیر است و مقدار متوسط ۸ درصد برای آن معقول به‌نظر می‌رسد.

1- Field expenses 2- Contingencies

روش‌های برآورد سرمایه‌گذاری

روش‌های مختلفی برای برآورد سرمایه گذاری می‌توان به کار برد. انتخاب یکی از روش‌ها بستگی به‌میزان اطلاعات از جزییات و دقت مورد نظر دارد. برای این منظور در این فصل ۷ روش ارایه شده است که به‌ترتیب نیاز به‌اطلاعات کمتری داشته و زمان کمتری برای محاسبه نیاز دارند. در نتیجه دقت روش‌ها نیز به‌ترتیب کاهش پیدا می‌کند.

روش A: برآوردسرمایه گذاری با جزییات کامل. در این روش لازم است تک‌تک موارد نشان داده شده در جدول ۶ ـ ۱ به‌طور دقیق تعیین شوند. تجهیزات و مواد مورد نیاز با استفاده از نقشه‌های تکمیلی و مشخصات تعیین‌شده و قیمت آنها از روی اطلاعات قیمت موجود و یا ترجیحاً از روی قیمت‌های استعلام‌شده تعیین می‌گردند. برآورد قیمت نصب از روی اطلاعات دقیق وضعیت نیروی کار، بازدهی، و محاسبهٔ نفر ساعت کار مورد نیاز تعیین می‌شود. برآورد دقیق مهندسی، ساعت‌های کاری برای نظارت و هزینه‌های محل کارخانه نیز باید به‌همین ترتیب محاسبه شوند. برای آنکه خطای مربوط به‌توسعهٔ کارخانه و هزینه‌های ساخت به کمترین حد برسد، باید تحقیقات کامل در ارتباط با محل کارخانه و زمین آن در دسترس باشد. در حقیقت در این نوع برآورد قیمت تلاش می‌شود تا برآورد سرمایه تا حد امکان به‌طور دقیق انجام شود و برای این کار از فروشنده‌ها و تأمین‌کنندگان قطعات استعلام قیمت می‌شود. با توجه به‌اطلاعات مورد نیاز و مطالعات مهندسی زیادی که برای چنین برآوردی لازم است این نوع برآورد قیمت منحصراً توسط پیمانکارانی که قصد شرکت در مناقصه‌های بزرگ را دارند به‌وسیلهٔ نقشه‌ها و مشخصات نهایی صورت می‌گیرد. انتظار می‌رود این روش دقتی در حد ۵ ± درصد داشته باشد.

روش B: برآورد قیمت واحد[1]. در این روش، برآوردی دقیق از کل سرمایه گذاری ثابت به‌دست می‌دهد مشروط به‌اینکه سوابق دقیقی از تجارب گذشته در تخمین قیمت در دسترس باشد. این روش که معمولاً برای برآوردهای قطعی و اولیه به کار می‌رود نیاز به‌برآوردهای جزیی قیمت خرید با استفاده از استعلام‌ها یا اطلاعات منتشر شدهٔ قیمت دارد که به کمک شاخص‌های بها اصلاح شده‌اند. هزینهٔ کارگر برای نصب، به‌صورت کسری از قیمت دستگاه تحویل داده شده محاسبه می‌شود. هزینهٔ بتن، استیل، لوله، سیستم‌های الکتریکی، ابزار دقیق، عایق‌کاری و غیره با اطلاعات به‌دست آمده از نقشه‌ها و اعمال روش قیمت واحد بر مواد و نیروی کار به‌دست می‌آید. همچنین قیمت واحد برای تعیین نفر ساعت‌های کار مهندسی، تعداد نقشه‌ها و مشخصات آنها به کار می‌رود. عامل مربوط به‌هزینه‌های ساخت، دستمزد پیمانکاران، و هزینه‌های

1- Unit Cost Estimate

پیش‌بینی نشده با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از پروژه‌های قبلاً تکمیل‌شده برآورد می‌شود و برای تکمیل این نوع برآورد به کار می‌رود. معادلهٔ ۶ ـ ۳ این روش را به‌طور خلاصه به‌صورت زیر نشان می‌دهد:†

$$C_n = \left[\sum(E + E_L) + \sum(f_x M_x + f_y M'_L) + \sum f_e H_e + \sum f_d d_n\right] f_F \qquad (۶ - ۳)$$

که C_n سرمایه گذاری جدید، E قیمت خرید و حمل دستگاه، E_L هزینهٔ کارگر برای حمل دستگاه، f_x قیمت واحد یک مادهٔ معین، M_x مقدار یک مادهٔ معین با واحدهای مناسب، f_y قیمت واحد نیروی کار برای یک مادهٔ معین به‌ازای نفر ساعت، M'_L نفر ساعت نیروی کار برای یک مادهٔ معین، f_e قیمت واحد برای امور مهندسی، H_e نفر ساعت کارهای مهندسی، f_d قیمت واحد برای نقشه‌ها یا مشخصات دستگاه‌ها، d_n تعداد نقشه‌ها یا مشخصات دستگاه‌ها، f_F فاکتور ساخت یا هزینه‌های محل کارخانه (همیشه بیشتر از یک). بسته به‌در دسترس بودن جزییات، روش برآورد قیمت واحد باید دقتی در حدود ۱۰ ± تا ۲۰ درصد داشته باشد.

روش C: درصدی از قیمت دستگاه خریداری و تحویل داده شده. این روش برآورد سرمایه گذاری ثابت و کل سرمایه گذاری، نیاز به‌تعیین قیمت دستگاه تحویل داده شده دارد. سایر اقلام گنجانده شده در کل هزینهٔ مستقیم کارخانه به‌صورت درصدی از قیمت دستگاه تحویل شده محاسبه می‌شوند. سایر اجزای سرمایه گذاری نیز بر مبنای درصدهای متوسط از کل هزینه‌های مستقیم، کل هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم کارخانه یا کل سرمایه گذاری به‌دست می‌آیند. این موارد در معادلهٔ هزینهٔ زیر خلاصه شده‌اند:

$$C_n = \sum(E + f_1 E + f_2 E + f_3 E + \ldots + f_n E) = E\sum(1 + f_1 + f_2 + \ldots + f_n) \qquad (۶ - ۴)$$

که $f_1, f_2, f_3, \ldots, f_n$ ضرایب لوله کشی، برق، هزینه‌های غیرمستقیم، و غیره می‌باشند. عواملی که برای برآورد هزینه در این روش به کار می‌روند باید بر مبنای نوع فرآیند، میزان پیچیدگی طراحی، مواد مورد نیاز برای ساخت، محل کارخانه و تجارب گذشته تعیین گردند و سایر موارد بسته به‌واحد خاصی که مورد بررسی است تعیین می‌شوند. مقادیر متوسط درصدهای مختلف برای کارخانه‌های شیمیایی متداول تعیین شده است، این مقادیر در جدول ۶ ـ ۹ ارایه شده است.

برآورد به کمک درصدی از قیمت دستگاه تحویل داده شده، معمولاً برای برآوردهای مقدماتی و مطالعاتی به کار می‌رود. دقت مورد انتظار در حدود ۲۰ ± تا ۳۰ درصد است. در صورتی که این برآورد برای طرح‌هایی با ساختار مشابه کارخانه‌هایی که به‌تازگی ساخته شده‌اند به کار گرفته شود، دقت بیشتری به‌دست می‌آید. در مقایسه کارخانه‌هایی که ظرفیت متفاوتی دارند، این روش گاهی دقت بالایی در حدود ۱۰ ± درصد را نشان داده است.

---

† H. C. Bauman, *Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry*, Reinhold, New York, 1964.

جدول ۶ـ۹ فاکتورهای نسبت برای برآورد عناصر سرمایه‌گذاری، بر مبنای قیمت تحویلی دستگاه

مقادیر ارایه شده در مورد اضافات کارخانه فرآیندی اصلی به‌یکی از محل‌های موجود که زمین لازم از طریق خرید یا مالکیت فصلی وجوددارد صدق می‌کند†. این مقادیر بر مبنای سرمایه‌گذاری ثابت و محدودهٔ آن از کمتر از یک میلیون دلار تا بیش از ۱۰۰ میلیون دلار می‌باشد.

	درصد از قیمت دستگاه تحویل‌داده شده برای		
	کارخانهٔ فرآیندی جامد††	کارخانهٔ فرآیندی جامد ـ سیال††	کارخانهٔ فرآیندی سیال††
هزینه‌های مستقیم			
دستگاه خریداری و حمل‌شده (شامل تجهیزات ساخته‌شده، ماشین‌آلات فرآیندی، پمپ‌ها و کمپرسورها)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
نصب تجهیزات خریداری‌شده	۴۵	۳۹	۴۷
ابزار دقیق و کنترل (نصب‌شده)	۱۸	۲۶	۳۶
لوله‌کشی (نصب‌شده)	۱۶	۳۱	۶۸
سیستم‌های برقی (نصب‌شده)	۱۰	۱۰	۱۱
ساختمان‌ها (به‌همراه سرویس‌ها)	۲۵	۲۹	۱۸
محوطه‌سازی	۱۵	۱۲	۱۰
خدمات رفاهی (نصب‌شده)	۴۰	۵۵	۷۰
کل هزینهٔ مستقیم کارخانه	۲۶۹	۳۰۲	۳۶۰
هزینه‌های غیرمستقیم			
مهندسی و نظارت	۳۳	۳۲	۳۳
هزینه‌های ساخت	۳۹	۳۴	۴۱
هزینه‌های قانونی	۴	۴	۴
دستمزد پیمانکار	۱۷	۱۹	۲۲
هزینه‌های غیرمترقبه	۳۵	۳۷	۴۴
کل هزینه‌های غیرمستقیم کارخانه	۱۲۸	۱۲۶	۱۴۴
سرمایه‌گذاری ثابت	۳۹۷	۴۲۸	۵۰۴
سرمایه در گردش (۱۵ درصد کل سرمایه‌گذاری)	۷۰	۷۵	۸۹
کل سرمایه‌گذاری	۴۶۷	۵۰۳	۵۹۳

† به‌دلیل هزینه‌های اضافی مربوط به‌فراهم کردن امکانات خدماتی، امکانات انبارداری، پایانه‌های بارگیری، امکانات حمل و نقل و سایر امکانات لازم برای یک واحد کاملاً توسعه‌نیافته، کل سرمایه گذاری برای یک واحد جدید که در یک محل توسعه‌نیافته بنا می‌شود ممکن است صد در صد بیشتر از کارخانهٔ معادل آن باشد که به‌یک کارخانهٔ موجود اضافه می‌شود.

†† برای توضیح در مورد انواع کارخانه‌های فرآیندی به‌جدول ۶ـ۶ مراجعه کنید.

مثال ۶ ـ ۳ برآورد سرمایه گذاری ثابت با استفاده از درصد قیمت دستگاه تحویل داده شده:

یک برآورد مطالعاتی دربارهٔ سرمایه گذاری ثابت کارخانهٔ فرآیندی توصیف شده در مثال ۶ ـ ۱ تهیه کنید. قیمت دستگاه تحویل داده شده را ۱۰۰۰۰۰ دلار در نظر بگیرید.

■ **حل:**

از فاکتورهای نسبت در جدول ۶ ـ ۹ به‌همراه اصلاحات انجام گرفته روی ابزار دقیق و عملیات‌های خارج از فرآیند استفاده کنید. هزینهٔ ابزار دقیق را ۱۰ درصد سرمایه گذاری ثابت یعنی (۱۰۰ / ۴۲۸)×۰/۱ و یا ۴۳ درصد قیمت دستگاه خریداری و تحویل داده شده در نظر بگیرید. هزینهٔ ساختمان را ۱۵ درصد قیمت دستگاه در نظر بگیرید.

جزء	قیمت
دستگاه خریداری‌شده (حمل شده)، E	$ ۱۰۰۰۰۰
نصب دستگاه خریداری‌شده، 0.39E	۳۹۰۰۰
ابزار دقیق (نصب‌شده) 0.43E	۴۳۰۰۰
لوله‌کشی (نصب‌شده) 0.31E	۳۱۰۰۰
برق (نصب‌شده) 0.10E	۱۰۰۰۰
ساختمان‌ها (به‌همراه سرویس‌ها) 0.15E	۱۵۰۰۰
محوطه‌سازی، 0.12E	۱۲۰۰۰
امکانات خدماتی (نصب‌شده)، 0.55E	۵۵۰۰۰
کل هزینهٔ مستقیم کارخانه، D	۳۰۵۰۰۰
مهندسی و نظارت، 0.32E	۳۲۰۰۰
هزینه‌های ساخت، 0.34E	۳۴۰۰۰
هزینه‌های قانونی، 0.04E	۴۰۰۰
دستمزد پیمانکار، 0.19E	۱۹۰۰۰
هزینه‌های غیرمترقبه 0.37E	۳۷۰۰۰
کل هزینهٔ غیرمستقیم کارخانه، I	۱۲۶۰۰۰
سرمایه‌گذاری ثابت، D+I	$ ۴۳۱۰۰۰

■

شکل ۶ـ۶، یک صفحهٔ گسترده از برآورد سرمایه گذاری ثابت و کل سرمایه گذاری را با روش فاکتور نسبت قیمت دستگاه تحویل داده شده نشان می‌دهد و به‌طور مفصل در جدول ۶ ـ ۹ ارایه شده است. فاکتورهای پیش‌فرض برای سه نوع فرآیند متداول ـ جامد، جامد ـ مایع، و مایع ارایه شده‌اند. یک مجموعه از این فاکتورها با تک‌تک مقادیر را می‌توان برای یک کاربر معین در محل مناسب کپی کرد. و یا کاربر می‌تواند این مقادیر را برای بسیاری از فاکتورهای دلخواهش به کار برد.

کاربر باید کل هزینهٔ خریداری دستگاه را برای اجزای دستگاه‌های اصلی با استفاده از تعیین موازنه‌های انرژی و جرم و مشخصات عملیاتی دستگاه به‌دست آورد. این هزینه‌ها را می‌توان با استفاده از اطلاعات موجود در فصول ۱۲ تا ۱۵ برآورد کرد.

برای جزییات بیشتر به‌جدول ۶ـ۹ رجوع کنید				
معرف پروژه	بخشی از تجهیزاتی که تحویل شده است			
	کارخانهٔ فرآیندی مواد جامد	کارخانهٔ فرآیندی مواد جامد ـ سیال	کارخانهٔ فرآیندی مواد سیال	مقادیر کاربر	مقادیر محاسبه‌شده
هزینه‌های مستقیم					
تجهیزات خریداری‌شده					
تحویل دهی، درصدی از تجهیزات خریداری‌شده				۰/۰۱۰	
زیر مجموع: تجهیزات تحویل‌شده					
نصب تجهیزات خریداری‌شده	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۴۷		
ابزار دقیق و کنترل	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۳۶		
لوله کشی (نصب‌شده)	۰/۱۶	۰/۳۱	۰/۶۸		
سیستم‌های الکتریکی (نصب‌شده)	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۱		
ساختمان‌ها (به‌همراه سرویس‌ها)	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۱۸		
محوطه‌سازی	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۰		
تأسیسات جانبی (نصب‌شده)	۰/۴۰	۰/۵۵	۰/۷۰		
کل هزینهٔ مستقیم					
هزینه‌های غیرمستقیم					
مهندسی و نظارت	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۳		
هزینه‌های ساخت	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۴۱		
هزینه‌های قانونی	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴		
هزینهٔ پیمانکار	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۲		
حوادث غیرمترقبه	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۴۴		
کل هزینهٔ غیرمستقیم					
سرمایه گذاری ثابت					
سرمایه گذاری جاری	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۸۹		
کل سرمایه گذاری					

شکل ۶ـ۶

برآورد عناصر تشکیل‌دهندهٔ سرمایه‌گذاری براساس قیمت دستگاه تحویل داده شده.

روش D: ضرایب Lang برای تقریب زدن سرمایه گذاری

این روش اولین بار توسط Lang[†] پیشنهاد شد و برای برآوردهای هزینه به‌ترتیب بزرگی بسیار مورد استفاده قرار گرفت. در این روش سرمایه گذاری ثابت یا کل سرمایه گذاری یک کارخانهٔ فرآیندی با ضرب کردن قیمت دستگاه در یک ضریب مناسب به‌دست می‌آید. این ضرایب بسته به‌نوع کارخانهٔ فرآیندی مورد نظر تغییر می‌کند. درصدهای ارایه شده در جدول ۶ ـ ۱۰ تقریب‌های غیردقیقی هستند که برای کارخانه‌های فرآیندی نشان داده شده در نظر گرفته شده‌اند. این مقادیر را می‌توان به‌عنوان ضرایب Lang به‌منظور برآورد سرمایه گذاری ثابت یا کل سرمایه گذاری به کار برد.

با به کارگیری چندین ضریب به‌جای یک ضریب می‌توان برآوردهایی با دقت بیشتر انجام داد. یک روش، استفاده از ضرایب مختلف برای انواع تجهیزات است. روش دیگر، به کارگیری ضرایب مجزا برای نصب دستگاه‌ها، پی‌ریزی امکانات جانبی، لوله کشی و غیره، یا حتی استفاده از ضرایبی برای مواد و نیروی کار است.[††] با این روش، هر ضریب یک محدوده خواهد داشت که مهندس شیمی باید با استفاده از تجارب گذشته نسبت به‌انتخاب مقدار بالا، متوسط یا پایین تصمیم‌گیری کند.

از آنرو که جدول برای محاسبات رایانه‌ای مناسب نیست بهتر است ضرایب مختلف را با یکدیگر ترکیب کرده و معادله‌ای شبیه معادلهٔ ۶ ـ ۵ که توسط *Hirsch* و *Glazier*[†††] پیشنهاد شده به‌دست آورد.

$$C_n = f_I[E'(1+ f_F+ f_p+ f_m)+ E_i+ A] \qquad (۶-۵)$$

که در آن سه ضریب مربوط به‌هزینهٔ نصب، به‌نوبهٔ خود با سه معادلهٔ زیر تعریف می‌شوند:

$$\log f_F = 0.635 - 0.154 \log(0.001E') - 0.992\left(\frac{e}{E'}\right) + 0.506\left(\frac{f_v}{E'}\right) \qquad (۶-۶)$$

$$\log f_p = -0.266 - 0.014 \log(0.001E') - 0.156\left(\frac{e}{E'}\right) + 0.556\left(\frac{p}{E'}\right) \qquad (۶-۷)$$

$$\log f_m = 0.344 + 0.033 \log(0.001E') + 1.194\left(\frac{t}{E'}\right) \qquad (۶-۸)$$

که در این معادلات، E' قیمت خرید دستگاه بر مبنای f.o.b.، f_I ضریب مربوط به‌هزینهٔ غیرمستقیم

---

† H. J. Lang, *Chem. Eng.*, 54(10): 117 (1947); H. J. Lang, *Chem Eng.*, 55(6): 112 (1948).

†† توضیحات بیشتر در مورد این روش در مرجع زیر موجود است:
W. D. Baasel, *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*, 2d ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1990; S. G. Kirkham. *AACE Bull.*, 15(5): 137 (1972); C. A. Miller, *Cost Engineers' Notebook*, ASCE A-1000, 1978.

††† H. Hirsch and E. M. Glazier, *Chem, Eng. Prog*, 56(12): 37 (1960).

جدول ۶ ـ ۱۰ ضرایب اصلاح‌شدهٔ Lang برای برآورد سرمایه‌گذاری ثابت یا سرمایه‌گذاری کل

سرمایه‌گذاری ثابت یا سرمایه‌گذاری کل برای اضافات عمده به کارخانهٔ موجود = قیمت تحویلی دستگاه × ضریب

نوع کارخانه *	ضرایب Lang	
	سرمایه گذاری ثابت	سرمایه گذاری کل
جامد	۴	۴/۷
جامد ـ سیال	۴/۳	۵
سیال	۵	۶

* برای توضیح در مورد انواع کارخانه‌های فرآیندی به‌جدول ۶ـ۶ مراجعه کنید.

بوده و همواره بزرگتر از ۱ (معمولاً ۱/۴ گرفته می‌شود)، f_F ضریب مربوط به کارکنان فرآیندی، f_p ضریب مواد لوله کشی، f_m ضریب مربوط به‌سایر موارد از جمله مواد عایق‌کاری، ابزار دقیق، پی‌ریزی، سازه‌های فولادی، ساختمان، سیم‌کشی، نقاشی و هزینه‌های حمل و نظارت فرآیندی، E_i هزینهٔ تجهیزاتی که قبلاً نصب شده‌اند، A قیمت اضافی برای مواد آلیاژی مقاوم در برابر خوردگی، e کل هزینهٔ مبدل‌های حرارتی (بدون افزایش قیمت آلیاژ)، f_r کل قیمت مخازنی که در محل کارخانه ساخته می‌شوند (بدون افزایش قیمت آلیاژ)، p کل قیمت پمپ به‌همراه موتور آن (بدون افزایش قیمت آلیاژ)، t کل قیمت پوستهٔ برج‌ها (بدون افزایش قیمت آلیاژ) می‌باشند. توجه کنید که معادلهٔ ۶ ـ ۵ طوری طراحی شده که هم دستگاه خریداری شده بر مبنای f.o.b. و هم دستگاه کاملاً نصب شده را دربر می‌گیرد.

روش E: استفاده از ضریب توان در نسبت کارخانه/ ظرفیت. این روش که برای برآوردهای مطالعاتی یا برآورد ترتیب بزرگی به کار می‌رود، سرمایه گذاری ثابت یک کارخانه فرآیندی جدید را با کمک یک نسبت توان نمایی[1] به‌سرمایه گذاری ثابت یک کارخانهٔ مشابه قبلاً ساخته شده ارتباط می‌دهد. به‌این معنی که برای کارخانهٔ فرآیندی با ساختار مشابه، سرمایه گذاری ثابت کارخانهٔ جدید برابر با حاصل‌ضرب سرمایه گذاری ثابت کارخانه قبلاً ساخته شدهٔ C (که به کمک نسبت شاخص هزینهٔ اصلاح شده)، در نسبت R که حاصل تقسیم ظرفیت واحد جدید به‌ظرفیت واحد قدیمی است با نمای x می‌باشد. این توان در مورد بیشتر کارخانه‌های فرآیندی حد وسط ۰/۶ و ۰/۷ به‌دست آمده است. جدول ۶ ـ ۱۱ مقادیر ضریب

1- Exponential power ratio

جدول ۶ـ۱۱ اطلاعات هزینهٔ سرمایه‌گذاری برای کارخانه‌های فرآیندی شیمیایی و نفتی (۲۰۰۰)†

محصول یا فرآیند	فرآیند	ابعاد کارخانهٔ نمونه	سرمایه‌گذاری ثابت میلیون $	xtt ضریب توان برای یک کارخانهٔ فرآیندی مشخص
		10^3 kg/yr (10^3 ton/yr)		
Acetic acid	CH_3 OH and CO—caralytic	9×10^3(10)	8	0.68
Acetone	Propylene-copper chloride catalyst	9×10^4(100)	33	0.45
Ammonia	Steam reformig	9×10^4(100)	29	0.53
Ammonium nitrate	Ammonia and nitric acid	9×10^4(100)	6	0.65
Butanol	Propylene, CO, and H_2O—catalytic	4.5×10^4(50)	48	0.40
Chlorine	Electrolysis of NaCl	4.5×10^4(50)	33	0.45
Ethylene	Refinery gases	4.5×10^4(50)	16	0.83
Ethylene oxide	Ethylene—catalytic	4.5×10^4(50)	56	0.78
Formaldehyde (37%)	Mthanol—catalytic	9×10^3(10)	19	0.55
Glycol	Ethylene and chlorine	4.5×10^3(5)	18	0.75
Hydrofluoric acid	Hydrogen fluoride and H_2O	9×10^3(10)	10	0.68
Methanol	CO_2, natural gas, and steam	5.5×10^4(60)	15	0.60
Nitric acid (high-strengh)	Ammonia—catalytic	9×10^4(100)	8	0.60
Phosphoric acid	Calcium Phosphate and H_2SO_4	4.5×10^3(5)	4	0.60
Polyethylene (high-density)	Ethylene—catalytic	4.5×10^3(5)	19	0.65
Propylene	Refinery gases	9×10^3(10)	4	0.70
Sulfuric acid	Sulfur—contact catalytic	9×10^4(100)	4	0.65
Urea	Ammonia and CO_2	5.5×10^4(60)	10	0.70
		10^3 m^3/day (10^3 bbl/day)		
Alkylation (H_2SO_4)	Catalytic	1.6(10)	23	0.60
Coking (delayed)	Thermal	1.6(10)	31	0.38
Coking (fluid)	Thermal	1.6(10)	19	0.42
Cracking(fluid)	Catalytic	1.6(10)	19	0.70
Cracking	Thermal	1.6(10)	6	0.70
Distillation (atm.)	65% vaporized	16(100)	38	0.90
Distillation (vac.)	65% vaporized	16(100)	23	0.70
Hydrotreating	Catalytic desulfurization	1.6(10)	35	0.65
Reforming	Catalytic	1.6(10)	6	0.60
Polymerization	Catalytic	1.6(10)	6	0.58

† اقتباس از:

K. M. Guthrie, *Chem. Eng.*, 77(13): 140(1970); and K. M. Guthrie, *Process Plant Estimating, Estimating Evaluation, and Control*, Craftsman BooK Company of Ameica, Solana Beach, CA, 1974. See also J. E. Haselbarth, *Chem. Eng.*, 74(25): 214 (1967), and D. E. Drayer, *Petro. Chem. Eng.*, 42(5): 10(1970).

†† این ضرایب توان را می‌توان به‌طور تقریبی برای کارخانه‌های با ابعاد تا سه‌برابر مقدار داده شده به‌کار برد.

توانی ظرفیت x را برای انواع مختلف کارخانه‌های فرآیندی نشان می‌دهد.

$$C_n = C f_e R^x \qquad (۹-۶)$$

که f_e نسبت شاخص هزینه در زمان تعیین قیمت C_n به‌زمان C است.

تقریب نزدیک‌تر برای این رابطه که هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم کارخانه را نیز دربر می‌گیرد به‌صورت زیر پیشنهاد شده است:

$$C_n = f(DR^x + I) \qquad (۱۰-۶)$$

که f ضریب شاخص هزینهٔ یکجا نسبت به‌قیمت کارخانهٔ مبنا، D هزینهٔ مستقیم، و I کل هزینهٔ غیرمستقیم یک کارخانهٔ مشابه که قبلاً در یک محل معادل نصب شده است می‌باشد. مقدار ضریب توان x هنگامی که ظرفیت یک کارخانه با اضافه کردن واحدهای فرآیندی یکسان به‌جای افزایش اندازه، دستگاه‌های فرآیندی افزایش می‌یابد، به‌سمت یک میل می‌کند. ضریب f حاصل‌ضرب شاخص بهای جغرافیایی کارگر در شاخص مربوط به‌بهره‌وری کارگری ناحیه و شاخص هزینهٔ مواد و تجهیزات است. جدول ۶ ـ ۱۲ نرخ نسبی و متوسط نیروی کار و ضرایب بهره‌وری را در نقاط جغرافیایی مختلف ایالات متحده نشان می‌دهد.

جدول ۶ ـ ۱۲ نرخ نسبی کارگر و شاخص‌های بهره‌وری در صنایع شیمیایی و صنایع تولیدی وابسته در ایالات متحده (۱۹۹۹)†

ناحیهٔ جغرافیایی	نرخ نسبی نیروی کار	ضریب نسبی بهره‌وری
New England	1.14	0.95
Middle Atlantic	1.06	0.96
South Atlantic	0.84	0.91
Midwest	1.03	1.06
Gulf	0.95	1.22
Southwest	0.88	1.04
Mountain	0.88	0.97
Pacific Coast	1.22	0.89

† Adapted from J. M. Winton, *Chem, Week,* **121**(24): 49 (1977), and updated with data from M. Killey, ed., *National Construction Estimator,* 37th ed., Craftsman Book Company of America, Carlsbad, CA, 1989. Productivity, as considered here, is an economic term that gives the value added (poducts minus raw materials) per dollar of total payroll cost. Relative values were determined by taking the average of Kiley's weighted state values in each region divided by the weighted-average value of all the regions. See also Table 6-14 and 6-15.

مثال ۶ ـ ۴ برآورد قیمت‌های نسبی از نیروی کار ساخت به‌صورت تابعی از ناحیهٔ جغرافیایی

اگر یک کارخانهٔ فرآیندی شیمیایی در نزدیکی دالاس، تگزاس (ناحیهٔ جنوب غربی) بنا شده باشد و هزینهٔ نیروی کار ساخت آن $100000 باشد، هزینهٔ نیروی کار ساخت برای کارخانه کاملاً مشابه در صورتی که در همان زمان در نزدیکی لس‌آنجلس (ناحیهٔ ساحلی اقیانوس آرام) و در شرایطی که ضرایب جدول ۶ ـ ۱۲ معتبر باشند چقدر است؟

■ **حل:**

نرخ‌های نسبی نیروی کار متوسط از جدول ۶ـ۱۲ برای مناطق جنوب غربی و نواحی ساحلی اقیانوس آرام به‌ترتیب ۰/۸۸ و ۱/۲۲ است. ضرایب نسبی بهره‌وری نیز برای همان نواحی جغرافیایی به‌ترتیب ۱/۰۴ و ۰/۸۹ می‌باشد.

$$\text{نسبت نرخ نسبی نیروی کار} = \frac{1.22}{0.88} = 1.3864$$

$$\text{نسبت ضریب نسبی بهره‌وری} = \frac{0.89}{1.04} = 0.8558$$

$$\text{هزینهٔ نیروی کار برای ساحل اقیانوس آرام نسبت به‌جنوب غربی} = \frac{1.3864}{0.8558} = 1.62$$

$$\text{هزینهٔ نیروی کار در لس‌آنجلس} = (1.62)(100000\,\$) = 162000\,\$$$

■

مثال ۶ ـ ۵ برآورد هزینهٔ ثابت با استفاده از ضریب توان به‌کار برده شده در نسبت کارخانه/ ظرفیت

اگر کارخانهٔ توصیف‌شده در مثال ۶ ـ ۱ در ناحیهٔ دالاس با سرمایه‌گذاری ثابت $436000 در سال ۱۹۹۰ برپا شده باشد، میزان سرمایه‌گذاری ثابت را برای کارخانهٔ مشابهی که در سال ۱۹۹۸ در لس‌آنجلس با ظرفیتی دو برابر کارخانهٔ فوق و تعداد واحدهای فرآیندی یکسان بنا می‌شود برآورد کنید. روش ضریب توانی را با فرض صادق بودن ضرایب جدول ۶ ـ ۱۲ به کار برید.

■ **حل:**

اگر از معادلهٔ (۶ ـ ۹) با ضریب توان ۰/۶ و شاخص *Marshall and swift* (جدول ۶ ـ ۲) استفاده شود، سرمایه‌گذاری ثابت به‌صورت زیر خواهد بود:

$$C = C f_e R^x$$

$$= 436000 \left(\frac{1062}{915} \right) (2)^{0.6} = \$\ 767000$$

اگر از معادلهٔ (۶ ـ ۹) با ضریب توان ۰/۷ و شاخص *Marshall and swift* استفاده شود، سرمایه گذاری ثابت برابر است با:

$$C_n = 436000\left(\frac{1062}{915}\right)(2)^{0.7} = \$\ 822000$$

اگر معادلهٔ (۶ ـ ۱۰) به کار گرفته شود، سرمایه گذاری ثابت به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$C_n = f(DR^x + I)$$

که $f = f_E f_L e_L$ و D و I از مثال ۶ ـ ۱ به‌دست می‌آیند. در صورتی که ضریب توان ۰/۶، شاخص *Marshall and swift* و شاخص نسبی نیروی کار و بهره‌وری از جدول ۶ ـ ۱۲ انتخاب شوند، خواهیم داشت

$$C_n = \left(\frac{1062}{915}\right)\left(\frac{1.22}{0.88}\right)\left(\frac{1.04}{0.89}\right)\left[(316000)(2)^{0.6} + 120000\right] = \$1126000$$

با تغییر ضریب توان از ۰/۶ به ۰/۷:

$$C_n = (1.161)(1.620)\left[(316000)(2)^{0.7} + 120000\right] = \$\ 1191000$$

نتایج به‌دست آمده با آخرین روش، مطابقت خوبی با برآوردهای FCI دارد که با استفاده از روش‌های دقیق‌تر انجام می‌گیرد. با استفادهٔ مناسب از روش‌های ضریب توان می‌توان ملزومات سرمایه گذاری ثابت را با دقت کافی برای برآوردهای مقدماتی به‌دست آورد.

■

روش F: هزینهٔ سرمایه گذاری به‌ازای واحد ظرفیت. اطلاعات زیادی در مورد سرمایه گذاری لازم برای فرآیندهای مختلف بر مبنای واحد تولید سالیانه به‌چاپ رسیده است. این مقادیر را می‌توان از جدول ۶ ـ ۱۱ با تقسیم مقادیر سرمایه گذاری بر ظرفیت مربوط از ستون قبلی به‌دست آورد. اگرچه این مقادیر به‌عنوان قابل توجهی به‌ظرفیت کارخانه‌ها بستگی دارد، ولی امکان تعیین هزینه‌های سرمایه گذاری واحد که برای شرایط متوسط به کار می‌رود وجود دارد. آنگاه برآورد بزرگی هزینهٔ سرمایه گذاری ثابت برای یک فرآیند معین را می‌توان با ضرب کردن هزینهٔ سرمایه گذاری به‌ازای واحد ظرفیت در ظرفیت تولید سالیانهٔ پیشنهادی برای کارخانه، به‌دست آورد. با استفاده از شاخص‌های هزینه می‌توان اصلاحات لازم برای تغییرات قیمت را در زمان‌های مختلف به‌عمل آورد.

روش G : نسبت گردش[1]. یکی از روش‌های ارزیابی سریع و مناسب برای برآوردهای میزان بزرگی،

1- Turnover ratio

به‌روش نسبت گردش معروف است. نسبت گردش به‌صورت نسبت فروش سالیانهٔ ناخالص[1] به‌سرمایه گذاری ثابت تعریف می‌شود:

$$\text{نسبت گردش} = \frac{\text{فروش سالیانهٔ ناخالص}}{\text{سرمایه گذاری ثابت}} \qquad (۶-۱۱)$$

که فروش سالیانهٔ ناخالص برابر با حاصل‌ضرب نرخ تولید سالیانه در قیمت متوسط فروش است. عکس نسبت گردش گاهی نسبت سرمایه[2] یا نسبت سرمایه گذاری[3] نامیده می‌شود.† در برخی از مشاغل نسبت گردش تا ۴ به‌دست آمده در حالی که در برخی دیگر به‌اندازهٔ ۰/۲ است. طبق یک قاعدهٔ سرانگشتی، برای صنایع شیمیایی این مقدار را می‌توان ۰/۵ در نظر گرفت.††

برآورد درآمد[4]

تا اینجا در این فصل روش‌های تخمین کل سرمایه گذاری لازم برای یک کارخانهٔ مورد نظر ارایه شد. تعیین سرمایه گذاری لازم تنها قسمتی از برآورد یک هزینهٔ کامل است. واضح است که درآمد حاصل از فعالیت کارخانه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. درآمد از فروش محصول یا محصولاتی که در کارخانه تولید می‌شوند به‌دست می‌آید. کل درآمد سالیانه که از فروش محصول به‌دست می‌آید برابر با حاصل‌ضرب قیمت واحد محصول در نرخ فروش آن است.

(۶-۱۲) (قیمت فروش محصول، $/kg)(فروش محصول، kg/yr) Σ = درآمد فروش سالیانه، دلار در سال

هر کارخانه به‌هدف تولید میزان مشخصی از محصول اصلی طراحی می‌شود. نرخ تولید سایر محصولات (محصولات جانبی) بر مبنای خواص شیمیایی و عملیاتی فرآیند تعیین می‌شود. با موازنهٔ جرم فرآیند نرخ تولید محصولات جانبی معین می‌شود.

در بررسی اقتصادی یک فرآیند، مهندس باید نرخ تولید را به‌صورت کسر یا درصدی از ظرفیت طراحی برای هر سال فعالیت فرآیند، تعیین کند. به‌طور معمول در مطالعات اقتصادی مقدماتی در سال اول ۵۰ درصد ظرفیت عملیات در نظر گرفته می‌شود چراکه در طول دورهٔ راه‌اندازی نرخ تولید خیلی کم است،

1- Gross annual sales 2- Capital ratio 3- Investment ratio

† هنگامی که از اصطلاح نسبت سرمایه گذاری استفاده می‌شود، سرمایه گذاری معمولاً کل سرمایه گذاری از جمله سرمایه گذاری در گردش و همچنین هزینه‌های سرمایه‌ای را دربر می‌گیرد.

†† R. H. Perry and D. W. Green, eds., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th ed., McGraw-Hill, New York, 1997.

4- Revenue

طول زمان راه‌اندازی نامشخص می‌باشد و معلوم نیست چه موقع از سال عمل راه‌اندازی انجام می‌گیرد. بعد از سال اول، معمولاً ظرفیت سالانهٔ طراحی کارخانه به‌عنوان نرخ تولید و فروش برای سال‌های بعدی به کار می‌رود. این امر بر مبنای تجارب معمول در مورد نرخ تولید سالانهٔ کارخانه‌های شیمیایی به‌صورت تولید سالانهٔ واقعی با یک زمان مجاز برای توقیف کارخانه صورت می‌پذیرد. این زمان مجاز به‌طور معمول بر مبنای تولید ۲۴ ساعت در روز، هفت روز هفته و پنجاه و دو هفته در سال، برای فرآیندهای پیوسته ۱۰ تا ۲۰ درصد است. بنابراین زمان کارکرد واقعی به‌طور تقریبی ۳۰۰ تا ۳۳۰ روز در سال است. براساس تجربه، این عدد معمولاً به‌عنوان بخشی از مبنای طراحی انتخاب می‌گردد. اگر درصد کارکرد ۹۰ باشد، نرخ تولید ساعتی در طول عملیات برابر است با نرخ خروجی سالانه تقسیم بر 0.9 برابر 8760 h/yr.

با بررسی کامل وضعیت بازار قیمت‌های محصول به‌بهترین وجه به‌دست می‌آید. برای محصولاتی که تولید شده‌اند، اطلاعات قیمت در منابعی مانند *Chemical Market Reporter* موجود هستند. در بخش بعد اطلاعات بیشتری در مورد قیمت مواد شیمیایی ارایه شده است.

سایر منابع درآمد ممکن است از فروش دستگاه‌های از کار افتاده، بازیابی سرمایه‌های عملیاتی یا در گردش، و فروش دیگر اقلام سرمایه تشکیل شود. درآمد حاصل از اینگونه رویدادها که یک بار اتفاق می‌افتند به‌زمانی اختصاص داده می‌شود که قرار است رخ دهند. اما درآمدهای مربوط به‌فروش محصول کم و بیش به‌طور پیوسته و منظم در طول زمان تولید به‌دست می‌آید.

برآورد هزینهٔ کل محصول[1]

سومین رکن اصلی در یک تحلیل اقتصادی، مجموع تمام هزینه‌های عملیاتی کارخانه، فروش محصولات، برگشت سرمایهٔ هزینه‌شده، و شرکت در زمینه‌هایی از قبیل مدیریت و تحقیق و توسعه است. معمولاً این هزینه‌ها عنوان کلی‌تری به‌نام هزینهٔ کل محصول اطلاق می‌شود. این هزینه‌ها عموماً به‌دو دسته تقسیم می‌شوند: هزینه‌های ساخت و تولید[2]، و هزینه‌های عمومی. به‌هزینه‌های ساخت و تولید، هزینه‌های عملیاتی یا هزینه‌های تولیدی هم گفته می‌شود. تقسیم‌بندی کوچکتر هزینه‌های تولید تا حدی به‌چگونگی تعریف هزینه‌های متغیر، ثابت و بالاسری بستگی دارد.

دقت در برآورد هزینهٔ کل تولید به‌اندازهٔ برآورد هزینه‌های سرمایه گذاری اهمیت دارد. تمام هزینه‌ها به‌همراه تولید و فروش محصول در میزان این دقت سهم دارند. چشم‌پوشی از یک یا چند مورد از موارد

1- Total product cost 2- Manufacturing costs

هزینه بیشترین احتمال بروز خطا در برآورد کل هزینهٔ تولید را سبب می‌شود. استفاده از جدول برای برآورد کل هزینه بسیار مفید است و از بروز هرگونه اشتباه جلوگیری می‌کند. شکل ۶ـ۷ یک چک‌لیست پیشنهادی برای کل هزینه‌های موجود در عملیات فرآیندی شیمیایی را نشان می‌دهد که به‌صورت یک صفحهٔ گسترده در شکل ۶ـ۸ ارایه شده است. عناصر تشکیل‌دهندهٔ شکل‌های ۶ـ۷ و ۶ـ۸ در زیر به‌طور مفصل توضیح داده شده‌اند.

در شکل ۶ـ۸ مقادیری را که کاربر باید وارد کند، به‌همراه مقادیر پیش‌فرض[1] سایر متغیرهای لازم برای محاسبهٔ هزینهٔ کل تولید نشان داده شده است. مقادیری که کاربر باید وارد کند عبارتند از سرمایه گذاری ثابت، مقدار سالانه و قیمت واحد مواد اولیه، هزینهٔ نیروی کار، امکانات جانبی، کاتالیست‌ها و حلال‌ها. موارد باقیمانده به کمک مقادیر پیش‌فرض که قابل تغییر نیز می‌باشند تأمین می‌شوند. استهلاک به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود، زیرا در بیشترین روش مورد استفاده میزان استهلاک سال به‌سال تغییر می‌کند. هر چند در صورت تمایل می‌توان استهلاک را به‌صورت یک هزینهٔ ثابت به‌مدت چند سال ثابت مثل ۲۰ درصد هر سال به‌مدت ۵ سال در نظر گرفت.†

سه مبنا برای محاسبهٔ هزینهٔ کل محصول وجود دارد که عبارتند از: مبنای روزانه، مبنای واحد محصول یا مبنای سالانه. احتمالاً هزینهٔ سالیانه بهترین انتخاب برای تحلیل‌های اقتصادی است. علاوه‌بر این برآوردهای سالانه (۱) اثرات مربوط به‌تغییرات فصلی را از بین می‌برد؛ (۲) زمان فعالیت کارخانه و عملیات تجهیزات را شامل می‌شود؛ (۳) محاسبهٔ سریع هزینه‌های عملیاتی را برای ظرفیت‌های کمتر از ظرفیت کامل فراهم می‌سازد؛ (۴) یک روش آسان برای در نظر گرفتن هزینه‌های بزرگ مثل توقف‌های برنامه‌ریزی‌شده به‌منظور انجام تعمیرات که به‌طور نامنظم اتفاق می‌افتند ارایه می‌کند.

بهترین منبع اطلاعات برای برآورد کل هزینهٔ محصول داده‌هایی است که از پروژه‌های مشابه یا یکسان به‌دست می‌آید. بیشتر شرکت‌ها گزارش‌های مبسوطی از عملیاتشان دارند، به‌طوری که می‌توان با استفاده از آنها برآوردهای سریع و مطمئن از هزینه‌های تولید و هزینه‌های عمومی به‌دست آورد. اصلاحات در مورد افزایش هزینه‌های ناشی اثر تورم اصلاحاتی باید صورت گیرد، و اختلاف بین محل کارخانه و موقعیت جغرافیایی باید مدنظر قرار گیرد. روش‌های برآورد کل هزینهٔ محصول در صورت موجود نبودن اطلاعات مخصوص در قسمت‌های زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

1- Default values

† در صورتی استهلاک سالانهٔ ثابت برای چند سال مناسب است که ارزش زمانی پول در نظر گرفته شود. برای توضیح در مورد استهلاک به‌فصل ۷ مراجعه کنید.

مواد اولیه	
نیروی کار عملیات	
نظارت عملیاتی	
انرژی‌ها	
برق	
سوخت	
سردسازی	
بخار	
تصفیه و دفع فاضلاب	
آب فرآیندی	
آب خنک‌کننده	
تعمیر و نگهداری	
تدارکات عملیاتی	
هزینه‌های آزمایشگاهی	
Royalties (if not on lump-sum basis)	
کاتالیست‌ها و حلال‌ها	
	زیرمجموع: هزینه‌های متغیر تولید
استهلاک	
مالیات (دارایی)	
مالی (بهره)	
بیمه	
اجاره	
	زیرمجموع: هزینه‌های ثابت
پزشکی	
ایمنی و حفاظت	
هزینه‌های اضافی کارخانه	
Payroll overhead	
بسته‌بندی	
غذاخوری	
بازسازی	
اسقاطی	
آزمایشگاه‌های کنترل	
سرپرستی کارخانه	
امکانات انبارداری	
	زیرمجموع: هزینه‌های اضافی کارخانه
	کل هزینه‌های بالا = هزینهٔ تولید
حقوق مدیران	
دستمزد افراد اداری	
مهندسی	
هزینه‌های قانونی	
نگهداری اداره	
ارتباطات	
	زیرمجموع: هزینه‌های اداری
دفاتر فروش	
هزینه‌های مسؤلان فروش	
حمل و نقل	
تبلیغات	
خدمات فروش فنی	
	زیرمجموع: هزینه‌های توزیع و بازاریابی
تحقیق و توسعه	
	کل هزینهٔ اداری، توزیع و بازاریابی تحقیق و توسعه = هزینه‌های عمومی
	کل هزینه‌های بالا = کل هزینهٔ تولید



شکل ۶ـ۷

هزینه‌های دخیل در هزینهٔ کل محصول برای یک کارخانهٔ فرآیندی شیمیایی متداول.

عنوان: تاریخ:

محصول: ظرفیت، kg/h:

زمان عملیات، h/yr: ظرفیت، kg/s:

ظرفیت، kg/yr: سرمایه‌گذاری ثابت (FCI)

	ضریب پیشنهادی	متغیرهای کاربر: نرخ یا مقدار در سال	هزینه به‌ازای نرخ یا واحد اندازه‌گیری	مقادیر محاسبه‌شده
مواد اولیه				
۱				
۲				
۳				
۴				
نیروی کار عملیاتی †				کل
نظارت عملیاتی	۰/۱۵	۱۵٪ نیروی کار عملیاتی		
انرژی‌ها				
آب				
خنک‌کننده				
فرآیندی				
برق				
سوخت				
سردسازی				
بخار				
تصفیه و دفع فاضلاب				
تعمیر و نگهداری	۰/۰۷	FCI		
تدارکات عملیاتی	۰/۱۵	تعمیر و نگهداری		
هزینه‌های آزمایشگاه	۰/۱۵	نیروی کار عملیاتی		
Royalties (if not on lump-sum basis)	۰/۰۴	TPC بدون استهلاک		
کاتالیست‌ها و حلال‌ها				
			کل هزینه‌های متغیر تولید	
استهلاک ـ به‌صورت بخش‌های زیر محاسبه شده است				
مالیات (دارایی)	۰/۰۲	FCI		
مالی (بهره)	۰/۰۰	FCI		
بیمه	۰/۰۱	FCI		
اجاره	۰/۰۰	FCI		
استهلاک				–
			هزینه‌های ثابت (بدون استهلاک)	
			هزینه‌های اضافی کارخانه	
			هزینه‌های اداری	
			هزینه‌های بازاریابی + توزیع	
			تحقیق و توسعه	
			هزینه‌های عمومی	
			کل هزینهٔ تولید (بدون استهلاک)	

†† طبق MACRS در مدت زمان ۵ سال محاسبه شده است (برای اطلاعات بیشتر به‌فصل ۷ رجوع کنید).

سال	استهلاک: درصدی از FCI	d_j, $/yr	TPC = $(d_j + c_o)$ $/yr
۱	۲۰		
۲	۳۲		
۳	۱۹/۲		
۴	۱۱/۵۲		
۵	۱۱/۵۲		
۶	۵/۷۶		
۷	۰		
.	.		
.	.		
.	.		
۲۰	۰		

† برای هزینه‌های عمومی انرژی و نیروی کار به‌جدول ۶ـ۱۴ رجوع کنید.

شکل ۶ـ۸

نمایش هزینهٔ کل سالیانهٔ محصول با ظرفیت صد در صد در سال اول در روی صفحهٔ گسترده.

هزینه‌های تولید

کل هزینه‌هایی که مستقیم با عملیات تولید یا دستگاه‌های فیزیکی یک کارخانهٔ فرآیندی در ارتباط هستند جزو هزینه‌های تولید هستند. این هزینه‌ها که در اینجا مورد بررسی قرار می‌گیرند به‌سه دسته تقسیم می‌شوند: (۱) هزینه‌های متغیر تولید؛ (۲) هزینه‌های ثابت؛ و (۳) هزینه‌های سرشکن شده یا سربار کارخانه.

هزینه‌های متغیر تولید. هزینه‌هایی است که مستقیم با عملیات تولید در ارتباط هستند. این نوع هزینه‌ها موارد زیر را دربر می‌گیرد؛ هزینهٔ مواد اولیه (شامل حمل و نقل، تخلیه و غیره)، هزینه‌های مستقیم نیروی کار، هزینه‌های نظارت و اداری که مستقیماً با عملیات تولید مرتبط هستند، امکانات جانبی، تعمیر و نگهداری کارخانه، تدارکات عملیاتی، تدارکات آزمایشگاهی حق الامتیازها یا حق اختراعات، کاتالیست‌ها و حلال‌ها. این هزینه‌ها در بیشتر موارد تنها زمانی که کارخانه فعال است به‌حساب می‌آیند و به‌همین دلیل هزینه‌های متغیر نامیده شده‌اند. باید توجه داشت که بعضی از موارد ذکر شده به‌عنوان بخشی از هزینه‌های مستقیم تولید، در درون خود دارای یک هزینهٔ ثابت هستند. برای مثال، هزینه‌های تعمیر و نگهداری با کاهش سطح تولید کم می‌شوند ولی هنوز بخشی از هزینه‌های تعمیر و نگهداری حتی در مواقعی که کارخانه متوقف شده به‌قوت خود باقی است.

هزینه‌های ثابت. هزینه‌هایی هستند که عملاً مستقل از نرخ تولید هستند. هزینه‌های مربوط به‌استهلاک، مالیات بر درآمد، بیمه، منابع مالی (سود وام‌ها) و اجاره معمولاً جزو هزینه‌های ثابت دسته‌بندی می‌شوند. این هزینه‌ها به‌جز استهلاک با تورم تغییر می‌کنند. چون استهلاک در فهرست قوانین مالیاتی قرار دارد، ممکن است سال به‌سال تغییر کند ولی تحت تأثیر تورم قرار نمی‌گیرد.

هزینه‌های سرشکن شدهٔ کارخانه. شامل هزینه‌های بیمارستان و خدمات پزشکی، هزینه‌های عمومی، تعمیرات کارخانه، خدمات ایمنی، هزینه‌های مالی کارمندان شامل سلامت اجتماعی و طرح‌های بازنشستگی، بیمه‌های عمر و پزشکی، تعطیلات مجاز، بسته‌بندی، سالن غذاخوری و خدمات تفریحی، خدمات ایمنی، آزمایشگاه‌های کنترل، حفاظت اموال، ریاست کارخانه، خدمات انبار و ذخیره‌سازی، و فوق‌العاده ویژهٔ کارمندان است. این هزینه‌ها مشابه هزینه‌های ثابت هستند، زیرا بر اثر تغییرات به عمل آمده در نرخ تولید، دستخوش تغییر قابل توجهی نمی‌شوند.

هزینه‌های متغیر تولید

مواد اولیه. در صنایع شیمیایی یکی از هزینه‌های اصلی در عملیات تولید، هزینهٔ مواد اولیهٔ ضروری فرآیند

است. به‌طور کلی مقولهٔ مواد اولیه به‌موادی اطلاق می‌شود که به‌طور مستقیم در تولید محصول نهایی به‌مصرف می‌رسند؛ این مواد عبارتند از واکنش‌دهنده‌ها و مواد تشکیل‌دهنده و افزودنی‌هایی که به‌محصول اضافه می‌شوند. کاتالیست‌ها و حلال‌ها که در عملیات‌های فرآیندی لازم بوده ولی بخشی از محصول نهایی نیستند در فهرست جداگانه قرار می‌گیرند.

برای استعلام قیمت بهتر است مستقیماً از عرضه کنندگان اصلی مواد اولیه درخواست صورت گیرد. در صورت عدم دسترسی به‌عرضه کنندگان مواد اولیه می‌توان از قیمت‌های منتشر شده استفاده کرد. برای تحلیل مقدماتی هزینه غالباً از قیمت‌های بازار برای برآورد هزینهٔ مواد اولیه استفاده می‌شود. قیمت بسیاری از مواد شیمیایی تجاری هر هفته در مجلهٔ *Chemical Market Reporter* منتشر می‌شود. قیمت مواد شیمیایی مثل گازهای ئیدروژن، اکسیژن و نیتروژن گهگاهی در *Chemical and Engineering* و *Chemical Week* به‌چاپ می‌رسد. سازمان‌های صنعتی و بخش انتشارات آنها منابع دیگر دستیابی به‌قیمت مواد اولیه هستند. قیمت مواد شیمیایی معمولاً بدون هزینه حمل و نقل[1] استعلام می‌شود. در صورت وجود هرگونه هزینهٔ حمل و نقل باید آن را جزو هزینه‌های مواد اولیه در نظر گرفت. این هزینه را می‌توان ۱۰ درصد قیمت مواد اولیه در نظر گرفت هر چند این هزینه‌ها بسیار متغیر است.

مقدار مواد اولیه‌ای که باید در واحد زمان یا واحد محصول تهیه شود از موازنهٔ جرم فرآیند به‌دست می‌آید. یکی از مهمترین مراحل طراحی فرآیند محاسبهٔ صحیح موازنهٔ جرم فرآیند است؛ و این موازنه برای تعیین میزان مواد اولیه مورد نیاز فرآیند لازم است. معمولاً مبنای طراحی فرآیند نرخ تولید محصول اصلی است، که یک خروجی می‌باشد. برای انجام موازنهٔ جرم معمولاً همیشه از ورودی‌ها شروع می‌کنند. بنابراین محاسبات موازنهٔ جرم با در نظر گرفتن شدت جریان یک جریان خوراک اصلی به‌عنوان مبنا انجام می‌شود. این مبنا معمولاً مقداری از خوراک است که محصول اصلی را با نرخ مشخص و میزان تبدیل ایده‌آل تولید کند. همچنین می‌توان یک راندمان تبدیل در نظر گرفت، بخصوص اگر برای این راندمان تجربهٔ قبلی وجود داشته باشد. شدت جریان‌های خوراک سایر مواد اولیه نسبت به‌شدت جریان خوراک اصلی و با استفاده از میزان تبدیل فرض‌شده محاسبه می‌شوند. براساس این مبناها موازنه‌های جرم فرآیند انجام می‌شود و نرخ تولید محصولات محاسبه می‌شود. معمولاً نرخ تولید محصول اصلی محاسبه شده با مبنای در نظر گرفته شده برای طراحی کارخانه توافق ندارد. سپس برای رسیدن به‌خروجی مورد نظر، نرخ‌های خوراک مواد اولیه تنظیم می‌شود و موازنهٔ جرم آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا محاسبات همگرا شود.

نسبت هزینهٔ مواد اولیه به کل هزینهٔ محصول برای کارخانه‌های مختلف به‌میزان قابل ملاحظه‌ای متفاوت است. در کارخانه‌های شیمیایی معمولاً هزینهٔ مواد اولیه بین ۱۰ تا ۶۰ درصد کل هزینهٔ محصول است.

1- F.o.b. (free-on-board)

نیروی کار. به‌طور کلی نیروی کار به‌دو دستهٔ ماهر و غیرماهر تقسیم‌بندی می‌شود. نرخ ساعتی حقوق نیروی کار در صنایع مختلف و در مناطق متفاوت را می‌توان از دایرهٔ انتشارات نیروی کار ایالات متحده تحت عنوان *Monthly Labor Review* به‌دست آورد. برای فرآیندهای شیمیایی، هزینهٔ نیروی کار معمولاً بین ۱۰ تا ۲۰ درصد کل هزینهٔ محصول است.

در تحلیل‌های مقدماتی هزینه، میزان نیروی کار لازم را می‌توان از تجارب قبلی شرکت در فرآیندهای مشابه و یا از اطلاعات منتشرشده از فرآیندهای مشابه برآورد کرد. رابطهٔ بین نیروی کار مورد نیاز و نرخ تولید خطی نیست؛ هنگامی که ظرفیت کارخانه‌ها را بزرگ یا کوچک[1] می‌کنند معمولاً از توان ۰/۲ تا ۰/۲۵ برای نسبت ظرفیت‌ها استفاده می‌شود.

اگر برگه جریان و نقشه‌ها در دسترس باشند، نیروی کار لازم را می‌توان با تجزیه و تحلیل کاری که باید انجام شود برآورد کرد. مواردی چون جانمایی تجهیزات، چندگانگی واحدها[2]، میزان ابزار دقیق و کنترل فرآیند، و سیاست‌های شرکت در فراهم کردن نیروی کار باید مدنظر قرار گیرد. جدول ۶ـ۱۳ نیروی کار مورد نیاز برای انواع تجهیزات فرآیندی را نشان می‌دهد.

جدول ۶ـ۱۳ نیروی کار مورد نیاز برای تجهیزات فرآیندی†

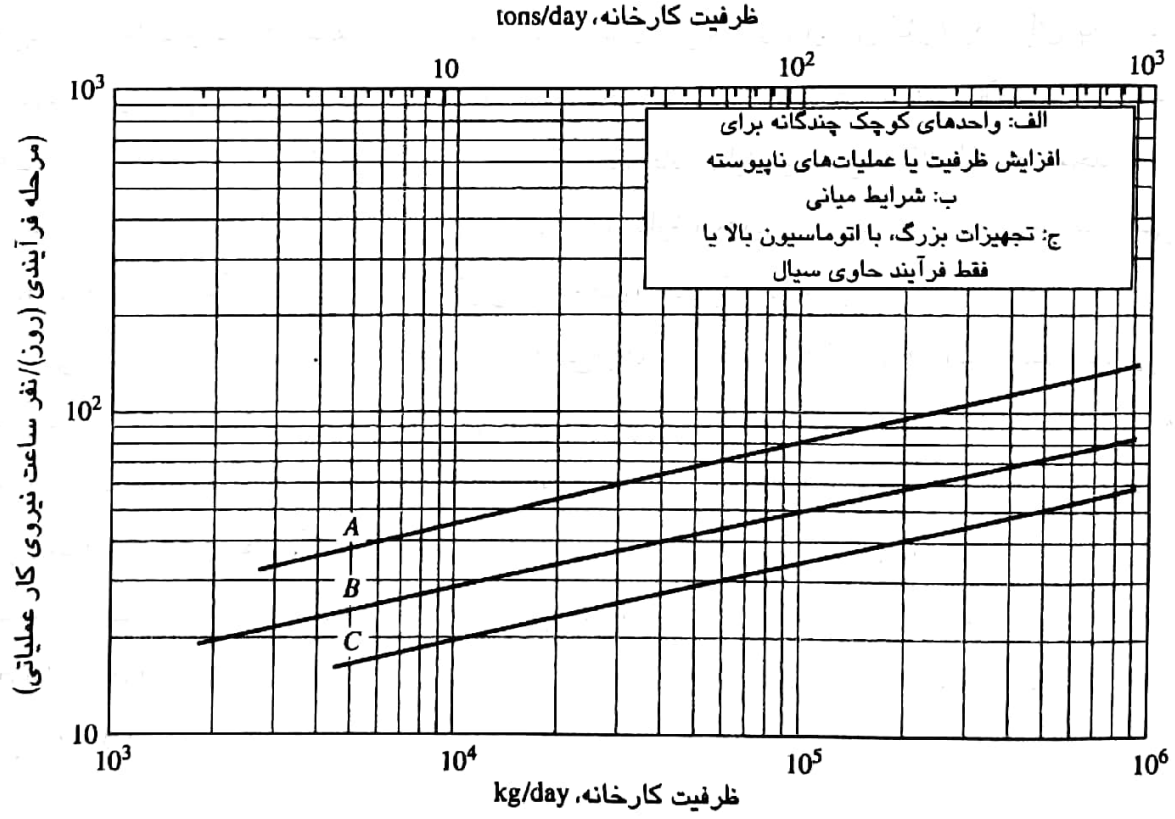
نوع دستگاه	نیروی کار/ واحد/ شیفت
دمنده‌ها و کمپرسورها	۰/۱ـ۰/۲
جداکنندهٔ گریز از مرکز	۰/۲۵ـ۰/۵۰
کریستال‌کنندهٔ مکانیکی	۰/۱۶
خشک‌کن دوار	۰/۵
خشک‌کن پاششی	۱/۰
خشک‌کن سینی‌دار	۰/۵
تبخیرکننده	۰/۲۵
فیلتر تحت خلأ	۰/۱۲۵ـ۰/۲۵
فیلتر صفحه و قاب	۱/۰
فیلتر دوار و تسمه‌ای	۰/۱
مبدل‌های گرمایی	۰/۱
مخازن فرآیندی، برج‌ها (شامل پمپ‌ها و مبدل‌ها)	۰/۲ـ۰/۵
راکتور ناپیوسته	۱/۰
راکتور پیوسته	۰/۵

† برای نیروی کار مورد نیاز تجهیزات توسعه‌یافته به‌مرجع زیر رجوع کنید:
G . D. Ulrich, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, J. Wiley, New York, 1984.

1- Scaled up or down
2- Multiplicity of units

روش دیگر برآورد نیروی کار لازم به‌صورت تابعی از ظرفیت کارخانه، براساس اضافه کردن مراحل مختلف اصول فرآیندی به‌برگهٔ جریان است. در این روش یک مرحله فرآیند به‌صورت واحد عملیاتی، واحد فرآیندی یا ترکیبی از آن، که در یک یا چند واحد تقطیر، تبخیر، خشک‌کن، فیلتراسیون و ... اتفاق می‌افتد تعریف می‌شود. هنگامی که ظرفیت کارخانه ثابت و مشخص شد، تعداد نفر ساعت در روز به‌ازای یک مرحله از شکل ۶ ـ ۹ به‌دست می‌آید، و با ضرب کردن آن در تعداد مراحل فرآیندی کل نفر ساعت در روز به‌دست می‌آید. با انتخاب منحنی مناسب از شکل ۶ ـ ۹ تغییر در نیروی کار مورد نیاز برای مراحل فرآیندی کاملاً خودکار[1] تا عملیات‌های ناپیوسته به‌دست می‌آید.

به‌دلیل پیشرفت‌های جدید فن‌آوری در زمینهٔ کنترل‌های رایانه‌ای و کنترل از راه دور، ارتباط دادن مستقیم نفر ـ ساعت لازم به‌میزان تولید یک محصول خاص می‌تواند نتایج نادرستی به‌بار آورد مگر اینکه از



شکل ۶ ـ ۹

نیروی کار مورد نیاز در صنعت فرآیند شیمیایی.

1 – Highly automated

مثال ۶ ـ ۶ برآورد نیروی کار مورد نیاز

یک کارخانهٔ کاملاً خودکار با نرخ خروجی محصول 1 kg/s با مراحل فرآیندی انتقال حرارت، واکنش و تقطیر را در نظر بگیرید. میزان نیروی کار مورد نیاز برای کارکرد سالیانه ۳۰۰ روز چقدر است؟

■ **حل:**

کارخانهٔ فرآیندی مورد نظر نیاز به‌سه مرحله فرآیند دارد. طبق شکل ۶ ـ ۹ برای ظرفیت $(8.6 \times 10^4$ kg/day) 1 kg/s یک کارخانهٔ کاملاً خودکار حدوداً نیاز به «(مراحل فرآیند)(روز) / ۳۳ نفر ساعت» دارد. بنابراین به‌ازای ۳۰۰ روز کار در یک سال نیروی کار مورد نیاز به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

سال / نفر ساعت ۲۹۷۰۰ = (۳۰۰)(۳۳)(۳)

■

آخرین اطلاعات و داده‌ها استفاده شود. طبق یک قانون سرانگشتی، نیروی کار لازم برای یک کارخانهٔ فرآیندی حاوی سیال مثل کارخانه اکسید اتیلن در محدودهٔ ۰/۳۳ تا ۲ نفر ساعت به‌ازای ۱۰۰۰ کیلوگرم محصول خواهد بود؛ برای کارخانه سیال ـ جامد مثل کارخانه تولید قیر، نیروی کار لازم در محدودهٔ ۲ تا ۴ نفر ساعت به‌ازای ۱۰۰۰ کیلوگرم محصول است؛ برای کارخانه‌هایی که با فرآیندهای جامد کار می‌کنند، محدودهٔ ۴ تا ۸ نفر ساعت به‌ازای ۱۰۰۰ کیلوگرم محصول معقول خواهد بود.

بی‌تردید براساس تجربه فرآیندهای مشابه می‌توان نسبت به‌آنچه که از قوانین سرانگشتی قبلی به‌دست آمد، برآورد بهتری حاصل کرد. در تعیین هزینهٔ نیروی کار باید نوع کارگر مورد نیاز، محل جغرافیایی کارخانه، نرخ دستمزد معمول و بهره‌وری کارگر را مدنظر قرار داد. جدول ۶ ـ ۱۲ اطلاعاتی برای تعیین نرخ نسبی هزینهٔ نیروی کار و عوامل بهره‌وری کارگران در نواحی مختلف جغرافیایی ایالات متحده ارایه می‌کند. جدول ۶ ـ ۱۴ میانگین نرخ‌های نیروی کار را نشان می‌دهد. *Engineering News-Record* اطلاعات معمول برای نیروی کار در بسیاری از شهرهای ایالات متحده را به‌صورت جدول ۶ ـ ۱۵ ارایه می‌کند.

نظارت عملیاتی و مساعدت دفتری. برای عملیات تولید همواره نظارت مستقیم و مساعدت دفتری لازم است. مقدار نیاز به‌این نوع نیروی کار، ارتباط تنگاتنگی با کل نیروی کار عملیاتی، میزان پیچیدگی فرآیند و استانداردهای کنترل کیفی دارد. هزینهٔ نیروی کار نظارتی و مساعدت دفتری به‌طور متوسط حدود ۱۵ درصد از هزینهٔ نیروی کار عملیاتی را تشکیل می‌دهد. با کاهش ظرفیت، نقش نظارت همانند ۱۰۰ درصد ظرفیت، ثابت باقی می‌ماند.

جدول ۶ـ۱۴ هزینهٔ نیروی کار و امکانات جانبی انتخاب شده

تأسیسات	قیمت
برق	0.045 $/kWh[a]
سوخت	
زغال	0.35 $GJ[b]
نفت	1.30 $GJ[b]
کک	0.17 $/GJ[b]
گاز	1.26 $/GJ[b]
سردسازی، تا دمای	
5°C	20.0 $/GJ[c]
−20°C	32.0 $/GJ[c]
−50°C	60.0 $/GJ[c]
بخار اشباع	
10^3–10^4 kPa(150–1500 psi)	4.40 $/1000 kg[e,d]
پساب	
دفع	0.53 $/1000 kg[e]
تصفیه	0.53 $/1000 kg[e]
پسماند	
خطرناک	145.00 $/1000 kg[c]
غیرخطرناک	36.00 $/1000 kg[c]
آب	
خنک‌کننده	0.08 $/1000 kg[e,f]
فرآیندی	0.53 $/1000 kg[e]
نیروی کار	
ماهر	33.67 $/h[g]
ساده	25.58 $/h[g]

a Based on U.S. Department of Energy, Energy Information Administration form EIA-861, 2001. U.S. average for year 2000.

b Based on U.S. Department of Energy, Energy Information Administration form EIA-0348, 2001. U.S. average for year 2000.

c R. Turton, R. C. Bailie, W. B. Whiting, and J. A. Shaeiwitz, *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1998.

d U.S. Department of Energy, Office of Industrial Technologies, DOE/GO-102000-1115, December 2000.

e U.S. Department of Energy, Office of Industrial Technologies, DOE/GO-10099-953, June 2001.

f M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1991.

g *Engineering News-Record* indexes, December 2001.

جدول ۶ـ۱۵ شاخص‌های نیروی کار در Engineering News - Record†††

مکان	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱
Atlanta	۶۳۰۵	۶۳۰۵	۶۵۶۳	۷۱۹۵	۷۳۲۶	۳۶۲۳	۳۶۹۸	۳۸۵۰	۴۱۵۲	۴۳۹۳
Baltimore	۸۴۴۲	۸۴۴۲	۸۵۹۲	۸۷۴۵	۸۷۴۵	۴۵۸۷	۴۶۷۱	۴۷۰۹	۴۹۱۷	۴۹۱۷
Birmingham	۷۸۵۳	۷۸۵۳	۸۴۳۲	۸۷۴۷	۹۳۰۰	۳۵۸۹	۳۶۵۹	۳۹۱۴	۴۰۸۴	۴۲۰۵
Boston	۱۴۶۰۵	۱۵۱۳۲	۱۵۶۲۶	۱۵۵۲۶	۱۵۵۲۶	۶۵۶۰	۶۸۲۰	۶۹۵۱	۷۳۶۰	۷۳۶۰
Chicago	۱۳۹۷۴	۱۵۱۶۸	۱۵۸۴۲	۱۶۵۵۳	۱۶۵۵۲	۶۰۷۴	۶۵۵۳	۶۸۱۰	۷۱۳۹	۷۲۳۵
Cincinnati	۱۱۱۸۴	۱۱۳۱۶	۱۱۷۸۹	۱۲۲۱۱	۱۲۲۱۱	۴۶۵۹	۴۷۱۶	۴۸۳۹	۵۱۹۸	۵۱۹۸
Cleveland	۱۲۷۷۱	۱۳۱۵۶	۱۳۳۵۰	۱۴۲۳۲	۱۴۷۵۳	۵۵۴۴	۵۷۰۱	۵۸۴۶	۶۰۰۲	۶۲۰۱
Dallas	۶۶۳۷	۶۷۴۲	۶۷۴۲	۶۷۴۲	۶۹۱۱	۳۲۸۹	۳۳۸۳	۳۳۸۶	۳۴۷۴	۳۸۱۹
Denver	۷۷۳۹	۸۲۵۵	۸۳۸۷	۸۹۲۶	۸۹۲۶	۳۸۹۲	۴۰۳۳	۴۱۸۹	۴۴۴۲	۴۵۱۷
Detroit	۱۳۶۶۸	۱۴۲۱۶	۱۴۷۴۲	۱۵۳۷۴	۱۶۰۳۲	۶۱۲۳	۶۴۱۰	۶۶۳۱	۶۸۸۶	۷۱۷۷
Kansas City	۱۱۶۲۱	۱۲۰۵۳	۱۲۰۵۳	۱۲۸۳۴	۱۳۴۳۷	۴۸۷۵	۵۰۱۵	۵۲۶۰	۵۵۰۳	۵۶۵۳
Los Angeles	۱۴۰۱۱	۱۴۴۵۸	۱۴۴۵۸	۱۵۰۱۸	۱۵۵۷۴	۵۸۵۲	۵۹۵۳	۵۹۵۳	۶۱۱۱	۶۲۸۵
Minneapolis	۱۳۳۶۸	۱۳۹۷۹	۱۴۵۳۲	۱۵۰۸۴	۱۵۹۵۳	۵۴۲۹	۵۶۷۲	۵۹۳۷	۶۲۲۲	۶۵۸۰
New Orleans	۶۸۴۲	۶۸۴۲	۶۸۴۲	۶۹۹۵	۷۲۷۴	۳۳۵۸	۳۳۵۹	۳۵۸۷	۳۶۶۹	۳۸۴۸
New York	۱۹۲۸۴	۱۹۹۵۵	۲۰۵۹۷	۲۱۳۶۸	۲۳۱۷۶	۹۱۳۲	۹۴۱۶	۹۵۳۵	۹۹۰۶	۱۰۶۳۴
Philadelphia	۱۴۶۰۵	۱۵۲۱۱	۱۵۷۳۷	۱۶۰۰۰	۱۶۹۷۴	۶۴۵۰	۶۷۰۵	۶۹۷۸	۷۱۵۸	۷۴۷۶
Pittsburgh	۱۱۸۸۴	۱۲۲۳۴	۱۲۴۹۷	۱۲۸۳۹	۱۳۱۹۵	۵۴۳۸	۵۵۸۴	۵۷۳۳	۵۹۱۱	۶۰۹۹
St. Louis	۱۳۷۲۶	۱۴۱۲۱	۱۴۵۵۳	۱۵۰۰۰	۱۵۴۷۴	۵۴۴۷	۵۶۹۶	۵۸۷۴	۶۰۹۴	۶۲۵۲
San Francisco	۱۴۱۵۷	۱۴۴۱۱	۱۴۴۱۱	۱۶۰۰۵	۱۶۰۱۱	۶۴۷۷	۶۷۴۰	۶۷۴۰	۷۰۵۷	۷۱۴۲
Seattle	۱۴۰۲۶	۱۴۸۱۱	۱۵۳۰۰	۱۵۸۷۹	۱۵۸۷۹	۵۴۲۵	۵۶۷۱	۵۹۷۵	۶۱۷۳	۶۳۴۳
Montreal	۱۲۳۷۹	۱۲۳۷۹	۱۲۷۴۲	۱۳۰۷۴	۱۳۶۷۴	۵۳۸۱	۵۳۸۷	۵۵۲۰	۵۶۸۵	۵۹۸۸
Toronto	۱۶۵۷۹	۱۶۶۱۱	۱۶۹۱۳	۱۶۸۹۷	۱۶۸۹۷	۶۳۲۰	۶۳۵۰	۶۵۲۲	۶۶۵۱	۶۷۳۸
National labor index	۱۱۸۳۵	۱۲۲۳۳	۱۲۵۴۷	۱۳۰۶۳	۱۴۴۶۱	۵۹۹۴	۵۴۷۳	۵۶۳۵	۵۸۷۳	۶۰۶۷
Wages, $/h	۲۲۴۸	۲۳۲۴	۲۳۸۴	۲۴۸۲	۲۵۵۸	۲۹۳۸	۳۰۳۷	۳۱۲۷	۳۲۶	۳۳۶۷

† Published in December inssues of *Engineering News-Record* (with permission from *Engineering News Record*, McGraw-Hill, New York).

†† Indexes= 100 in 1913.

امکانات جانبی. هزینهٔ این امکانات مثل بخار، برق، آب فرآیند و خنک‌کننده، هوای فشرده، گاز طبیعی، نفت سوخت، سردسازی، و تصفیه و دفع پسماند، به‌منبع، محل کارخانه و مقدار مورد نیاز آنها بستگی دارد. فهرست تفصیلی نرخ این امکانات در پیوست B ارایه شده است. در جدول ۶ـ۱۴ نیز هزینه‌های متداول امکانات جانبی آمده است.

نوع امکانات جانبی مورد نیاز براساس شرایط برگه جریان تعیین می‌شود؛ گاهی می‌توان مقدار آنها را با استفاده از تحلیل هزینهٔ مقدماتی از اطلاعات موجود برای فرآیندهای مشابه به‌دست آورد. اغلب می‌توان امکانات جانبی مورد نیاز را با استفاده از موازنه‌های جرم و انرژی محاسبه‌شده برای فرآیند، تعیین کرد. هریک از این امکانات جانبی ممکن است بر مبنای یک نرخ از پیش تعیین شده از یک منبع خارجی خریداری شوند و یا خدمات مورد نظر در شرکت وجود داشته باشند. اگر شرکت خدمات ضروری خودش را تأمین کند و فقط برای یک فرآیند آن را مورد استفاده قرار دهد در این صورت معمولاً کل هزینهٔ نصب خدمات جزو هزینهٔ تولید در نظر گرفته می‌شود. اگر خدمات مذکور برای تولید چندین محصول مختلف مورد استفاده قرار گیرد هزینهٔ خدمات با در نظر گرفتن میزان مصرف آنها به‌محصولات مختلف تخصیص داده می‌شود.

مقدار بخار لازم مشتمل بر میزان مصرف در فرآیند تولید، و نیز مقدار مورد نیاز برای استفاده‌های جانبی است. مقداری نیز برای تشعشع و افت در خطوط باید در نظر گرفته شود.

برای روشنایی، موتورها و مصارف دستگاه‌های مختلف فرآیندی باید نیروی برق تأمین شود. به‌منظور غلبه بر افت خطوط و موارد غیرمنتظره باید یک ضریب ۱/۱ تا ۱/۲۵ برای جریان برق در نظر گرفت. هزینهٔ امکانات جانبی برای فرآیندهای شیمیایی متداول را می‌توان با تقریب غیردقیق در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کل هزینهٔ محصول در نظر گرفت.

هزینهٔ کنترل آلودگی و دفع پسماند با استفاده از مقادیر آلاینده‌های محاسبه شده در موازنه‌های جرم فرآیند، به‌بهترین وجه برآورد می‌شود. به‌این مقادیر در برنامه‌های شبیه‌سازی توجه خاصی می‌شود. در جدول ۶ـ۱۴ برآوردهایی برای هزینه‌های واحد تصفیهٔ پسماندهای مختلف ارایه شده است.†

تعمیرات و نگهداری. هزینه‌های سالانهٔ تعمیرات و نگهداری تجهیزات از ۲ تا ۲۰ درصد قیمت دستگاه تغییر می‌کند. هزینه‌های ساختمان‌های کارخانه به‌طور متوسط ۳ تا ۴ درصد هزینهٔ ساختمان را تشکیل می‌دهد. در صنایع فرآیندی کل هزینهٔ کارخانه در سال برای تعمیر و نگهداری ۲ تا ۱۰ درصد سرمایه گذاری

---

† R. Turton, R. C. Bailie, W. B. Whiting, and J. A. Shaeiwitz, *Analysis and Design of Chemical Processes*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1998.

ثابت است، که مقدار ۷ درصد عدد معقولی به‌نظر می‌رسد. جدول ۶ ـ ۱۶ برآورد هزینه‌های تعمیر و نگهداری را به‌صورت تابعی از شرایط فرآیند نشان می‌دهد.

برای نرخ‌های تولید کمتر از ظرفیت کارخانه، معمولاً هزینه‌های تعمیر و نگهداری، ۸۵ درصد مقداری را که کارخانه با ۱۰۰ درصد ظرفیت برای تولید ۷۵ درصد کار می‌کند و یا ۷۵ درصد مقداری را که کارخانه با ظرفیت ۱۰۰ درصد برای تولید ۵۰ درصد کار می‌کند، می‌توان در نظر گرفت.

تدارکات عملیاتی. موارد مصرفی مثل جدول‌ها، روان‌کننده‌ها، مواد شیمیایی که برای آزمایش به کار می‌روند، و موارد مشابه را نمی‌توان جزو مواد اولیه یا تعمیر و نگهداری در نظر گرفت و باید آنها را جزو تدارکات عملیاتی دسته‌بندی کرد. هزینهٔ این موارد حدود ۱۵ درصد کل هزینهٔ تعمیر و نگهداری است.

هزینه‌های آزمایشگاهی. هزینهٔ تست‌های آزمایشگاهی برای کنترل عملیات و کیفیت محصول در این مقوله گنجانده می‌شود. عموماً با برآورد نفر ـ ساعت و ضرب آن در نرخ مناسب این هزینه محاسبه می‌شود. برای برآورد سریع می‌توان آن را ۱۰ تا ۲۰ درصد نیروی کار عملیاتی در نظر گرفت.

اختراعات ثبت‌شده و امتیاز آنها. این اختراعات بسیاری از محصولات و فرآیندهای تولیدی را پوشش می‌دهند. برای استفاده از اختراعات دیگران باید براساس میزان مواد تولید شده هزینهٔ حق مخترعین و صاحب‌امتیازان پرداخت گردد. حتی اگر یک شرکت از فرآیندی که از یک اختراع ثبت‌شده به‌دست آمده استفاده کند، مقدار معینی از کل هزینه‌های توسعه و خرید اختراع ثبت‌شده باید به‌عنوان هزینه‌های عملیاتی توسط شرکت پرداخت شود. در این نوع موارد این هزینه‌ها معمولاً در مدت زمان حفاظت قانونی از اختراع ثبت‌شده مستهلک می‌شوند. با یک برآورد غیردقیق می‌توان هزینهٔ اختراع ثبت‌شده و حق امتیاز آن را ۰ تا ۶ درصد کل هزینهٔ تولید در نظر گرفت.

کاتالیست‌ها و حلال‌ها. هزینهٔ انواع کاتالیست و حلال می‌تواند حایز اهمیت باشد و برآورد آن باید براساس مقدار کاتالیست و حلال مورد نیاز و قیمت آن در یک فرآیند معین صورت گیرد.

هزینه‌های ثابت. هزینه‌هایی که با توجه به‌میزان تولید به‌مقدار کم یا اصلاً تغییر نمی‌کنند هزینه‌های ثابت[1] نامیده می‌شوند. این هزینه‌ها شامل هزینهٔ استهلاک، مالیات بر دارایی، بیمه، و بهرهٔ وام است. این نوع هزینه‌ها به‌طور مستقیم تابعی از سرمایه گذاری و مقررات مالی می‌باشند. آنها را باید براساس سرمایه گذاری ثابت برآورد کرد. در برآوردهای اولیه اجاره بها معمولاً صفر در نظر گرفته می‌شود. این هزینه‌ها به‌طور

1- Fixed costs or fixed charges

غیردقیق حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کل هزینهٔ محصول را دربر می‌گیرند.

استهلاک. تجهیزات، ساختمان‌ها، و سایر وسایلی که یک کارخانهٔ تولیدی را تشکیل می‌دهند نیاز به‌سرمایه گذاری اولیهٔ قابل برگشت دارند و این کار با در نظر گرفتن استهلاک به‌صورت هزینه‌های تولید مدنظر قرار می‌گیرد. از آن رو که نرخ استهلاک در تعیین میزان مالیات بر درآمد اهمیت ویژه‌ای دارد، ادارهٔ عواید مالیاتی[1] براساس قوانین مالیاتی ایالات متحده، نرخ هزینهٔ استهلاک را برای انواع مختلف کارخانه‌های صنعتی تعیین می‌کند.

در روشی که به‌طور گسترده برای محاسبهٔ استهلاک به کار می‌رود (MACRS) ، میزان استهلاک سال به‌سال تغییر می‌کند، بنابراین استهلاک به‌طور جدا گانه محاسبه‌شده و در پایین جدول ۶ ـ ۸ قرار می‌گیرد. در آن دسته از مطالعات اقتصادی که ارزش زمانی پول مورد توجه قرار نمی‌گیرد، در نظر گرفتن یک نرخ استهلاک سالیانه ثابت برای یک مدت زمان معین مناسب می‌باشد.

هزینه‌های مالی. به‌ازای سرمایهٔ استقراضی باید بهره پرداخت کرد. در زمان قرض سرمایه یک نرخ ثابت بهره تعیین می‌گردد. بنابراین، اگر برای ساخت کارخانه قرض گرفته شود بهرهٔ آن به‌عنوان یک هزینهٔ مشخص مدنظر قرار می‌گیرد. با آنکه بهرهٔ سرمایه‌ای که قرض گرفته شده یک هزینهٔ ثابت است، عدهٔ زیادی بر این باور هستند که بهره را نباید جزو هزینه‌های تولید در نظر گرفت بلکه باید به‌صورت هزینه‌ای جدا گانه و مستقل تحت سرفصل عمومی هزینهٔ مدیریت یا هزینهٔ مالی مدنظر قرار گیرد. میزان نرخ‌های بهرهٔ سالانه ۵ تا ۱۰ درصد ارزش کل سرمایهٔ قرض گرفته شده است. برای محاسبهٔ مالیات بر درآمد، سود پولی را که توسط شرکت پرداخت می‌شود نمی‌توان به‌عنوان هزینه در نظر گرفت. ولی در محاسبات طراحی، در صورتی که سرمایهٔ مورد نیاز از منابع خارجی تأمین شوند می‌توان بهره را جزو هزینه در نظر گرفت.

جدول ۶ ـ ۱۶ برآورد هزینه‌های تعمیرات و نگهداری

نوع عملیات	هزینهٔ تعمیرات به‌صورت درصدی ازسرمایه گذاری ثابت (سالانه)		
	دستمزدها	مواد	جمع کل
فرآیندهای شیمیایی ساده	۱ـ۳	۱ـ۳	۲ـ۶
فرآیندهای نسبتاً ساده با شرایط عملیاتی عادی	۲ـ۴	۳ـ۵	۵ـ۹
فرآیندهای پیچیده، خوردگی شدید و یا نیاز به‌ابزار دقیق گسترده	۳ـ۵	۴ـ۶	۷ـ۱۱

1 – Internal Revenue Service

مالیات‌های محلی. میزان مالیات‌های دارایی محلی، به‌محل کارخانه و قوانین منطقه‌ای بستگی دارد. مالیات بر دارایی سالیانه در نقاط پُرجمعیت بین ۲ تا ۴ درصد سرمایه گذاری ثابت است. در نواحی کم‌جمعیت‌تر، مالیات بر دارایی محلی ۱ تا ۲ درصد سرمایه گذاری ثابت است.

بیمهٔ دارایی. نرخ بیمه به‌نوع فرآیندی که در عملیات تولید صورت می‌گیرد و به‌میزان امکانات ایمنی موجود بستگی دارد. این نرخ سالانه حدود ۱ درصد سرمایه گذاری ثابت است.

اجاره. هزینهٔ سالیانهٔ اجارهٔ زمین و ساختمان‌ها حدود ۸ تا ۱۲ درصد ارزش ملک اجاره شده است. در برآوردهای اولیه معمولاً اجاره لحاظ نمی‌شود.

هزینه‌های اضافی کارخانه[1]

هزینه‌هایی که در قسمت‌های قبل مورد بررسی قرار گرفت مستقیماً به‌عملیات تولید ارتباط داشتند. اما با این حال چنانچه کارخانه‌ای قرار باشد به‌طور کامل و پُربازده فعالیت کند هزینه‌های دیگری را در پی دارد. هزینه‌های سرویس‌دهی معمولی کارخانه در هزینه‌های اضافی کارخانه لحاظ می‌شوند. ماشین‌آلات، تجهیزات و ساختمان‌های غیرمرتبط با فرآیند تولید که برای مقاصد عمومی کارخانه ضروری هستند و هزینه‌های ثابت و مستقیم این موارد قسمتی از هزینه‌های اضافی را تشکیل می‌دهند. سایر اجزای هزینه‌های اضافی در شکل ۶ ـ ۷ فهرست شده است. این هزینه‌ها ارتباط تنگاتنگی با هزینه‌های نیروی کار دخیل در عملیات تولید دارند. هزینه‌های اضافی کارخانه‌های شیمیایی تقریباً ۵۰ تا ۷۰ درصد کل هزینه‌های نیروی کار عملیاتی، نظارت و تعمیر و نگهداری است.

هزینه‌های عمومی[2]

علاوه‌بر هزینه‌های تولید هزینه‌های عمومی دیگری در عملیات یک شرکت وجود دارد. این هزینه‌های عمومی ممکن است به‌صورت (۱) هزینه‌های اداری؛ (۲) هزینه‌های توزیع و بازاریابی؛ و (۳) هزینه‌های تحقیق و توسعه طبقه‌بندی شوند.

هزینه‌های اداری[3]. هزینه‌هایی را که به‌فعالیت‌های اجرایی و اداری مرتبط هستند نمی‌توان مستقیم به‌هزینه‌های تولید مربوط ساخت. هر چند برای تکمیل تحلیل‌های اقتصادی باید هزینه‌های اداری نیز در آن لحاظ گردد. حقوق و دستمزد مدیران، منشی‌ها، حسابدارها، اپراتورهای رایانه، مهندسی و کارکنان امور

1- Plant overhead costs 2- General expenses 3- Administrative Costs

حقوقی به‌همراه هزینهٔ دستگاه‌های اداری، ارتباطات بیرونی، ساختمان‌های اداری و سایر موارد مرتبط با فعالیت‌های اداری ـ بخشی از هزینه‌های اداری را تشکیل می‌دهند. این هزینه‌ها مشخصاً از کارخانه‌ای به کارخانهٔ دیگر تغییر می‌کند و اینکه کارخانه تازه تأسیس باشد یا به کارخانهٔ فعلی اضافه شده باشد در تعیین میزان هزینه مؤثر است. در صورت عدم دسترسی به‌ارقام بسیار دقیق هزینه‌ها از طریق سوابق شرکت‌ها، یا برای برآورد اولیه، می‌توان هزینه‌های اداری را تقریباً ۱۵ تا ۲۵ درصد هزینهٔ نیروی کار عملیاتی در نظر گرفت.

هزینه‌های توزیع و بازاریابی. این نوع هزینه‌های عمومی در فرآیند توزیع و فروش محصولات مختلف اعمال می‌شود. از نقطه‌نظر عملی هیچ عملیات تولیدی نمی‌تواند به‌موفقیت دست یابد مگر آنکه محصولات آن فروش رفته و یا برای یک مصرف سودمند مورد استفاده قرار گیرد. حقوق، دستمزد، ملزومات و سایر هزینه‌های دفاتر فروش، دستمزدها، هزینه‌های مسافرت مربوط به‌نمایندگی‌های فروش، هزینه‌های حمل و نقل، هزینهٔ کانتینرها، هزینه‌های تبلیغات و سرویس فنی فروش همگی در زمرهٔ این نوع هزینه‌ها قرار دارند.

هزینه‌های توزیع و بازاریابی، بسته به‌نوع محصول تولیدی، فروش محصولات دیگر توسط شرکت، محل کارخانه، و سیاست‌های شرکت، در مورد کارخانه‌های مختلف بسیار متغیر است. این هزینه‌ها برای بیشتر کارخانه‌های شیمیایی ۲ تا ۲۰ درصد کل هزینهٔ محصول است. معمولاً به‌یک محصول جدید یا محصولی که باید به‌مقدار کم به‌تعداد زیادی از مصرف‌کننده‌ها فروخته شود، درصد بیشتری تعلق می‌گیرد. برای محصولاتی نظیر مواد شیمیایی که به‌طور فله‌ای با حجم زیاد فروخته می‌شوند درصد کمتری در نظر گرفته می‌شود.

هزینه‌های تحقیق و توسعه. در صنایع شیمیایی، روش‌ها و محصولات جدید نتیجهٔ دستاوردهای بخش تحقیق و توسعه هستند. هر شرکت در حال توسعه که قصد دارد در این وضعیت رقابت صنعتی پابرجا و باقی بماند لازم است در بخش تحقیق و توسعه سرمایه گذاری کند. هزینه‌های تحقیق و توسعه عبارتند از حقوق و دستمزد تمام افرادی که در این بخش دخالت مستقیم دارند، هزینه‌های ثابت و عملیاتی ماشین‌آلات و تجهیزات مربوطه، هزینهٔ مواد، و دستمزد مشاورین. در برخی از صنایع مثل صنایع داروسازی تحقیق ممکن است بزرگترین سهم از کل هزینهٔ محصول را به‌خود اختصاص دهد. در صنایع شیمیایی این هزینه‌ها حدود ۲ تا ۵ درصد هر دلار فروش، یا حدود ۵ درصد کل هزینهٔ محصول را به‌خود اختصاص می‌دهند.

سود ناخالص، سود خالص، و گردش وجوه نقد

درآمد فروش محصول منهای کل هزینهٔ محصول برابر است با سود ناخالص[1]، یا درآمد ناخالص[2]. سود ناخالص در دو حالت بدون استهلاک و یا با استهلاک به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$g_j = s_j - c_{oj} \qquad (۶-۱۳)$$

که g_j سود ناخالص بدون در نظر گرفتن استهلاک در سال zام است، و

$$G_j = s_j - c_{oj} - d_j \qquad (۶-۱۴)$$

که G_j سود ناخالص با در نظر گرفتن استهلاک در سال zام است.

سود خالص[3] که به‌آن درآمد خالص نیز می‌گویند، سود باقیمانده پس از پرداخت مالیات بر درآمد است.

$$N_{pj} = G_j(1-\phi) \qquad (۶-۱۵)$$

که N_{pj} سود خالص در سال zام است.

گردش وجوه نقد حاصل از عملیات‌های فرآیند طبق معادلهٔ (۶ـ ۱) و یا به‌صورت زیر است:

$$A_j = N_{pj} + d_j \qquad (۶-۱۶)$$

مثال ۶ـ ۷ نقطهٔ سر به‌سر، سود ناخالص و خالص یک کارخانهٔ فرآیندی

هزینه‌های متغیر تولید سالانه برای یک کارخانه که با ۷۰ درصد ظرفیت کار می‌کند ۲۸۰۰۰۰ دلار است. مجموع هزینه‌های ثابت سالانه، هزینه‌های اضافی و هزینه‌های عمومی ۲۰۰۰۰۰ دلار است و می‌توان آن را با تغییر نرخ تولید ثابت فرض کرد. کل فروش سالانه ۵۶۰۰۰۰ دلار، و قیمت محصول \$4/kg است. نقطهٔ سر به‌سر برحسب کیلوگرم تولید محصول در سال چقدر است؟ مقدار سود ناخالص سالانه G_j (با در نظر گرفتن استهلاک) و سود خالص این کارخانه هنگامی که با ۱۰۰ درصد ظرفیت کار می‌کند در صورتی که نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد سود ناخالص باشد چقدر است؟

■ **حل:**

نقطهٔ سر به‌سر (شکل ۶ـ ۳) هنگامی اتفاق می‌افتد که کل هزینهٔ سالانهٔ تولید برابر کل فروش سالانه شود. کل هزینهٔ سالانه تولید برابر با مجموع هزینه‌های ثابت (با در نظر گرفتن استهلاک)، اضافی، و هزینه‌های عمومی، و هزینه‌های متغیر تولید است. کل فروش سالانهٔ محصول برابر با حاصل‌ضرب میزان تولید محصول در قیمت

1- Gross profit 2- Gross earnings 3- Net profit

واحد محصول است،

$$\text{هزینهٔ مستقیم تولید به‌ازای یک کیلوگرم} = \frac{\$280000}{\$560000/(\$4/kg)} = \$2/kg$$

و کیلوگرم در سال مورد نیاز برای نقطهٔ سر به‌سر برابر است با:

$$\$200000 + (\$2)(kg/yr) = (\$4)(kg/yr)$$

$$\text{مورد نیاز } kg/yr = 100000$$

بنابراین ظرفیت سالانه برابر است با:

$$\frac{\$560000}{(\$4/kg)0.7} = 200000\ kg$$

و نقطهٔ سر به‌سر برابر است با:

$$\frac{100000}{200000}(100) = 50\% \text{ ظرفیت}$$

کل هزینهٔ سالانه ـ کل فروش سالانه = سود سالانهٔ ناخالص

بنابراین در ۱۰۰ درصد ظرفیت تولید:

$$G_j = (\$4/kg)(200000) - [\$200000 + (200000\ kg)(\$2/kg)]$$

$$= \$200000$$

$$\text{سود خالص سالانه} = \$200000 - (0.35)(\$\ 200000)$$

پس

$$N_{pj} = \$130000$$

■

حوادث غیرمترقبه

حوادث پیش‌بینی‌نشده مثل اعتصاب‌ها، طوفان، سیلاب‌ها، تغییرات قیمت و سایر حوادث غیرمترقبه، می‌توانند بر هزینهٔ عملیات تولید تأثیر بگذارند. حوادث غیرمترقبه معمولاً در برآورد تعداد روزهای عملیات در سال، جزو هزینه‌های تولید مدنظر قرار می‌گیرند.

خلاصه

این فصل ملاحظات اقتصادی لازم را که یک مهندس شیمی باید برای برآورد هزینهٔ سرمایه گذاری یا کل

هزینهٔ تولید برای یک پروژه در نظر بگیرد نشان می‌دهد. برآوردهای پیش از طراحی هزینه به‌دلیل آنکه توجیه اقتصادی سرمایه گذاری طرح مورد نظر در مقایسه آن با سایر جایگزین‌ها تأثیر بسزایی دارد مورد تأکید فراوان قرار گرفته است. البته باید توجه داشت که برآوردهای قبل از طراحی دارای عدم اطمینانی حدود ۲۰ ± درصد یا بیشتر هستند. جدول‌های ۶ ـ ۱۷ و ۶ ـ ۱۸ به‌ترتیب خلاصه‌ای از برآوردهای مقدماتی برای هزینه‌های سرمایه گذاری و کل هزینهٔ محصول را نشان می‌دهند. درصدهای نشان داده شده در هر دو جدول محدوده‌های به‌دست آمده از کارخانه‌های شیمیایی متداول را نشان می‌دهد. به‌دلیل تنوع گستردهٔ کارخانه‌ها، تنها در صورتی که هیچ اطلاعات دقیقی در دست نباشد می‌توان از این مقادیر استفاده نمود.

جدول ۶ ـ ۱۷ برآورد هزینهٔ سرمایه‌گذاری (با نمایش تک‌تک اجزا)

درصدهایی که در زیر ارایه شده است تقریب‌هایی از هزینهٔ‌سرمایه گذاری برای کارخانه‌های فرآیندی شیمیایی متداول است. به‌این نکته باید توجه شود که مقادیر داده شده به‌عوامل زیادی از قبیل محل کارخانه، نوع فرآیند و پیچیدگی ابزار دقیق بستگی دارد.

I. هزینه‌های مستقیم = مواد و نیروی کار دخیل در نصب واقعی و کامل کارخانه (۶۵ ـ ۸۵ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

الف) دستگاه + نصب + ابزار دقیق + لوله‌کشی + برق + عایق‌کاری + نقاشی (۵۰ ـ ۶۰ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

۱. دستگاه خریداری شده (۱۵ ـ ۴۰ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

۲. نصب به‌همراه عایق‌کاری و نقاشی (۲۵ ـ ۵۵ درصد قیمت خرید دستگاه)

۳. ابزار دقیق و کنترل، نصب شده (۸ ـ ۵۰ درصد قیمت خرید دستگاه)

۴. لوله‌کشی، نصب شده (۱۰ ـ ۸۰ درصد قیمت خرید دستگاه)

۵. برق، نصب شده (۱۰ ـ ۴۰ درصد قیمت خرید دستگاه)

ب) ساختمان‌ها، فرآیندها و خدمات جانبی (۱۰ ـ ۷۰ درصد قیمت خرید دستگاه)

ج) خدمات رفاهی و محوطه‌سازی (۴۰ ـ ۱۰۰ درصد قیمت خرید دستگاه)

د) زمین (۱ ـ ۲ درصد سرمایه‌گذاری ثابت یا ۴ ـ ۸ درصد قیمت خرید دستگاه)

II. هزینه‌های غیرمستقیم = هزینه‌هایی که مستقیماً در هزینه‌های مواد و نیروی کار نصب کارخانهٔ کامل دخیل نیستند (۱۵ ـ ۳۵ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

الف) مهندسی و نظارت (۵ ـ ۳۰ درصد هزینه‌های مستقیم)

ب) هزینه‌های حقوقی (۱ ـ ۳ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

ج) هزینهٔ ساخت و دستمزد پیمانکاران (۱۰ ـ ۲۰ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

د) هزینهٔ حوادث غیرمترقبه (۵ ـ ۱۵ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

III سرمایه گذاری ثابت = هزینه‌های مستقیم + هزینه‌های غیرمستقیم

IV. سرمایهٔ عملیاتی = (۱۰ ـ ۲۰ درصد کل سرمایه‌گذاری)

V. کل‌سرمایه گذاری = سرمایه‌گذاری ثابت + سرمایه‌گذاری عملیاتی

جدول ۶ـ۱۸ برآورد کل هزینهٔ محصول (با نمایش تک‌تک اجزا)

درصدهایی که در خلاصهٔ زیر ارایه شده تقریب‌هایی از کل هزینه‌هایی است که در عملکرد کامل کارخانه‌های تولیدی وجود داشته و مربوط به کارخانه‌های فرآیندی شیمیایی معمولی است. باید توجه داشت که مقادیر داده شده به‌عوامل زیادی از قبیل محل کارخانه، نوع فرآیند و سیاست‌های شرکت بستگی دارد.

I. هزینه‌های تولید = هزینه‌های مستقیم تولید + هزینه‌های ثابت + هزینه‌های اضافی

الف) هزینه‌های مستقیم تولید (حدود ۶۶ درصد کل هزینهٔ محصول)

۱. مواد اولیه (۱۰ ـ ۸۰ درصد کل هزینهٔ تولید)

۲. نیروی کار عملیاتی (۱۰ ـ ۲۰ درصد کل هزینهٔ تولید)

۳. نظارت مستقیم و نیروی کار اداری (۱۰ ـ ۲۰ درصد نیروی کار عملیاتی)

۴. خدمات جانبی (۱۰ ـ ۲۰ درصد کل هزینهٔ محصول)

۵. تعمیر و نگهداری (۲ ـ ۱۰ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

۶. تأمین منابع عملیاتی (۱۰ ـ ۲۰ درصد هزینه‌های تعمیر و نگهداری، یا ۰/۵ ـ ۱ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

۷. هزینه‌های آزمایشگاهی (۱۰ ـ ۲۰ درصد نیروی کار عملیاتی)

۸. حق ثبت اختراع و امتیاز (۰ ـ ۶ درصد کل هزینهٔ محصول)

ب) هزینه‌های ثابت (۱۰ ـ ۲۰ درصد کل هزینهٔ محصول)

۱. استهلاک (بستگی به‌روش محاسبه دارد ـ به‌فصل ۷ مراجعه کنید)

۲. مالیات‌های محلی (۱ ـ ۴ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

۳. بیمه (۰/۴ ـ ۱ درصد سرمایه‌گذاری ثابت)

۴. اجاره (۸ ـ ۱۲ درصد ارزش زمین و ساختمان‌های اجاره‌شده)

۵. منابع مالی (بهره) (۰ ـ ۱۰ درصد کل سرمایه‌گذاری)

ج) هزینه‌های اضافی کارخانه (۵۰ ـ ۷۰ درصد هزینهٔ نیروی کار عملیاتی، نظارت، و تعمیر و نگهداری، یا ۵ ـ ۱۵ درصد کل هزینهٔ محصول) که شامل این هزینه‌هاست: تعمیر و نگهداری و هزینه‌های عمومی کارخانه، حقوق و دستمزد اضافی، بسته‌بندی، خدمات درمانی، ایمنی و حفاظت، سالن‌های غذاخوری، بازسازی، قراضهٔ تجهیزات، آزمایشگاه‌ها و تسهیلات انبارداری.

II. هزینه‌های عمومی = هزینه‌های اداری + هزینه‌های توزیع و فروش + هزینه‌های تحقیق و توسعه (۱۵ ـ ۲۵ درصد کل هزینهٔ محصول)

الف) هزینه‌های اداری (حدود ۲۰ درصد هزینه‌های نیروی کار عملیاتی، نظارت و تعمیر و نگهداری، یا ۲ ـ ۵ درصد کل هزینهٔ محصول) شامل هزینه‌های حقوق‌های اجرایی، دستمزد کارکنان، پشتیبانی رایانه‌ای، دستمزدهای قانونی، هزینه‌های اداری و ارتباطات.

ب) هزینه‌های توزیع و بازاریابی (۲ ـ ۲۰ درصد کل هزینهٔ محصول) شامل هزینه‌های دفترهای فروش، فروشندگان، حمل و نقل و تبلیغات

ج) هزینه‌های تحقیق و توسعه (۲ ـ ۵ درصد هر دلار حاصل از فروش یا حدود ۵ درصد کل هزینهٔ محصول)

III. کل هزینهٔ محصول† = هزینهٔ تولید + هزینه‌های عمومی

IV. هزینهٔ درآمدهای ناخالص (درآمدهای ناخالص = کل درآمد - کل هزینهٔ محصول، مقدار درآمد ناخالص کل شرکت به‌قوانین مالیات بر درآمد بستگی دارد؛ محدودهٔ معمول برای این هزینه ۱۵ ـ ۴۰ درصد درآمد ناخالص است).

† در صورت نیاز یک‌ضریب برای موارد پیش‌بینی نشده با افزایش میزان کل هزینه‌های محصول به‌مقدار ۱ تا ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود.

فهرست علایم و اختصارات

A = افزایش هزینه به‌دلیل استفاده از مواد آلیاژی مقاوم در برابر خوردگی

A_j = گردش وجوه نقد سالانه در سال j، دلار

A_x = سرمایه گذاری ثابت غیرتولیدی، دلار

c_o = هزینهٔ عملیاتی سال اول، کل هزینه‌های محصول به‌جز استهلاک، وقتی کارخانه با ۱۰۰ درصد ظرفیت کار می‌کند، دلار

c_{oj} = کل هزینهٔ محصول به‌جز استهلاک در سال j، دلار

C = سرمایه گذاری اولیه، دلار

C_n = سرمایه گذاری جدید، دلار

d_j = هزینهٔ استهلاک در سال j، دلار

d_n = تعداد نقشه‌ها و مشخصات

D = کل هزینهٔ مستقیم کارخانه، دلار

e = کل هزینهٔ مبدل‌های حرارتی، (بدون در نظر گرفتن افزایش هزینه به‌دلیل وجود آلیاژهای مقاوم)

e_L = شاخص کارایی نیروی کار در محل جدید نسبت به‌هزینهٔ E_L و M'_L

E = هزینهٔ خرید تجهیزات (حمل‌شده)

E' = هزینهٔ خرید تجهیزات بر مبنای f.o.b.، دلار

E_i = هزینهٔ تجهیزات نصب‌شده (حمل‌شده و نصب‌شده)، دلار

E_L = هزینهٔ نیروی کار مربوط به‌تجهیزات خریداری‌شده (مبنا)

f = شاخص هزینهٔ مقطوع نسبت به‌هزینهٔ نصب اولیه

f_3 ، f_2 ، f_1 = ضرایب مربوط به‌لوله کشی، برق، ابزار دقیق، ... ، بدون بُعد

f_d = هزینهٔ واحد به‌ازای نقشه و مشخصات، دلار بر نقشه یا مشخصات

f_e = هزینهٔ واحد برای کار مهندسی، دلار به‌ازای نفر ساعت کار مهندسی

f_E = شاخص فعلی قیمت دستگاه نسبت به‌شاخص هزینه در زمان مبنا

f_F = ضریب هزینهٔ نیروی کار ساختمان (همیشه بزرگتر از یک)

f_I = ضریب هزینهٔ غیرمستقیم (معمولاً ۱/۴ در نظر گرفته می‌شود)

f_L = شاخص هزینهٔ فعلی نیروی کار در محل جدید نسبت به‌هزینهٔ E_L و M'_L

f_M = شاخصهٔ هزینهٔ فعلی مواد نسبت به هزینهٔ M، بدون بُعد

f_m = ضریب هزینه برای موارد متفرقه، بدون بُعد

f_p = ضریب هزینه برای لوازم لوله کشی، بدون بُعد

f_v = کل هزینهٔ مخازنی که در کارگاه ساخته می‌شوند (بدون در نظر گرفتن افزایش قیمت به‌دلیل استفاده از مواد مقاوم)، دلار

f_x = قیمت واحد مواد خاص، دلار

f_y = قیمت واحد نیروی کار مربوط به‌مواد خاص، دلار

g_j = سود ناخالص، بدون در نظر گرفتن استهلاک در سال j، دلار

G_j = سود ناخالص، با در نظر گرفتن استهلاک در سال j، دلار

H_e = نفر ساعت کار مهندسی

I = کل هزینهٔ غیرمستقیم کارخانه، دلار

M = هزینهٔ مواد، دلار

M'_L = نفر ساعت نیروی کار مربوط به‌مواد خاص

M_L = هزینهٔ نیروی کار مستقیم برای نصب تجهیزات و حمل و نقل مواد

M_x = مقدار ویژه مواد با واحد مناسب

N_{pi} = سود خالص در سال j، دلار

p = کل هزینهٔ پمپ و موتور آن (بدون در نظر گرفتن هزینهٔ مواد مقاوم)، دلار

R = نسبت ظرفیت جدید به‌ظرفیت اولیه

s_j = کل درآمد حاصل از فروش در سال j، دلار

t = کل هزینهٔ پوسته برج‌ها (بدون در نظر گرفتن هزینهٔ مواد مقاوم)، دلار

T = کل سرمایه گذاری، دلار

V = سرمایه گذاری ثابت تولید، دلار

W = سرمایه گذاری عملیاتی، دلار

x = مقدار توان در روابط مربوط به‌هزینه ـ ظرفیت، بدون بُعد

نماد یونانی

ϕ = نرخ کسری مالیات بر درآمد

مسائل

۶ـ۱ قیمت خرید یک مبدل پوسته و لوله (با کله‌گی شناور و لوله‌های کربن استیل) با سطح حرارتی $100\ m^2$ در سال ۱۹۹۰ ، 4200$ بوده است. قیمت خرید یک مبدل مشابه در سال ۱۹۹۰ با سطح حرارتی $20\ m^2$ در صورتی که عدد نمایی ظرفیت ـ قیمت خرید برای محدودهٔ سطح حرارتی 10 تا $40\ m^2$ ، ۰/۶ باشد چقدر است؟ اگر عدد نمایی ظرفیت ـ قیمت خرید برای محدودهٔ سطح حرارتی 40 تا $200\ m^2$ ، ۰/۸۱ باشد، قیمت خرید یک مبدل حرارتی با سطح $100\ m^2$ در سال ۲۰۰۰ چقدر خواهد بود؟

۶ـ۲ نمودار قیمت خرید ـ سطح حرارتی را برای مبدل حرارتی پوسته و لوله ذکرشده در مثال ۶ ـ ۱ در محدوده سطح حرارتی 10 تا $200\ m^2$ رسم کنید. توجه داشته باشید که عدد نمایی ظرفیت ـ قیمت خرید در محدودهٔ سطح حرارتی خواسته شده ثابت نیست.

۶ـ۳ هزینهٔ خرید و نصب بعضی از دستگاه‌ها به‌جای ظرفیت به‌صورت تابعی از وزن داده شده است. مثالی از این نوع، هزینهٔ نصب‌شده تانک‌های بزرگ است. هزینهٔ یک تانک آلومینیومی نصب‌شده به‌وزن 45000 kg در سال ۱۹۹۰ ، 640000$ بوده است. برای محدودهٔ 90000 تا 450000 kg عدد نمایی هزینهٔ وزنی دستگاه نصب‌شده ۰/۹۳ است. اگر یک تانک آلومینیومی با وزن 300000 kg مورد نیاز باشد، سرمایهٔ لازم برای آن در سال ۲۰۰۰ چقدر خواهد بود؟

۶ـ۴ قیمت نصب‌شدهٔ یک تانک از جنس فولاد ضدزنگ ۳۰۴ به‌وزن 135000 kg در سال ۱۹۹۰ ، ۱۱۰۰۰۰۰ دلار بوده است. عدد نمایی هزینهٔ وزنی دستگاه نصب‌شده برای تانک‌هایی از جنس فولاد ضدزنگ برای محدودهٔ وزنی 100000 تا 300000 kg ، ۰/۸۸ است. با سرمایه‌گذاری که در مثال ۶ ـ ۳ انجام شده، می‌توان تانکی از جنس فولاد ضدزنگ با چه وزنی تهیه و نصب کرد؟

۶ـ۵ هزینهٔ خرید یک تانک از جنس فولاد ضدزنگ با حجم $5\ m^3$ در سال ۱۹۹۵ ، ۱۰۹۰۰ دلار بوده است. قطر این تانک 2 m و کله‌گی سر و ته آن مسطح می‌باشد. اگر کل سطح خارجی تانک با آجرهایی از جنس منیزیم با ضخامت 0.05 m پوشیده شود کل هزینهٔ نصب و عایق‌کاری آن را حساب کنید. در سال ۱۹۹۵ هزینهٔ آجرهای اکسید منیزیم با ضخامت 0.05 m ، ۴۰ دلار بر مترمربع و هزینهٔ نیروی کار برای نصب عایق ۹۵ دلار بر متر مربع بوده است.

۶ـ۶ یک انبار $36 \times 18\ m$ قرار است به‌یک کارخانهٔ موجود اضافه شود. محدوده‌ای به‌مساحت $18 \times 9\ m$ باید برای دسترسی به‌انبار آسفالت‌کاری شود. همچنین نیاز به 150 m خط آهن در کنار جادهٔ آسفالت وجود دارد. خطوط خدمات جانبی از قبل در محل انبار موجود است. انبار دارای کف بتنی، دیوارها، سقف و قاب‌های فولادی است. نیازی به گرمایش نیست ولی روشنایی و سیستم آتش‌نشانی باید نصب شود. کل هزینهٔ لازم برای افزودن این انبار را برآورد کنید. اطلاعات لازم را از ضمیمهٔ B ویرایش چهارم این کتاب به‌دست آورید.

۶ـ۷ هزینهٔ خرید تجهیزات برای یک کارخانهٔ فرآیندی جامد ۵۰۰۰۰۰ دلار است. کارخانهٔ مورد نظر به‌یک

کارخانهٔ موجود اضافه می‌شود. کل سرمایه گذاری و سرمایه گذاری ثابت لازم برای کارخانه را برآورد کنید. چه درصد و مقداری از سرمایه گذاری ثابت به‌مهندسی و نظارت و چه درصدی به‌دستمزد پیمانکاران اختصاص دارد؟

۶ـ۸ هزینهٔ خرید تجهیزات یک کارخانهٔ تولید پنتا اریتریتول (کارخانهٔ فرآیندی جامد ـ سیال) ۳۰۰۰۰۰ دلار است. کارخانهٔ مذکور باید به‌یک کارخانهٔ فرم‌آلدئید موجود اضافه شود. هزینهٔ اصلی ساختمانی مربوط به‌ساخت و ساز داخل ساختمان است. دستمزد پیمانکار ۷ درصد هزینهٔ مستقیم کل سایر هزینه‌ها حدود متوسط هزینه برای کارخانه‌های معمولی شیمیایی است. براساس این اطلاعات، کل هزینهٔ مستقیم کارخانه، سرمایه گذاری ثابت و کل سرمایه گذاری را برآورد کنید.

۶ـ۹ به کمک روش نسبت گردش[1]، سرمایه گذاری ثابت لازم برای یک کارخانه اسیدسولفوریک را در سال ۲۰۰۰ برآورد کنید. ظرفیت سالیانهٔ کارخانه را 1.3×10^8 kg / yr در نظر بگیرید (فرآیند تماس کاتالیستی) و از اطلاعات جدول ۶ ـ ۱۱ استفاده کنید. قیمت فروش اسید ۸۶ دلار برای هر تن متریک اسید است. کارخانه ۳۲۵ روز در سال کار خواهد کرد. محاسبات را با روش نمایی ظرفیت ـ قیمت و اطلاعات جدول ۶ ـ ۱۱ تکرار کنید.

۶ـ۱۰ کل سرمایه گذاری برای یک کارخانهٔ شیمیایی یک میلیون دلار است، و سرمایه گذاری عملیاتی آن ۱۰۰۰۰۰ دلار می‌باشد. اگر کارخانه به‌طور متوسط 8000 kg محصول نهایی را در روز تولید کرده و ۳۶۵ روز در سال کار کند، قیمت فروش هر کیلوگرم چقدر باید باشد تا مقدار نسبت گردش یک شود؟

۶ـ۱۱ هزینهٔ نیروی کار برای یک کارخانهٔ فرآیندی که در ناحیهٔ فیلادلفیا در سال ۱۹۹۵ (آتلانتیک میانی) ساخته‌شده ۴۲۵۰۰۰ دلار بود. هزینهٔ نیروی کار برای همان کارخانه در صورتی که در پایان سال ۱۹۹۸ در میامی، فلوریدا (آتلانتیک جنوبی) ساخته شده باشد چقدر است؟ برای سادگی فرض کنید نرخ نسبی نیروی کار و ضریب نسبی بهره‌وری ثابت باشد.

۶ـ۱۲ یک شرکت، صابونی با ۳۰ درصد وزنی آب و قیمت ۲۰ دلار به‌ازای هر ۵۰ کیلوگرم با مبنای f.o.b. (یعنی مشتری هزینهٔ حمل و نقل را پرداخت می‌کند) می‌فروشد. شرکت صابونی با همان کیفیت که فقط حاوی ۵ درصد آب است. عرضه کرده است. در صورتی که هزینهٔ حمل تغییر نکند مقدار آب از نظر مصرف‌کننده اهمیتی ندارد. اگر نرخ حمل ۱/۵ دلار برای هر ۵۰ کیلوگرم باشد، برای صابون حاوی ۵ درصد آب، شرکت به‌ازای هر 50 kg بر مبنای f.o.b. چقدر باید بپردازد؟

۶ـ۱۳ کل سرمایه گذاری یک کارخانهٔ شیمیایی معمولی ۱۵۰۰۰۰۰ دلار است و این کارخانه 3×10^6 kg محصول در سال تولید می‌کند. قیمت فروش محصول ۰/۸۲ دلار به‌ازای یک کیلوگرم است. هزینهٔ سرمایه گذاری عملیاتی ۱۵ درصد کل سرمایه گذاری است. سرمایه گذاری از سرمایهٔ شرکت بوده و سودی برای آن پرداخت نمی‌شود. هزینهٔ مواد اولیه حمل‌شده $0.09/kg، نیروی کار $0.08/kg، خدمات

1- Turnover ratio

جانبی $0.05/kg و بسته‌بندی $0.008/kg است. هزینه‌های توزیع ۵ درصد کل هزینهٔ محصول است. موارد زیر را برآورد کنید:

الف) هزینهٔ تولید یک کیلوگرم محصول

ب) کل هزینهٔ محصول در یک سال

ج) سود یک کیلوگرم محصول قبل از مالیات

د) سود یک کیلوگرم محصول پس از کسر ۰/۳۵ درصد مالیات از سود ناخالص

۶ـ۱۴ هزینهٔ تولید 100 kg محصول را تحت شرایط زیر برآورد کنید:

سرمایه گذاری ثابت = ۴ میلیون دلار

خروجی تولید سالانه = ۹ میلیون کیلوگرم

قیمت مواد اولیه = ۰/۲۵ دلار به‌ازای یک کیلوگرم محصول

بخار با فشار 800 kPa = 50 kg/kg محصول

توان الکتریکی خریداری شده = 0.9 kW/kg محصول

آب فیلتر و صاف شده = 0.083 m^3/kg محصول

نیروی کار عملیاتی = ۱۲ نفر در هر شیفت و ۲۵ دلار برای هر نفر ـ ساعت

کارخانه ۳۰۰ روز ۲۴ ساعته در سال کار می‌کند.

در فرآیند مایعات خورنده وجود دارند.

محموله‌ها به‌صورت بسته‌بندی شده در کامیون بارگیری می‌شوند.

نظارت مستقیم به‌طور جدی انجام می‌شود.

هزینه‌های حق ثبت، حق امتیاز، بهره یا اجاره وجود ندارد.

هزینه‌های اضافی ۵۰ درصد نیروی کار عملیاتی، نظارت و تعمیرات است.

۶ـ۱۵ هزینه‌های مستقیم یک شرکت ۵۰ درصد کل فروش سالیانه و هزینه‌های ثابت، اضافی، هزینه‌های عمومی آن معادل ۲۰۰۰۰۰ دلار است. اگر مدیریت تصمیم به‌فروش سالیانه ۸۰۰۰۰۰ دلار کنونی به‌میزان ۳۰ درصد با افزایش ۲۰ درصدی سرمایه گذاری ثابت، اضافی، و هزینه‌های عمومی بگیرد، چقدر فروش سالانه لازم است تا همان سود ناخالص همچون عملکرد کنونی به‌دست آید؟ سود خالص در صورتی که کارخانه توسعه‌یافته با ظرفیت کامل کار کند و مالیات بر درآمد سود ناخالص ۳۵ درصد باشد چقدر خواهد بود؟ سود خالص کارخانهٔ توسعه‌یافته در صورتی که میزان فروش سالانه در همان مقدار ۸۰۰۰۰۰ دلار ثابت بماند چقدر خواهد بود؟ سود خالص کارخانهٔ توسعه‌یافته در صورتی که فروش کل سالانه به‌میزان ۷۰۰۰۰۰ دلار کاهش یابد چقدر خواهد بود؟

۶ـ۱۶ یک کارخانهٔ فرآیندی که 5000 kg در روز محصولی با قیمت $1.75/kg تولید می‌کند، دارای هزینه‌های تولید متغیر سالانه ۲ میلیون دلار در ظرفیت ۱۰۰ درصد و هزینه‌های ثابت ۷۰۰۰۰۰ دلار است. هزینهٔ ثابت به‌ازای هر کیلوگرم در نقطهٔ سر به‌سر چقدر است؟ اگر قیمت فروش محصول ۱۰ درصد افزایش یابد میزان

افزایش سود خالص در ظرفیت کامل با فرض اینکه مالیات ۳۵ درصد درآمد ناخالص باشد چقدر است؟

۶ـ۱۷ طبق یک قانون سرانگشتی غیردقیق در صنایع شیمیایی، یک میلیون دلار فروش سالانه نیاز به‌دو میلیون دلار سرمایه‌گذاری ثابت دارد. در یک کارخانهٔ فرآیندی شیمیایی طبق این قانون، کل سرمایه‌گذاری ۲۵۰۰۰۰۰ دلار و سرمایه‌گذاری عملیاتی ۲۰ درصد کل سرمایه‌گذاری است. کل هزینهٔ محصول سالانه ۱۵۰۰۰۰۰ دلار است. اگر نرخ مالیات بر درآمد بر سود ناخالص ۳۵ درصد باشد، موارد زیر را تعیین کنید:

الف) درصد کل سرمایه‌گذاری که سالانه به‌صورت سود ناخالص برگشت می‌یابد.

ب) درصد کل سرمایه‌گذاری که سالانه به‌صورت سود خالص برگشت می‌یابد.

۶ـ۱۸ کل سرمایه‌گذاری برای یک کارخانهٔ شیمیایی که باید ۱۵۰۰۰۰۰ دلار کالا در سال تولید کند یک میلیون دلار تخمین زده شده است. قبل از ساخت نهایی کارخانه لازم است تحقیق و توسعه (R&D) قابل توجهی صورت گیرد، مدیریت کارخانه نیز انتظار دارد هزینه‌های تحقیق و توسعه برآورد شود. طبق تصمیم‌گیری‌های انجام شده باید بازگشت کل سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تحقیق و توسعه پس از کسر مالیات در طول ۷ سال برگشت پیدا کند. میزان بازگشت سرمایه حداقل ۱۲ درصد فروش باشد. چون R&D یک هزینه محسوب می‌شود و مالیات بر درآمد شرکت ۳۵ درصد درآمد ناخالص است، تنها ۶۵ درصد سرمایه اختصاص داده شده به R&D پس از پرداخت مالیات باید بازگشت پیدا کند. تحت این شرایط، کل سرمایه‌ای که شرکت برای تحقیق و توسعه می‌تواند اختصاص دهد چقدر است؟

۶ـ۱۹ ظرفیت یک کارخانهٔ شیمیایی یک میلیون کیلوگرم در سال است. پس از شروع فعالیت کارخانه دیده شد که تنها امکان فروش 500000 kg محصول در سال وجود دارد. تحلیل شرایط موجود نشان می‌دهد که کل هزینه‌های ثابت و غیرمتغیر دیگر که در صورت فعالیت یا عدم فعالیت واحد باید پرداخت شوند، زمانی که کارخانه با ظرفیت کامل کار کند ۳۵ درصد کل هزینهٔ محصول است. هزینه‌های مواد اولیه و سایر هزینه‌های تولید که مستقیماً متناسب با میزان تولید است (برای مثال، به‌ازای تولید هر کیلوگرم در هر نرخ تولیدی ثابت هستند) ۴۰ درصد کل هزینهٔ محصول در ظرفیت کامل است.

فصل

۷

بهره، ارزش زمانی پول، مالیات و هزینه‌های ثابت

همان‌طور که پیش از این گفته شد، در کنار سرمایه گذاری و هزینه‌های عملیاتی، پارامترهای اقتصادی گونا گونی می‌توانند بر تصمیم‌گیری سرمایه گذاری مناسب برای پروژه پیشنهادی تأثیرگذار باشند. این امر بخصوص موقعی صادق است که سرمایهٔ مورد نیاز پروژه قرضی باشد. در این حالت، برای استفاده از سرمایهٔ لازم باید بهره پرداخت شود. در صورت وجود سرمایهٔ داخلی باید تصمیم گرفت که صرف پروژهٔ پیشنهادی شود یا برای پروژه‌های سودآورتر هزینه گردد. در فرآیند تصمیم‌گیری، بررسی دقیق ارزش زمانی پول به‌روشن شدن ارزش درآمدها و سرمایه گذاری‌ها کمک خواهد کرد.

همچنین به‌تأثیر مالیات‌ها بر سود خالص پروژه پیشنهادی باید توجه کرد. برای نمونه، در حال حاضر مالیات بر درآمد، ۱۵ تا ۳۹ درصد درآمدهای مشمول مالیات را تشکیل می‌دهد، و این مالیات تأثیر زیادی بر درآمد خالص (پس از پرداخت مالیات) پروژه دارد. علاوه‌بر مالیات بر درآمد هزینه‌های ثابت دیگری مثل مالیات بر دارایی، استهلاک و بیمه هستند که در صورت تحقق دارایی‌های ارایه شده، همچنان به‌قوت خود باقی هستند، بدون توجه به‌اینکه در چه مرحله‌ای از آن کسب قرار داریم.

در این فصل انواع مختلف بهره موجود برای قرض‌کننده و قرض‌دهنده را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در این فصل روش‌های مختلف ارزش‌گذاری درآمدها و سرمایه گذاری‌ها را ارایه کرده‌ایم که می‌توانند مقایسهٔ خوبی بین فرصت‌های سرمایه گذاری گونا گون فراهم سازند. در انتها، خلاصه‌ای از مالیات‌ها و هزینه‌های ثابتی را که باید در تهیه و ارزیابی اقتصادی پروژهٔ پیشنهادی مورد توجه قرار گیرند ارایه شده است.

بهره[1]

بهره هزینهٔ پول قرض گرفته شده یا درآمد پولی است که به‌صورت وام تهیه شده است. به‌مقدار اصلی یا باقیماندهٔ مقدار پرداخت نشدهٔ وام اصل سرمایه[2] گفته می‌شود. نرخ بهره به‌صورت مقدار بهره حاصل از یک واحد سرمایهٔ اصلی در واحد زمان که جزیی یا درصدی از سال است تعریف می‌گردد. بهرهٔ پرداختی هزینه یک عمل تجاری است که باید در بررسی سودآوری آن کسب گنجانده شود.

بهرهٔ ساده[3]

در ساده‌ترین شکل بهره، پرداخت بهره با نرخ ثابت براساس اصل سرمایه صورت می‌گیرد. بنابراین اگر ۱۰۰۰ دلار به‌مدت ۴ سال با نرخ بهرهٔ ثابت ۱۰ درصد در سال وام گرفته باشیم، بهرهٔ ساده حاصل به‌صورت زیر خواهد بود:

$$(\$1000)(0.1)(4)= \$400$$

اگر P نشان‌دهندهٔ اصل سرمایه، N تعداد واحدهای زمان یا دورهٔ بهره، و i نرخ بهره براساس مدت یک دورهٔ بهره باشد، مقدار بهرهٔ ساده I که در طول N دورهٔ زمانی جمع می‌شود عبارت است از:

$$I= PiN \qquad (۱-۷)$$

سرمایهٔ اصلی باید یکجا باز پرداخت شود؛ بنابراین مقدار کل سرمایهٔ اصلی به‌علاوهٔ بهره پس از N دورهٔ زمانی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$F= P+ I= P(1+ iN) \qquad (۲-۷)$$

که F کل اصل سرمایه و بهرهٔ به‌دست آمده در N دورهٔ زمانی است.

بهرهٔ مرکب[4]

بهرهٔ مرکب تقریباً در تمام دنیا در معاملات تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. همانند اصل سرمایه، بهرهٔ مرکب، بهره‌ای است که پس از سرمایه گذاری مجدد به‌دست می‌آید. این بهره برای پرداخت‌های وام یا بهرهٔ سرمایه گذاری به کار می‌رود. بنابراین یک سرمایه $1000 با نرخ بهرهٔ سالانه ۱۰ درصد، منجر به‌پرداخت ۱۰۰ دلار بهره در سال اول می‌شود. اگر هیچ سرمایه‌ای حذف نشود و بهره به‌سرمایه اضافه

1- Interest
2- Principal
3- Simple interest
4- Compound interest

شود، در پایان سال دوم $\$110 = (0.1)(\$100 + \$1000)$ بهره باید به‌دست آید و کل مقدار آن

$$\$1000 + \$100 + \$110 = \$1210$$

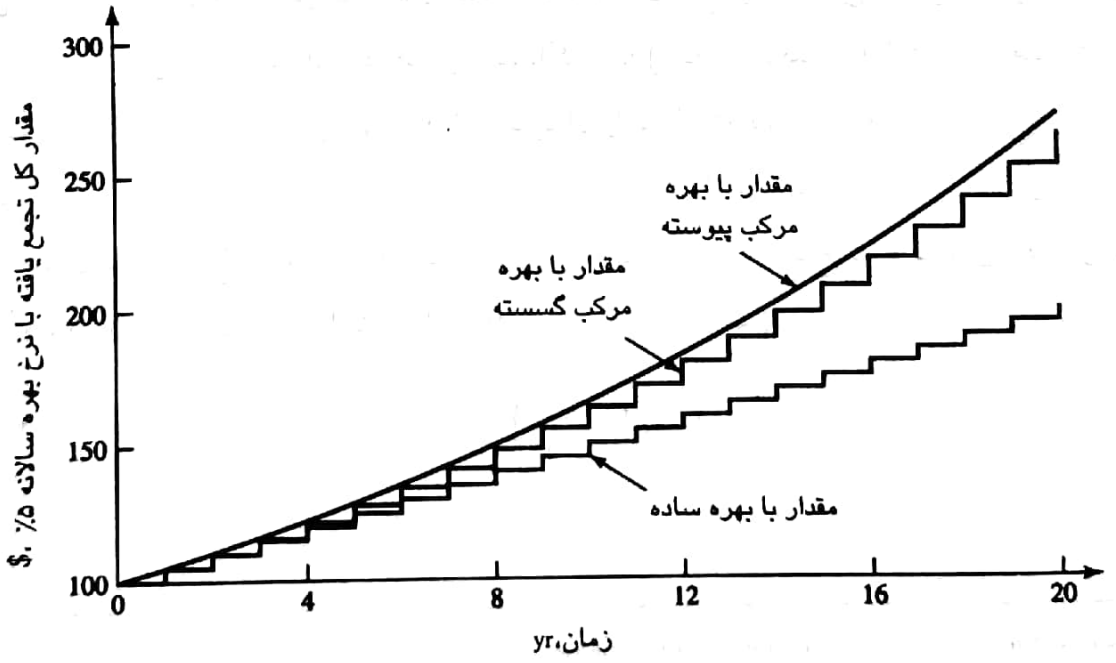
می‌شود.

بنابراین مقدار مرکب به‌دست آمده بعد از هر تعداد دوره بهره به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

دورهٔ زمانی	سرمایهٔ اصلی در آغاز دوره	بهرهٔ حاصل در طول دوره (نرخ بهره براساس مدت زمان یک دوره)	مقدار مرکب F در پایان دوره
1	P	Pi	$P + Pi = P(1+i)$
2	$P(1+i)$	$P(1+i)(i)$	$P(1+i) + P(1+i)(i) = P(1+i)^2$
3	$P(1+i)^2$	$P(1+i)^2(i)$	$P(1+i)^2 + P(1+i)^2(i) = P(1+i)^3$
N	$P(1+i)^{N-1}$	$P(1+i)^{N-1}(i)$	$P(1+i)^N$

بنابراین مقدار اصل سرمایه به‌اضافهٔ بهرهٔ حاصل بعد از N دوره بهره به‌صورت زیر است:

$$F = P(1+i)^N \qquad (۳-۷)$$



شکل ۷ـ۱

مقایسهٔ بین مقدار کل تجمع‌یافتهٔ بهرهٔ سادهٔ سالانه، بهرهٔ مرکب گسستهٔ سالانه و بهرهٔ مرکب پیوسته.

عبارت $(1+i)^N$ معمولاً به‌ضریب مقدار مرکب گسسته یک‌بار پرداخت[1] یا ضریب ارزش آتی گسستهٔ یک‌بار پرداخت[2] دلالت دارد. این ضریب به‌شکل تابعی $(F/P, i, N)$[†] بیان می‌شود سپس:

$$(F/P, i, N) = (1+i)^N \qquad (۴-۷)$$

معادلهٔ (۷-۳) را به‌صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$F = P(F/P, i, N) \qquad (۵-۷)$$

مقدار ضریب نیز به‌سادگی از معادلهٔ (۷-۴) قابل محاسبه است.

در شکل ۷-۱ مقایسه‌ای بین کل مقادیر به‌دست آمده در زمان‌های مختلف برای مواردی که از بهرهٔ ساده، بهرهٔ مرکب گسستهٔ سالانه، و بهرهٔ مرکب پیوسته، مطابق مطالب این فصل، انجام گرفته است.

نرخ بهرهٔ اسمی و مؤثر[3]

در صنایع عملیاتی متداول، طول دوره بهره گسسته یک سال در نظر گرفته می‌شود، و نرخ ثابت بهره i براساس یک سال محاسبه می‌شود. البته در برخی موارد از دوره‌های زمانی دیگر نیز استفاده می‌شود. مثالی در نظر بگیرید که در آن نرخ بهره براساس هر دوره ۳ درصد است و بهره در هر نیم سال تعیین می‌شود. این نوع نرخ معروف به‌بهرهٔ مرکب ۶ درصدی نیم ساله است. نرخ بهره به‌صورت نرخ سالانه بیان می‌شود اما نرخ بهره اگر در یک سال مدنظر نباشد به‌آن نرخ بهرهٔ اسمی می‌گویند. برگشت واقعی سالانه (نرخ بهرهٔ مؤثر) نمی‌تواند ۶ درصد باشد، بلکه به‌دلیل دوبار مرکب شدن در سال مقداری بیشتر است. هنگامی که دورهٔ زمانی برای بهره بیان نمی‌شود آن را سالانه در نظر بگیرید.

نرخ بهرهٔ مؤثر i_{eff} هنگامی که یک بار در سال مرکب می‌شود همان مقدار پول را در پایان سال می‌دهد، همان‌طور که نرخ اسمی r ، m بار در سال مرکب شده است. نرخ بهره به‌ازای یک دوره r/m است، و مقدار آن در پایان سال با استفاده از معادلهٔ (۷-۳) به‌صورت زیر است:

$$F = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m \qquad (۶-۷)$$

1- Discrete single-payment compound amount factor

2- Discrete single-payment future-worth factor

† این نوع نماد براساس استاندارد بین‌المللی امریکا ANSI Z94.7-2000 است. که می‌توان آن را به‌صورت زیر خواند: P را در مقدار ضریب ضرب کنید تا F به‌دست آید، برای نرخ بهره i و دورهٔ زمانی N.

3- Nominal and effective interest rates

و مقدار آن با ترکیب کردن با نرخ مؤثر i_{eff} در پایان یک سال از معادلهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$F=(1+i_{eff})^1 \qquad (۷-۷)$$

طبق تعریف بهرهٔ اسمی و مؤثر این دو مقدار F باید یکسان باشد؛ بنابراین

$$1+i_{eff}=\left(1+\frac{r}{m}\right)^m \qquad (۸-۷)$$

نرخ بهرهٔ مؤثر سالانه را می‌توان از رابطهٔ زیر محاسبه کرد:

$$i_{eff}=\left(1+\frac{r}{m}\right)^m-1 \qquad (۹-۷)$$

پس اگر $r=0.06$ و $m=2$ (دوبار در سال)،

$$i_{eff}=\left(1+\frac{0.06}{2}\right)^2-1=1.0609-1=0.0609$$

نرخ‌های بهرهٔ اسمی همواره شامل عبارت کیفی است که دورهٔ زمانی مرکب شدن را نشان می‌دهد. برای مثال براساس دورهٔ زمانی سالانه، ۱۰۰ دلار سرمایه گذاری با نرخ بهرهٔ اسمی ۲۰ درصد که سالانه مرکب شده باشد بعد از یک سال ۱۲۰ دلار می‌شود؛ و اگر به‌طور پیوسته مرکب شود، مقدار آن ۱۲۲/۱۴ دلار می‌شود. مقدار نرخ‌های بهرهٔ مؤثر به‌ترتیب ۲۰ ، ۲۱ و ۲۲/۱۴ هستند.

مثال ۷ـ۱ کاربرد انواع مختلف بهره

به‌دلیل ضرورت مالی، ۱۰۰۰ دلار از یک مؤسسه با نرخ ماهانه ۲ درصد قرض گرفته شده است، موارد زیر را تعیین کنید:

الف) کل اصل سرمایه به‌اضافهٔ بهرهٔ ساده پس از گذشت ۲ سال در صورتی که هیچ پرداختی در این مدت صورت نگرفته باشد.

ب) کل اصل سرمایه به‌اضافهٔ بهرهٔ مرکب پس از گذشت ۲ سال در صورتی که هیچ پرداختی در این مدت صورت نگرفته باشد.

ج) نرخ بهرهٔ اسمی هنگامی که بهرهٔ ماهانه مرکب شود.

د) نرخ بهرهٔ مؤثر هنگامی که بهرهٔ ماهانه مرکب شود.

■ **حل:**

الف) مدت زمان یک دوره بهره یک ماه است، و تعداد دوره‌ها در ۲ سال ۲۴ است.

برای بهرهٔ ساده، مقدار کل پس از ۸ دوره با نرخ بهرهٔ دوره‌ای i با استفاده از معادلهٔ (۷ ـ ۲) محاسبه می‌شود:

$$F = P(1+iN)$$

$$= 1000[1+(0.02)(24)] = \$1480$$

ب) برای بهره مرکب، مقدار کل پس از N دوره با نرخ بهره دوره‌ای i از معادلهٔ (۷ – ۳) به‌دست می‌آید:

$$F = P(1+i)^N$$

$$= \$1000(1+0.02)^{24} = \$1608$$

ج) نرخ بهرهٔ اسمی در یک سال که به‌صورت ماهانه مرکب شده (۱۲)(۲) یا ۲۴ است.

د) با استفاده از معادلهٔ (۷ ـ ۹) در صورتی که $m=12$ و $r=0.24$

$$i_{eff} = \left(1+\frac{r}{m}\right)^m - 1$$

$$= \left(1+\frac{0.24}{12}\right)^{12} - 1 = 0.268 = 26.8\%$$ در سال

■

بهرهٔ پیوسته[1]

در مبحث قبل دربارهٔ بهرهٔ ساده و مرکب تنها آن مشکل از بهره در نظر گرفته شد که در آن پرداخت‌ها در فواصل زمانی گسسته و دوره‌ای محاسبه می‌شوند، که این فواصل زمانی بیانگر مدت زمان معینی هستند و با تجمع بهره در یک مقدار گسسته در پایان هر دوره بهره است. اگرچه در عمل، مدت زمان اصلی برای تجمع بهره یک سال در نظر گرفته می‌شود، ولی دوره‌های کوتاهتر مانند یک ماه، یک روز، یک ساعت یا یک ثانیه هم مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته بهترین شرایط زمانی اتفاق می‌افتد که فواصل زمانی کوچک شوند در نتیجه بهره به‌طور پیوسته مرکب شده است. در بهرهٔ پیوسته هزینه یا درآمد حاصل از بهره به‌طور منظم جریان می‌یابد، و این منطقی است که در بیشتر موارد از فواصل زمانی گسسته استفاده شود.

معادلات (۷ ـ ۶) و (۷ ـ ۹) اساس روابط بهرهٔ پیوسته را تشکیل می‌دهند. نماد r نرخ بهرهٔ اسمی با m دوره در سال را بیان می‌کند. اگر بهره به‌طور پیوسته مرکب شود، m به‌بی‌نهایت میل می‌کند. برای N

1- Continuous interest

سال معادلهٔ (۷ ـ ۶) به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$F = P \lim_{m \to \infty} \left(1 + \frac{r}{m}\right)^{mN} = P \lim_{m \to \infty} \left(1 + \frac{r}{m}\right)^{(m/r)(rN)} \qquad (۷ ـ ۱۰)$$

تعریف بنیانی براساس لگاریتم طبیعی (e= 2071828) به‌صورت زیر است†:

$$\lim_{m \to \infty} \left(1 + \frac{r}{m}\right)^{m/r} = e = 2.71828 \ldots \qquad (۷ ـ ۱۱)$$

بنابراین††

$$F = Pe^{rN} \qquad (۷ ـ ۱۲)$$

عبارت e^{rN} به ضریب «مقدار مرکب پیوسته یک‌بار پرداخت[1]» معروف است. صورت تابعی آنها به‌شکل زیر نشان داده می‌شود†††:

$$e^{rN} = (F/P, r, N) \qquad (۷ ـ ۱۳)$$

پس،

$$F = P(F/P, r, N) \qquad (۷ ـ ۱۴)$$

عامل $(F/P, r, N)$ نسبت ارزش آیندهٔ F به‌ارزش فعلی P است هنگامی که مرکب شدن به‌صورت پیوسته با نرخ اسمی r در سال و برای مدت N سال است.

براساس معادلهٔ (۷ ـ ۹)، نرخ بهرهٔ مؤثر می‌تواند برحسب نرخ بهرهٔ اسمی پیوسته به‌صورت زیر بیان شود:

$$i_{eff} = e^{r} - 1 \qquad (۷ ـ ۱۵)$$

در نتیجه،

$$r = \ln(1 + i_{eff}) \qquad (۷ ـ ۱۶)$$

---

† برای نمونه به‌مرجع زیر نگاه کنید:

W. Fulks, *Advanced Calculus*, 3d ed., J. Wiley, New York, 1978, pp. 55-56.

†† ANSI Z94.7-2000.

1- Continuous single-payment compound amount factor

††† با توجه به‌اینکه در مورد مرکب شدن پیوسته، تغییر دیفرانسیلی F با زمان باید با حاصل‌ضرب F در نرخ بهره پیوستهٔ اسمی یا $dF/dN = rF$ برابر باشد، نتایج مشابهی به‌دست می‌آید. برای به‌دست آوردن معادلهٔ (۷ ـ ۱۲) به‌صورت زیر عمل می‌شود:

$$\int_P^F (dF/F) = r \int_0^N dN$$

$$\ln\left(\frac{F}{P}\right) = rN \quad \text{یا} \quad F = Pe^{rN}$$

و بنابراین،

$$e^{rN} = (1 + i_{eff})^N \qquad (۱۷ ـ ۷)$$

و

$$F = Pe^{rN} = P(1 + i_{eff})^N \qquad (۱۸ ـ ۷)$$

مثال ۷ ـ ۲ محاسبات با بهرهٔ پیوستهٔ مرکب

در مورد یک نرخ بهرهٔ سالانهٔ اسمی ۲۰ درصد، موارد زیر را تعیین کنید:

الف) مقدار کلی که در آن یک دلار سرمایهٔ اولیه بعد از یک سال با مرکب شدن سالانه و نرخ بهرهٔ سالانهٔ مؤثر تجمع می‌یابد.

ب) مقدار کلی که در آن یک دلار سرمایهٔ اولیه بعد از یک سال با مرکب شدن ماهانه و نرخ بهرهٔ سالانهٔ مؤثر تجمع می‌یابد.

ج) مقدار کلی که در آن یک دلار سرمایهٔ اولیه بعد از یک سال با مرکب شدن روزانه و نرخ بهرهٔ سالانهٔ مؤثر تجمع می‌یابد.

د) مقدار کلی که در آن یک دلار سرمایهٔ اولیه بعد از یک سال با مرکب شدن پیوسته و نرخ بهرهٔ سالانه مؤثر تجمع می‌یابد.

■ **حل:**

الف) با استفاده از معادلهٔ (۷ ـ ۳)، $P = \$1.0$ ، $r = 0.20$ ، $N = 1$ و

چون مرکب شدن سالانه است 20% یا $r = i = i_{eff} = 0.20$

$$F = P(1 + i_{eff})^N = (1 + 0.20)^1 = \$1.20$$

ب) با معادلهٔ (۷ ـ ۶)، $P = \$1.0$ ، $r = 0.20$ ، $m = 12$ و

$$F = P\left(1 + \frac{r}{m}\right)^m = (1.0)\left(1 + \frac{0.20}{12}\right)^{12} = \$1.2194$$

براساس معادلهٔ (۷ ـ ۹)،

$$i_{eff} = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1 = \left(1 + \frac{0.20}{12}\right)^{12} - 1 = 0.2194 \text{ , یا } 21.94\%$$

ج) با معادلهٔ (۷ ـ ۶)، $P = \$1.0$ ، $r = 0.20$ ، $m = 365$ و

$$F = P\left(1 + \frac{r}{m}\right)^m = (1.0)\left(1 + \frac{0.20}{365}\right)^{365} = \$1.2213$$

با استفاده از معادلهٔ (۷ ـ ۹)،

$$i_{eff} = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^{m} - 1 = \left(1 + \frac{0.20}{365}\right)^{365} - 1 = 0.2213 \quad \text{یا} \quad 22.13\%$$

د) با معادلهٔ (۷ ـ ۱۲)، $P = (\$1.0)$ ، $r = 0.20$ ، $n = 1$ و

$$F = Pe^{rN} = (1.0)e^{(0.20)(1)} = \$1.2214$$

با معادلهٔ (۷ ـ ۱۵)،

$$i_{eff} = e^{r} - 1 = e^{0.20} - 1 = 0.2214 \quad \text{یا} \quad 22.14\%$$

■

مثال ۷ ـ ۲ نشان می‌دهد که چنانچه در تمام موارد نرخ بهره یکسان باشد نتایج مرکب شدن پیوسته توافق بهتری با نتایج مرکب شدن ماهانه و روزانه دارد. از طرف دیگر، اگر طبق معادلات (۷ ـ ۹) یا (۷ ـ ۱۵) نرخ‌های مؤثر و اسمی توافق داشته باشند، آنگاه هر دو نتایج یکسانی در پی خواهند داشت. این نتایج بر اهمیت تعیین نرخ بهرهٔ مناسب برای محاسبات اقتصادی تأکید می‌کند.

هزینهٔ سرمایه

منابع مختلفی برای سرمایه گذاری در معاملات تجاری وجود دارد که می‌توان به‌وام‌ها[1] ، اوراق قرضه[2] ، سهام[3] و وجوه سهامی[4] اشاره کرد. وجوه سهامی در ابتدا از سودهای توزیع نشده انباشت استهلاک، از مهمترین منابع سرمایه گذاری تجارت هستند. وجوه قرض شده معمولاً برای تأمین کل یا قسمتی از سرمایهٔ سهامی به کار می‌رود. بهرهٔ پرداختی بابت قسمتی از سرمایه که معمولاً مربوط به‌وام‌هاست یکی از هزینه‌های تولید محصول است. بهرهٔ اوراق قرضه نیز یکی دیگر از هزینه‌های تجارت است. معمولاً سئوالی که پیش می‌آید این است که آیا بهرهٔ سرمایه گذار اوراق قرضه می‌تواند به‌عنوان هزینهٔ تجارت محسوب شود. جواب این است که، براساس تصمیمات دادگاه و قوانین مالیات بر درآمد، قطعاً اینچنین نیست. بنابراین، بهرهٔ وجوه سهام و درآمدهای پرداختی به‌سهام‌ها هزینهٔ تولید نیستند، زیرا آنها یک برگشتی به‌مالکان سهام‌ها می‌باشند. به‌علاوه سرمایهٔ قرض گرفته شده، که در ابتدا افزایش ثروت محسوب می‌شود، و باید بازپرداخت شود، به‌آن مالیات تعلق نمی‌گیرد، یا به‌صورت هزینهٔ تجارت

1- Loans 2- Bonds 3- Stocks
4- Corporate funds

معاف از مالیات بوده و قابل بازپرداخت نیست.

در طراحی اولیهٔ پروژه، برای محاسبهٔ هزینهٔ بهره معمولاً یکی از دو روش زیر به کار می‌رود، مگر آنکه اطلاعات بیشتری موجود باشد:

۱. هزینه‌های بهره در نظر گرفته نمی‌شود. در این حالت فرض می‌شود کل سرمایهٔ لازم از وجوه سهام داخلی به‌دست می‌آید، و مقایسه با سرمایه گذاری‌های جایگزین باید بر یک مبنا صورت گیرد.
۲. بهره برای کل سرمایه گذاری یا جزیی از آن، که از قبل تعیین شده در نظر گرفته می‌شود و نرخ آن معمولاً معادل نرخ بهرهٔ وام‌های بانکی است.

هنگامی که طراحی به‌مراحل نهایی خود می‌رسد، منابع واقعی سرمایه گذاری جدید باید به‌طور مفصل بررسی شوند، و از هزینه‌های بهره مناسب‌تر استفاده شود.

به‌دلیل روش‌های مختلف محاسبهٔ هزینهٔ بهره، در ارتباط با روش خاص به کار گرفته شده در تحلیل اقتصادی باید از عبارت مشخصی استفاده کرد. هنگام مقایسه بین چند نوع سرمایه گذاری، هزینه‌های بهره اهمیت می‌یابند. چنانچه نقش بهره در تحلیل اقتصادی به‌روشنی تعریف شود، این مقایسه‌ها و نیز به‌تصویر کشیدن هزینهٔ کلی ساده خواهند شد.

تأثیرات مالیات بر درآمد

تأثیرگذاری مالیات بر درآمد روی هزینهٔ سرمایه گذاری بسیار حایز اهمیت است. در تعیین مالیات بر درآمد، بهرهٔ وام‌ها و اوراق قرضه را می‌توان به‌عنوان هزینه در نظر گرفت، در حالی که برگشت سهام مشترک و مرجع را نمی‌توان به‌عنوان هزینه در نظر گرفت. اگر نرخ مالیات بر درآمد سالانه افزایش ۳۵ درصدی داشته باشد، صرف هر یک دلار برای بهرهٔ وام‌ها یا اوراق قرضه بعد از پرداخت مالیات تنها هزینه‌ای معادل با ۰/۶۵ دلار خواهد داشت. بنابراین بعد از گنجاندن مالیات بر درآمد در محاسبات، یک ورقهٔ قرضه با نرخ بهرهٔ سالانه ۵ درصد واقعاً فقط یک نرخ بهرهٔ ۳/۲۵=(۵)(۵۶/۱۰۰) درصدی خواهد داشت. از طرف دیگر سود سهام باید از سودهای خالص پس از پرداخت مالیات پرداخت شوند. اگر یک سهم مرجع دارای نرخ سود ۸ درصد باشد، نرخ معادل آن قبل از مالیات بر درآمد ۱۲/۳=(۸)(۵۶/۱۰۰)، و بعد از پرداخت مالیات بر درآمد ۸=(۱۲/۳)(۶۵/۱۰۰) درصد است.

در جدول ۷ـ ۱ مقایسهٔ بهرهٔ نمونه و نرخ‌های سود برای انواع مختلف سرمایه گذاری‌های مالی خارجی صورت گرفته است. انتخاب منابع سرمایه مورد استفاده برای سرمایهٔ یک پروژه معمولاً در بالاترین سطح مشارکت بر مبنای راهکارها و شرایط مشارکت صورت می‌گیرد. متداول است که یک

تجارت نو در ابتدا متکی به‌منابع مالی خارجی است، در حالی که یک تجارت موفق و تثبیت‌شده بیشتر از منابع سرمایهٔ داخلی استفاده می‌کند.

جدول ۷ ـ ۱ نمونهٔ هزینه‌ها برای منابع سرمایه‌گذاری خارجی†

منبع سرمایه	بهرهٔ مشخص‌شده یا نرخ سود، %/yr	نرخ بهره یا سود سهام قبل از مالیات %/yr	نرخ بهره یا سود سهام بعد از مالیات %
اوراق قرضه	۵	۵	۳/۲۵
وام بانکی یا سایر وام‌ها	۸	۸	۵/۲
سهام مرجح	۸	۱۲/۳	۸
سهام معمولی	n/a	۱۳/۸	۹

† نرخ ۳۵ درصدی مالیات بر درآمد برای درآمدهایی که به‌آنها مالیات تعلق می‌گیرد.

شیوه‌های پرداخت وام

برای بازپرداخت اقساط وام روش‌های مختلفی وجود دارد. نوع متداول آن، که تقریباً برای تمام وام‌های تجاری و رهن خانه از آن استفاده می‌شود، دارای بازپرداخت‌های دوره‌ای در مدت زمان ثابت است. هربار پرداخت، بهرهٔ سررسید شدهٔ جاری و مقداری از اصل سرمایهٔ باقیمانده را دربر می‌گیرد. کل پرداخت ثابت است، ولی تراز اصل سرمایه کاهش می‌یابد، بنابراین بهرهٔ هر قسط از بهرهٔ قسط قبلی کمتر و اصل سرمایه هر قسط بیشتر از قسط قبلی است. به‌علت استفادهٔ زیاد از این نوع وام، در اینجا معادلات مربوط به‌محاسبهٔ پرداخت‌های این نوع وام بیشتر توضیح داده می‌شود. در هر دوره باید مقدار ثابتی پرداخت شود بنابراین بهرهٔ لازم پرداخت شده و اصل سرمایه قرض گرفته شده در کل مدت زمان وام برگشت داده شده و از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$L = I_j + p_j \qquad (۱۹ _ ۷)$$

L قسط ثابت هر دوره، I_j قسط بهرهٔ دورهٔ jام، و p_j قسط اصل سرمایهٔ دورهٔ jام است. اندیس j از یک شروع می‌شود چون قسط در پایان دوره پرداخت شده است. [نماد i در معادلات این بخش بیانگر نرخ بهرهٔ مؤثر سالانه برای اقساط سالانه یا نرخ اسمی به‌ازای دورهٔ (r/m) برای سایر دوره‌هاست.] پرداخت بهره به‌صورت زیر است:

$$I_j = iP_{j-1} \qquad (۲۰ _ ۷)$$

i نرخ بهره و P_{j-1} تراز سرمایهٔ اصلی بعد از قسط $j-1$. تراز سرمایهٔ اصلی باقیمانده بعد از

دوره‌های $j-1$ از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{j-1} = P_0 - \sum_{m=1}^{j-1} P_m \qquad (۷-۲۱)$$

که P_m قسط سرمایهٔ اصلی mام و P_0 مقدار اولیهٔ وام است. با استفاده از معادلات (۷-۱۹)، (۷-۲۰) و (۷-۲۱)،

$$p_j = L - I_j = L - i\left(P_0 - \sum_{m=1}^{j-1} P_m\right) \qquad (۷-۲۲)$$

از معادلهٔ (۷-۲۲)،

$$p_1 = L - P_0 \qquad (۷-۲۳)$$

همین‌طور،

$$p_2 = L - i(P_0 - p_1) = L - i\left[P_0 - (L - iP_0)\right] = L(1+i) - iP_0(1+i) \qquad (۷-۲۴)$$

و

$$p_3 = L - i(P_0 - p_i - p_2) = L - i\left\{P_0 - (L - iP_0) - \left[L(1+i) - iP_0(1+i)\right]\right\}$$
$$= L\left[(1+i) + i(1+i)\right] - iP_0\left[1 + i + i(1+i)\right] \qquad (۷-۲۵)$$

در نتیجه،

$$p_3 = L(1+i)^2 - iP_0(1+i)^2 \qquad (۷-۲۶)$$

به‌طور کلی،

$$p_j = L(1+i)^{j-1} - iP_0(1+i)^{j-1} \qquad (۷-۲۷)$$

مجموع تمام قسط‌های اصل سرمایه باید برابر با اصل وام باشد (به‌عبارت دیگر، اصل وام بر می‌گردد). در نتیجه،

$$\sum_{j=1}^{N} p_j = P_0 = \sum_{1}^{N} L(1+i)^{j-1} - \sum_{1}^{N} iP_0(1+i)^{j-1}$$

$$= L\sum_{1}^{N}(1+i)^{j-1} - iP_0\sum_{1}^{N}(1+i)^{j-1} \qquad (۷-۲۸)$$

با حل معادلهٔ (۷-۲۸) برحسب L،

$$L = \frac{P_0\left[1 + i\sum_{1}^{N}(1+i)^{j-1}\right]}{\sum_{1}^{N}(1+i)^{j-1}} \qquad (۷-۲۹)$$

بعد از اولین محاسبه جملهٔ مجموع در معادلهٔ (۷ ـ ۲۹) می‌توان از این معادله برای محاسبهٔ مقدار قسط ثابت برای هر مقدار وام، نرخ بهره، و کل زمان پرداخت استفاده کرد. به‌این منظور معادلات (۷ ـ ۲۰) و (۷ ـ ۲۲) برای محاسبهٔ بهره و قسمت‌های اصلی هر پرداختی به کار می‌روند. از معادلهٔ (۷ ـ ۲۱) برای به‌دست آوردن باقیماندهٔ اصل سرمایه بعد از هر پرداخت استفاده می‌شود. این محاسبات تا انتهای دورهٔ زمانی برای هر پرداخت تکرار شده‌اند. مثال ۷ ـ ۳ این محاسبات را نشان می‌دهد.

مثال ۷ ـ ۳ محاسبهٔ پرداخت‌های وام با بهرهٔ مرکب شدهٔ سالانه

صفحهٔ گستردهٔ محاسبات زیر را تهیه کنید: وامی به‌مبلغ ۱۰۰۰۰۰ دلار با نرخ بهرهٔ ۱۰ درصد در سال برای بازپرداخت ۱۰ ساله واگذار می‌شود. قسط ثابت هر دورهٔ بهره و اصل سرمایهٔ پرداختی هر دوره، و باقیماندهٔ اصل سرمایهٔ پرداخت نشده در پایان هر دوره را با استفاده از پرداخت‌های ثابت در پایان هر ماه تعیین کنید (سال را ۱۲ ماه یکسان فرض کنید)†. محاسبات را برای پرداخت وام در پایان سال تکرار کنید.

■ حل:

در هر دو حالت رویه به‌صورت زیر است:

بعد از اولین محاسبه جملهٔ مجموع $(1+i)^{j-1}$، قسط ثابت L را از معادلهٔ (۷ ـ ۲۹) محاسبه کنید. سپس با استفاده از معادلهٔ (۷ ـ ۲۰) پرداخت بهره برای اولین دورهٔ زمانی را حساب کنید. از معادلهٔ (۷ ـ ۲۲) با کسر پرداخت بهره از کل پرداخت ثابت، مقدار پرداخت اصل سرمایه را برای اولین دورهٔ زمانی تعیین کنید. از معادلهٔ (۷ ـ ۲۱) با کسر پرداخت اصل سرمایه از مقدار سرمایهٔ اصلی باقیماندهٔ تراز پرداخت نشده را به‌دست آورید. این رویه را دوره به‌دوره تا رسیدن به کل وام تکرار کنید. محاسبات را برای پرداخت وام در پایان سال تکرار کنید. نتایج در جدول زیر ارایه شده است.

بررسی نتایج:

در صورتی‌که محاسبات به‌درستی انجام گیرد، سرمایهٔ نهایی باقیمانده برابر با صفر خواهد بود.

---

† توجه: با یک بهرهٔ ۵۰ درصدی سالانه که در هر ماه مرکب می‌شود، با این فرض خطایی کمتر از 8×10^{-4} درصد در یک سال و 8×10^{-3} درصد در ۱۰ سال ایجاد می‌شود. با افزایش نرخ بهره و طول دورهٔ زمانی خطا افزایش می‌یابد، اما برای بروز خطای مهم نیاز به‌مقادیر بسیار بزرگ و غیرمعمول بهره یا زمان است.

پرداخت‌های ماهانهٔ وام

P_0= $100000.00 ; r= 0.1 fraction/yr بهرهٔ اسمی، ۱۲ پرداخت در سال به‌مدت ۱۰ سال

ماه j ام	$(1+0.1/12)^{j-1}$ مجموع ستون = 20484498	پرداخت ثابت L معادلهٔ (۷ ـ ۲۹)، ماه / $	پرداخت بهره معادلهٔ (۷ ـ ۲۰)، ماه / $	پرداخت اصل سرمایه معادلهٔ (۷ ـ ۲۲)، ماه / $	باقیماندهٔ اصل سرمایه، $ معادلهٔ (۷ ـ ۲۱)
0					100000.00
1	1.000000	1321.51	833.33	488.17	99511.83
2	1.0083333	1321.51	829.27	492.24	99019.58
3	1.0167361	1321.51	825.16	496.34	98523.24
4	1.0252089	1321.51	821.03	500.48	98022.76
5	1.0337523	1321.51	816.86	504.65	97518.11
6	1.0423669	1321.51	812.65	508.86	97009.25
7	1.0510533	1321.51	808.41	513.10	96496.15
8	1.0598121	1321.51	804.13	517.37	95978.78
9	1.0686439	1321.51	799.82	521.68	95457.10
10	1.0775492	1321.51	795.48	526.03	94931.07
11	1.0865288	1321.51	791.09	530.42	94400.65
12	1.0955832	1321.51	786.67	534.84	93865.82
از اینجا، بیشتر نتایج حذف شده‌اند و فقط مقادیر برای هر ۱۲ ماه یک‌بار نشان داده شده‌اند:					
24	1.2103051	1321.51	730.67	590.84	87089.30
36	1.3370398	1321.51	668.80	652.71	79603.20
48	1.4770454	1321.51	600.45	721.06	71333.20
60	1.6317113	1321.51	524.95	796.56	62197.23
72	1.8025728	1321.51	441.54	879.97	52104.60
84	1.9913258	1321.51	349.39	972.11	40955.15
96	2.1998436	1321.51	247.60	1073.91	28.638.19
108	2.4301960	1321.51	135.15	1186.36	15031.50
120	2.6846692	1321.51	10.92	1310.59	0.00

کل پرداخت‌ها= $ 100000.00 **کل بهرهٔ پرداختی**= $ 58580.88 **کل سرمایهٔ پرداختی**= $ 158580.88

تنها تفاوت با پرداخت ماهانه بدین‌صورت است که i_{eff} برابر ۰/۱ و N برابر ۱۰ می‌باشد.

بهرهٔ i = 0.1 fraction/yr ؛ P_0= $100000.00 ، یک پرداخت در سال به‌مدت ۱۰ سال

سال j	$(1+0.1)^{j-1}$ جمع ستون = 15.937425	پرداخت ثابت معادلهٔ (۷ ـ ۲۹)، $/yr	پرداخت بهره معادلهٔ (۷ ـ ۲۰)، $/yr	پرداخت اصل سرمایه معادلهٔ (۷ ـ ۲۲)، $/yr	باقیماندهٔ اصل سرمایه معادلهٔ (۷ ـ ۲۱)، $
0					100000.00
1	1.000000	16274.54	10000.00	6274.54	93725.46
2	1.100000	16274.54	9372.55	6901.99	86823.47
3	1.210000	16274.54	8682.35	7592.19	79231.27
4	1.331000	16274.54	7923.13	8351.41	70879.86
5	1.464100	16274.54	7087.99	9186.55	61693.31
6	1.610510	16274.54	6169.33	10105.21	51588.10
7	1.771561	16274.54	5158.81	11115.73	40472.37
8	1.948717	16274.54	4047.24	12227.30	28245.07
9	2.143589	16274.54	2824.51	13450.03	14795.04
10	2.357948	16274.54	1479.50	14795.04	0.00
		جمع پرداخت‌ها = $100000.00	جمع بهرهٔ پرداختی = $62745.39	جمع سرمایهٔ پرداختی = $162745.39	

در این مثال، پرداخت ماهانه نسبت به‌پرداخت سالانه ۷/۱ درصد بهرهٔ کمتری دارد. به‌طور کلی، اگر تعداد پرداخت‌های وام بیشتر باشد، بهرهٔ کل کمتری پرداخت می‌شود.

■

ارزش زمانی پول

با سرمایه گذاری پول می‌توان پول بیشتری به‌دست آورد. برای مثال می‌توان در حساب پس‌انداز، اوراق قرضه، سهام و یا پروژه سرمایه گذاری کرد. بنابراین ارزش مقدار اولیهٔ پولی که سرمایه گذاری شده با گذشت زمان افزایش می‌یابد. این اثر معروف به ارزش زمانی پول[1] است. براساس این ویژگی مقدار ارزش فعلی پول در آینده بیشتر می‌شود. برای مثال، سرمایه گذاری ۱۰۰۰ دلار که سالانه با بهرهٔ ۱۰ درصدی مرکب می‌شود پس از یک سال ۱۱۰۰ دلار و ده سال بعد ۲۵۹۴ دلار می‌شود. مقدار پول در آینده

1- Time value of money

به ارزش آینده[1] آن معروف است. این قابلیت درآمد پول را می‌توان در بررسی‌ها و تحلیل‌های سودآوری مدنظر قرار داد. روش‌های محاسبهٔ ارزش پول در زمان‌های مختلف شبیه محاسبات بهره است. ارزش فعلی پول از ارزش آن در زمان‌های آینده کمتر است. برای مثال، ۱۱۰۰ دلار که در پایان یک سال با بهرهٔ ده درصدی مرکب شده است، در زمان فعلی فقط ۱۰۰۰ دلار ارزش دارد.

این مقایسه، مجدداً مفهوم ارزش زمانی پول را با بیان نمونه نشان می‌دهد. مقادیر ۱۰۰۰ دلار فعلی، ۱۱۰۰ دلار بعد از یک سال، ۲۵۹۴ دلار بعد از ده سال همگی معادل نرخ بهرهٔ ۱۰ درصدی هستند و فقط با همان نرخ به‌صورت سالانه مرکب شده‌اند. مقدار این پول‌ها در صورتی که در یک زمان و با نرخ بهره مشخص محاسبه شوند برابر است. معمولاً ارزش زمانی پول هنگامی که سرمایه گذاری‌ها با مقادیر لازم یا مقادیر مختلف سرمایه در زمان‌های متفاوت مقایسه می‌شوند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در حقیقت، تنظیم زمان هزینه‌ها و درآمد تأثیر قابل توجهی بر ارزش فعلی این سرمایه‌ها دارند.

مناسب‌ترین راه برای انجام مقایسه‌های اقتصادی، برابر کردن تمام جریان‌های نقدی[2] است. بنابراین قابلیت تعیین ارزش سرمایه گذاری‌ها در هر زمان دلخواه ضروری است.

ارزش زمانی پول فقط بستگی به‌ظرفیت پول برای حصول پول دارد و به‌تورم ارتباطی ندارد. تورم یا کاهش تورم به‌قیمت کالا و خدمات بر می‌گردد و به‌مقدار موجودی پول بستگی ندارد. برای نمونه، اگر نرخ تورم ۴ درصد در سال باشد و قیمت فعلی کالایی ۱۰۰ دلار باشد، یک سال بعد بدون توجه به‌ارزش زمانی پول قیمت آن ۱۰۴ دلار خواهد بود†.

محاسبهٔ ارزش آیندهٔ پول که به‌آن مرکب شدن[3] می‌گویند، قبلاً در این فصل مورد بحث قرار گرفت. عکس مرکب شدن که در واقع به‌دست آوردن ارزش فعلی است، کاهش سود[4] نامیده می‌شود. عبارتی که مرکب شدن گسستهٔ مقدار فعلی را برای حصول ارزش آیندهٔ آن ارایه می‌کند در معادلهٔ (۷ ـ ۳) یا (۷ ـ ۵) آمده است. با مرتب کردن دوبارهٔ معادلهٔ (۷ ـ ۳) معادلهٔ کاهش سود گسسته یک مقدار سرمایه در آینده برای حصول ارزش فعلی آن به‌دست می‌آید:

$$P = F(1+i)^{-N} \qquad (۷ ـ ۳۰)$$

این معادله را همچنین به‌صورت تابعی استاندارد ANSI و ضریب کاهش می‌توان نشان داد:

$$P = F(P/F, i, N) \qquad (۷ ـ ۳۰ \text{الف})$$

1- Future worth
2- Cash flow
† تأثیر تورم بر تحلیل اقتصادی در فصل ۸ توضیح داده شده است.
3- Compounding
4- Discounting

بنابراین ضریب کاهش سود گسسته یک‌بار پرداخت[1]، به‌صورت زیر است:

$$(P/F, i, N) = (1+i)^{-N} \qquad (۳۱ - ۷)$$

عملیات مرکب شدن و کاهش سود برعکس یکدیگر است. ضریب ارزش فعلی معادلهٔ (۷ ـ ۳۱) برعکس ضریب ارزش آیندهٔ معادلهٔ (۷ ـ ۴) است. شکل ۷ ـ ۲ نشان می‌دهد که مرکب شدن و کاهش سود عکس یکدیگر هستند.

ارزش آیندهٔ مقدار فعلی پول، با مرکب شدن به‌طور پیوسته توسط معادلهٔ (۷ ـ ۱۲) یا (۷ ـ ۱۴) ارایه شده است. معادلهٔ کاهش ارزش پول به‌مقدار فعلی آن با مرتب کردن دوبارهٔ معادله (۷ ـ ۱۲) به‌دست می‌آید، بنابراین:

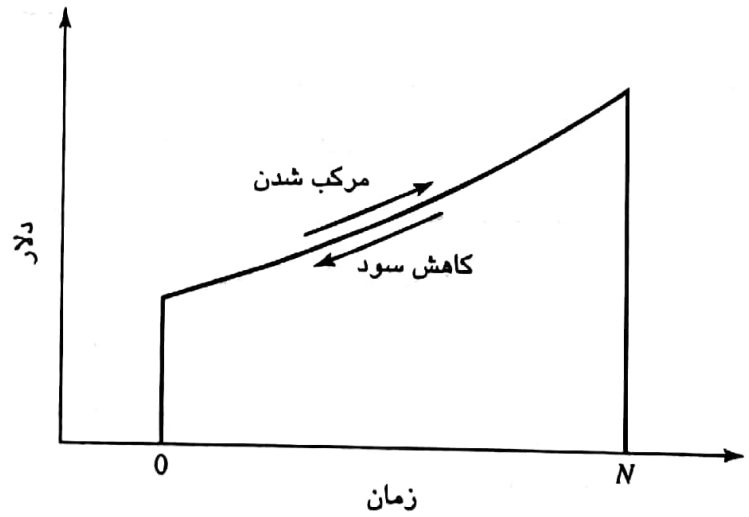
$$P = Fe^{-rN} \qquad (۳۲ - ۷)$$

یا با مساوی قرار دادن معادلات (۷ ـ ۱۲) و (۷ ـ ۱۴) و حل آن،

$$(P/F, r, N) = e^{-rN} \qquad (۳۳ - ۷)$$

در شکل ANSI ، فرق بین مرکب شدن یا کاهش سود گسسته و پیوسته در جایگزینی i در مرکب شدن گسسته با r در مرکب شدن پیوسته است.

مقایسهٔ این معادلات بر این نکته تأکید دارد که کاهش سود و مرکب شدن عکس یکدیگر هستند و ضرایب کاهش $(P/F, i, N)$ و $(P/F, r, N)$ به‌ترتیب عکس ضرایب مرکب شدن $(P/F, i, N)$ و



شکل ۷ ـ ۲
نمودار مرکب شدن و کاهش سود.

1- Discrete single-payment discount foctor

(P/F ,r ,N) هستند. کاهش سود به‌هیچ وجه مشکل‌تر از مرکب شدن نیست. کاهش سود فقط محاسبهٔ مقدار فعلی از مقدار آینده براساس ظرفیت و قابلیت پول برای دستیابی به‌پول است.

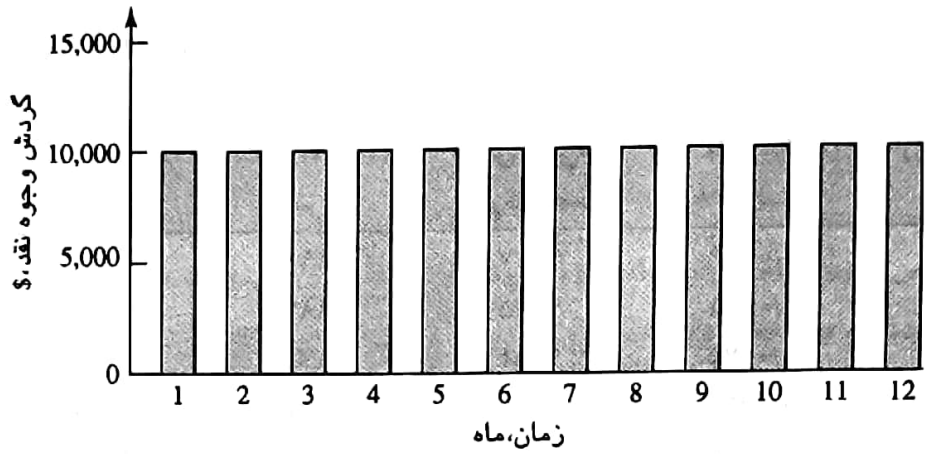
الگوهای گردش وجوه نقد

گردش وجوه نقد در فصل ۶ مورد بررسی قرار گرفت و مقدار سرمایه‌ای است که به‌خاطر درآمدهای پروژه به‌صورت سرمایه وارد خزانهٔ شرکت می‌شود. گردش وجوه نقد سالانه معادل با سود خالص (پس از پرداخت مالیات) به‌اضافهٔ هزینه‌های استهلاک در مدت یک سال است. از آنجا که گردش وجوه نقد یک پروژه در مدت زمان انجام پروژه انجام می‌پذیرد، لازم است این وجوه نقد به‌مقادیر معادل آنها تبدیل شود. این کار با کاهش گردش وجوه نقد آینده یا با مرکب شدن گردش وجوه نقد قبلی در یک نقطهٔ زمانی مشخص انجام می‌شود. در حالی که کل گردش وجوه نقد به‌یک زمان تبدیل می‌شوند، زمان انتخاب شده اهمیتی ندارد، چرا که مقادیر ارزش فعلی مختلف در یک زمان یکسان است و در زمان‌های دیگر نسبت مشابهی دارند. غالباً زمان حاضر به‌عنوان مبنای زمانی انتخاب نمی‌شود، و معمولاً آینده به‌عنوان مبنای زمان در نظر گرفته می‌شود. متداول است که در زمان فاز طراحی پروژه، زمان شروع پروژه به‌عنوان زمانی که تمام مقادیر فعلی در آن محاسبه شده‌اند انتخاب شود.

گردش وجوه نقد گسسته

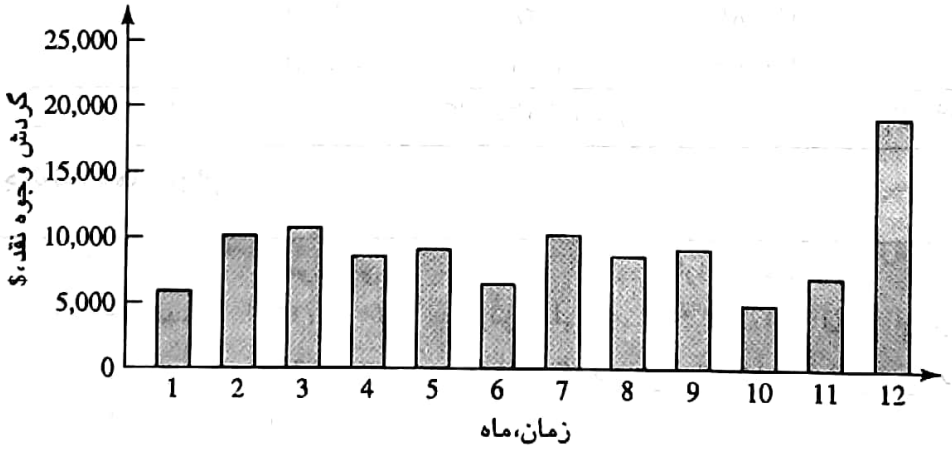
طبیعی است که درک الگوهای گردش وجوه نقد با نمایش گرافیکی بهتر صورت می‌گیرد. شکل ۷ ـ ۳ گردش وجوه نقد گسسته برابر را هنگامی که یک‌بار در ماه و در پایان ماه به‌مدت یک سال اتفاق می‌افتد نشان می‌دهد؛ هریک از گردش‌های وجوه نقد به‌شکل یک میله نمایش داده شده است.

شکل ۷ ـ ۴ گردش‌های وجوه نقد نابرابر را در پایان هر ماه و به‌مدت یک سال نشان می‌دهد. گردش وجوه نقد نشان داده شده در شکل‌های ۷ ـ ۳ و ۷ ـ ۴ با یک نرخ ۱۰ درصدی کاهش سود سالانه با یکدیگر برابر هستند. در واقع، در صورتی که با نرخ کاهش یکسان محاسبه شوند در یک زمان معین ارزش یکسانی دارند، و فرقی نمی‌کند که در مدت زمان ۱۲ ماه، در زمان صفر یا هر زمان دیگری محاسبه شده باشد. این نشان می‌دهد که اگر دو گردش وجه نقد متفاوت با یک نرخ بهرهٔ معادل باشند، با هیچ نرخ بهرهٔ دیگری برابر نمی‌شوند.



شکل ۷ ـ ۳

گردش‌های وجوه نقد ثابت در پایان هر ماه و به‌مدت یک سال.



شکل ۷ ـ ۴

سری گردش‌های وجوه نقد نابرابر.

مثال ۷ ـ ۴ | ارزش کنونی دو الگوی گردش وجه نقد متفاوت

الگوهای گردش وجوه نقد در شکل‌های ۷ ـ ۳ و ۷ ـ ۴ به‌صورت عددی در ستون دوم دو صفحه گستردهٔ زیر نشان داده شده‌اند. با نرخ بهرهٔ ۱۰ درصدی در سال که به‌طور ماهانه مرکب می‌شود، کل مقدار وجوه نقد، ارزش فعلی در زمان صفر، و ارزش آینده را در ۱۲ ماه برای هر دو سری گردش وجوه نقد حساب کنید.

■ حل:

گردش وجوه نقد ماهانه برابر

پایان ماه j	گردش وجه نقد، $	ارزش فعلی $(1+0.1/12)^{-j}$ = ضریب	ارزش فعلی، $ در زمان صفر	ارزش آینده $(1+0.1/12)^{(12-j)}$ = ضریب	ارزش آینده، $ در ۱۲ ماه
۱	۱۰۰۰۰	۰/۹۹۱۷	۹۹۱۷	۱/۰۹۵۶	۱۰۹۵۶
۲	۱۰۰۰۰	۰/۹۸۳۵	۹۸۳۵	۱/۰۸۶۵	۱۰۸۶۵
۳	۱۰۰۰۰	۰/۹۷۵۴	۹۷۵۴	۱/۰۷۷۵	۱۰۷۷۵
۴	۱۰۰۰۰	۰/۹۶۷۳	۹۶۷۳	۱/۰۶۸۶	۱۰۶۸۶
۵	۱۰۰۰۰	۰/۹۵۹۴	۹۵۹۴	۱/۰۵۹۸	۱۰۵۹۸
۶	۱۰۰۰۰	۰/۹۵۱۴	۹۵۱۴	۱/۰۵۱۱	۱۰۵۱۱
۷	۱۰۰۰۰	۰/۹۴۳۶	۹۴۳۶	۱/۰۴۲۴	۱۰۴۲۴
۸	۱۰۰۰۰	۰/۹۳۵۸	۹۳۵۸	۱/۰۳۳۸	۱۰۳۳۸
۹	۱۰۰۰۰	۰/۹۲۸۰	۹۲۸۰	۱/۰۲۵۲	۱۰۲۵۲
۱۰	۱۰۰۰۰	۰/۹۲۰۴	۹۲۰۴	۱/۰۱۶۷	۱۰۱۶۷
۱۱	۱۰۰۰۰	۰/۹۱۲۸	۹۱۲۸	۱/۰۰۸۳	۱۰۰۸۳
۱۲	۱۰۰۰۰	۰/۹۰۵۲	۹۰۵۲	۱/۰۰۰۰	۱۰۰۰۰
	کل ۱۲۰۰۰۰ دلار		کل ۱۱۳۷۴۵ دلار		کل ۱۲۵۶۵۶ دلار

گردش وجوه نقد ماهانه نابرابر

پایان ماه j	گردش وجه نقد، $	ارزش فعلی $(1+0.1/12)^{-j}$ = ضریب	ارزش فعلی، $ در زمان صفر	ارزش آینده $(1+0.1/12)^{(12-j)}$ = ضریب	ارزش آینده، $ در ۱۲ ماه
۱	۷۰۰۰	۰/۹۹۱۷	۶۹۴۲	۱/۰۹۵۶	۷۶۶۹
۲	۱۱۰۰۰	۰/۹۸۳۵	۱۰۸۱۹	۱/۰۸۶۵	۱۱۹۵۲
۳	۱۱۵۰۰	۰/۹۷۵۴	۱۱۲۱۷	۱/۰۷۷۵	۱۲۳۹۲
۴	۹۵۰۰	۰/۹۶۷۳	۹۱۹۰	۱/۰۶۸۶	۱۰۱۵۲
۵	۱۰۰۰۰	۰/۹۵۹۴	۹۵۹۴	۱/۰۵۹۸	۱۰۵۹۸
۶	۷۵۰۰	۰/۹۵۱۴	۷۱۳۶	۱/۰۵۱۱	۷۸۸۳
۷	۱۱۰۰۰	۰/۹۴۳۶	۱۰۳۷۹	۱/۰۴۲۴	۱۱۴۶۶
۸	۹۵۰۰	۰/۹۳۵۸	۸۸۹۰	۱/۰۳۳۸	۹۸۲۱
۹	۱۰۰۰۰	۰/۹۲۸۰	۹۲۸۰	۱/۰۲۵۲	۱۰۲۵۲
۱۰	۶۰۰۰	۰/۹۲۰۴	۵۵۲۲	۱/۰۱۶۷	۶۱۰۰
۱۱	۸۰۰۰	۰/۹۱۲۸	۷۳۰۲	۱/۰۰۸۳	۸۰۶۷
۱۲	۱۹۳۰۴	۰/۹۰۵۲	۱۷۴۷۴	۱/۰۰۰۰	۱۹۳۰۴
	کل ۱۲۰۳۰۴ دلار		کل ۱۱۳۷۴۵ دلار		کل ۱۲۵۶۵۶ دلار

نتایج نشان می‌دهند که برای هر دو گردش وجه نقد ارزش فعلی و آینده یکسان است، بنابراین دو گردش وجه نقد با یک نرخ بهرهٔ مشخص با یکدیگر برابر هستند. این مطلب حتی در مواقعی که الگوها بسیار مختلف و کل مقادیر واقعی گردش نقدی متفاوت هستند نیز صادق است.

■

در ارزیابی پروژه معمولاً از مرکب شدن و کاهش سود سالانه استفاده می‌شود. همچنین مرسوم است که کل گردش وجوه نقد سالانه به‌صورت مقادیر گسسته که در پایان هر سال دریافت می‌شود، ارایه می‌گردد. برای دوره‌های زمانی غیر از یک سال، برای مثال یک ماه، پایان دوره معمولاً به‌عنوان زمان گردش وجوه نقد گسسته استفاده می‌شود. در محاسبات مربوط به‌ارزش فعلی، اینها تقریب‌هایی برای گردش وجوه نقدی محسوب می‌شوند که در طول یک سال به‌طور مکرر اتفاق می‌افتند.

گردش وجوه نقد پیوسته

در گردش وجوه نقد پیوسته، دریافت‌ها و پرداخت‌ها در یک مدت زمان مشخص به‌طور پیوسته انجام می‌شوند. این یک تقریب ایده‌آل از گردش وجوه نقدی است که به‌طور مکرر اتفاق می‌افتد و با گردش وجهی که در یک سال اتفاق می‌افتد قابل مقایسه است. در یک کسب خوب، به‌محض فراهم شدن منابع مالی، خط‌مشی سرمایه گذاری آن مشخص می‌گردد. بنابراین در گردش وجوه نقد پیوسته، با فراهم شدن پول سرمایه گذاری آن به‌طور پیوسته انجام می‌شود. اگر بهره به‌طور پیوسته مرکب شود، در هر لحظه نرخ دریافت دارای دو بخش است: (۱) یک نرخ ثابت و پیوستهٔ گردش وجه نقد $\overline{P}$ برحسب دلار در یک دورهٔ زمانی (معمولاً یک سال) و (۲) نرخ مرکب دریافت‌ها بر مقدار تجمع‌یافته M که با نرخ r سرمایه گذاری شده است. این مطلب را به‌صورت زیر می‌توان نشان داد:

$$\frac{dM}{d\theta} = \overline{P} + rM \qquad (۳۴_۷)$$

با مرتب‌سازی دوباره و انتگرال‌گیری از معادلهٔ قبل:

$$\int_0^F \frac{dM}{\overline{P} + rM} = \int_{j-1}^{j} d\theta \qquad (۳۵_۷)$$

که F ارزش آیندهٔ گردش وجه نقد به‌اضافهٔ دریافت‌ها در پایان یک سال است. جواب معادلهٔ

(۷ـ ۳۵) به‌صورت زیر است:

$$\frac{1}{r}\ln\frac{\bar{P}+rF}{\bar{P}}=j-(j-1)=1 \qquad (۳۶_۷)$$

در شکل نمایی معادلهٔ (۷ـ ۳۶) به‌صورت زیر ساده می‌شود:

$$\frac{\bar{P}+rF}{\bar{P}}=e^{r} \qquad (۳۷_۷)$$

و با حل آن برحسب F ، عبارت زیر به‌دست می‌آید:

$$F=\bar{P}\left(\frac{e^{r}-1}{r}\right) \qquad (۳۸_۷)$$

جملهٔ $(e^{r}-1)/r$ ضرب در گردش وجه نقد $\bar{P}$ معادل است با مقدار سرمایه‌ای که در پایان سال از یک سال سرمایه گذاری ثابت و پیوسته با نرخ r تجمع یافته است. این معادله را می‌توان به‌صورت یک ضریب مرکب و به‌شکل تابعی ANSI نشان داد:

$$\frac{e^{r}-1}{r}=(F/\bar{P},r,j) \qquad (۳۹_۷\text{الف})$$

پایان سال N ضریب ارزش آینده برای این گردش وجه نقد به‌صورت زیر است:

$$(F/\bar{P},r,N)=\left(\frac{e^{r}-1}{r}\right)e^{(N-j)} \qquad (۳۹_۷\text{ب})$$

ارزش فعلی یک سال گردش وجه نقد ثابت و پیوسته با شروع در پایان سال $j-1$ و توقف در پایان سال j و با کاهش سود پیوسته، با ضرب معادلهٔ (۷ـ ۳۸) در ضریب کاهش e^{-rj} معادلهٔ (۷ـ ۳۲) تعیین می‌شود:

$$P=\bar{P}\left(\frac{e^{r}-1}{r}\right)e^{-rj} \qquad (۴۰_۷)$$

در این حالت ضریب ارزش فعلی از معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$(P/\bar{P},r,j)=\left(\frac{e^{r}-1}{r}\right)e^{-rj} \qquad (۴۱_۷)$$

جملهٔ $(e^{r}-1)/r$ در معادلهٔ (۷ـ ۴۱) برای دریافت‌هایی از وجه نقد است که به‌محض دریافت در مدت زمان یک‌سال سرمایه گذاری شده‌اند. این جمله بهرهٔ پیوسته، ضریب کاهش گردش وجوه نقد پیوسته از بهرهٔ پیوسته، گسسته، و ضریب پایان سال گردش وجوه نقد معادلهٔ (۷ـ ۳۳) را نشان می‌دهد. جملهٔ e^{-rj}

در معادلهٔ (۷ ـ ۴۱) ارزش سرمایه‌های تجمع‌یافته در پایان سال را به‌زمان صفر کاهش می‌دهد، درست مانند کاری که در معادلهٔ (۷ ـ ۳۳) انجام می‌دهد. در هر دو جزء ضریب کاهش در معادلهٔ (۷ ـ ۴۱)، می‌توان از نرخ‌های بهره متفاوتی استفاده نمود. البته معمولاً در هر دو جمله از نرخ بهرهٔ مشابهی استفاده می‌شود.

ضریب ارزش آینده برای گردش وجه نقد که در مدت زمان N سال اتفاق می‌افتد و از زمان صفر شروع می‌شود به‌صورت زیر است:

$$(F/\bar{A}, r, N) = \frac{e^{rN}-1}{r} \qquad (۴۲ ـ ۷)$$

که $\bar{A}$ یک گردش وجه پیوسته و مساوی است که در هر سال و به‌مدت N سال انجام می‌شود. ضریب ارزش فعلی برای این گردش وجه نقد در زیر آمده:

$$(P/\bar{A}, r, N) = \left(\frac{e^{rN}-1}{r}\right)e^{-rN} \qquad (۴۳ ـ ۷)$$

مثال ۷ ـ ۵ محاسبات گردش وجوه نقد پیوسته

ارزش آینده را در پایان دورهٔ گردش وجه نقد و ارزش فعلی را در شروع گردش وجه نقد برای یک گردش وجه نقد ثابت و پیوسته ۴۵۰۰۰۰ دلاری به‌مدت ۶ سال به‌دست آورید. از نرخ مرکب پیوسته ۸ درصد در سال استفاده کنید. برای تعیین ارزش فعلی و آینده از روش ساده استفاده کنید. با به کارگیری معادلات (۷ ـ ۳۹ ب) و (۷ ـ ۴۱) جریان وجه نقد را در یک سال به‌صورت جدول درآورید.

■ **حل:**

با معادلهٔ (۷ ـ ۴۲) ارزش آینده را در ۶ سال به‌دست آورید:

$$F = \bar{A}(F/\bar{P}, r, N) = \bar{A}\left(\frac{e^{rN}-1}{r}\right)$$

$$= \$450000\ \frac{e^{(0.08)(6)}-1}{0.08} = \$3.465 \times 10^6$$

توجه داشته باشید که کل جریان وجه نقد ۴۵۰۰۰۰ دلار در ۶ سال، سالانه ۲/۷ میلیون دلار است. ۰/۷۶۵ میلیون دلار اضافی که در محاسبهٔ ارزش آینده مشاهده می‌شود، بهره‌ای است که خود به‌خود از گردش وجه نقد و مرکب شدن بهرهٔ حاصل به‌دست آمده است ارزش فعلی گردش وجه نقد در زمان صفر از معادلهٔ

(۷ ـ ۴۳) به‌دست می‌آید:

$$P = \bar{A}\left(\frac{e^{rN}-1}{r}\right)e^{-rN}$$

توجه کنید که ضرب ارزش آینده به‌دست آمده از معادلهٔ (۷ ـ ۴۲) در ضریب کاهش e^{-rN} نتیجهٔ یکسانی را به‌دست می‌دهد، بنابراین

$$P = Fe^{-rN}$$

$$= (\$3.465 \times 10^6)(e^{-(0.08)(6)}) = \$2.144 \times 10^6$$

جدول گردش وجه نقد یک هال با گردش وجه نقد پیوسته ۴۵۰۰۰۰ دلار در سال در زیر ارایه شده است:

سال	$\bar{P}$ $1000/yr	$F/\bar{P}, yr$ معادلهٔ (۷ـ۳۹ ب)	ارزش آیندهٔ F در ۶ سال، $1000	$P/F, yr$ در ۶ سال، معادلهٔ (۷ ـ ۳۳)	ارزش فعلی P در زمان صفر، $1000
۱	۴۵۰	۱/۵۵۳۱	۶۹۹	۰/۶۱۸۸	۴۳۲
۲	۴۵۰	۱/۴۳۳۷	۶۴۵	۰/۶۱۸۸	۳۹۹
۳	۴۵۰	۱/۳۲۳۵	۵۹۶	۰/۶۱۸۸	۳۶۹
۴	۴۵۰	۱/۲۲۱۷	۵۵۰	۰/۶۱۸۸	۳۴۰
۵	۴۵۰	۱/۱۲۷۸	۵۰۸	۰/۶۱۸۸	۳۱۴
۶	۴۵۰	۱/۰۴۱۱	۴۶۸	۰/۶۱۸۸	۲۹۰
جمع	۲۷۰۰ دلار		۳۴۶۵ دلار		۲۱۴۴ دلار

همان‌طور که مشاهده می‌شود این مقادیر با مقادیری که از معادلات (۷ ـ ۴۲) و (۷ ـ ۴۳) به‌طور مستقیم به‌دست آمده مطابقت دارند. در این مثال استفاده از معادلات بسیار ساده‌تر است. البته در مواقعی که گردش وجه نقد هر ساله متغیر است روش سال به‌سال مفیدتر خواهد بود. همچنین ارزش فعلی را می‌توان با استفاده از معادلهٔ (۷ ـ ۴۰) در یک سال به‌دست آورد.

■

ضرایب مرکب شدن و کاهش سود

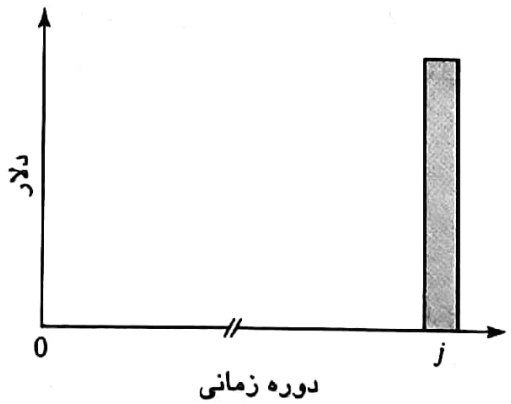
پیش از این چند ضریب مرکب شدن و کاهش سود معرفی گردید. گردش وجوه نقد و بهره می‌تواند به‌صورت پیوسته یا گسسته باشد. بر این اساس همان‌طور که در جدول ۷ ـ ۲ نشان داده شده امکان ترکیب چهار نوع گردش وجه نقد و بهره وجود دارد.

جدول ۷ ـ ۲ ترکیب‌های گردش وجه نقد و انواع بهره

الگوی گردش وجه نقد	مرکب شدن بهره	
	سالانه	پیوسته
سالانه، پایان سال	مورد ۱	مورد ۲
پیوسته	مورد ۳	مورد ۴

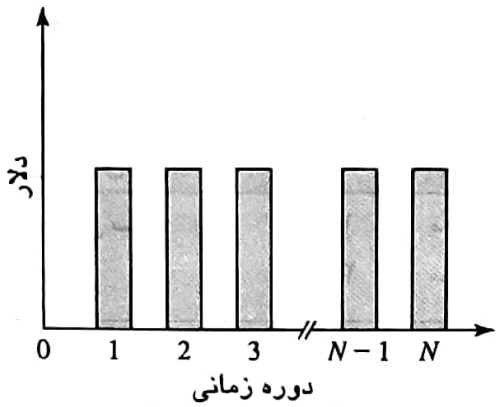
دورهٔ زمانی مرکب شدن گسسته می‌تواند هر فاصلهٔ زمانی باشد و گردش وجه نقد گسسته می‌تواند هر یک از این فواصل زمانی در سرتاسر دوره اتفاق افتد. متداول‌ترین گزینهٔ انتخابی یک دورهٔ زمانی مرکب شدن یک ساله و تبدیل گردش وجوه نقد در پایان سال است. در قسمت باقیماندهٔ این فصل از این دو انتخاب برای فواصل زمانی و گردش وجوه نقد استفاده می‌شود، مگر آنکه حالتی غیراز این دو انتخاب وجود داشته باشد.

برای الگوهای سادهٔ گردش وجوه نقد مثل مقدار منفردی که در شکل ۷ ـ ۵ نشان داده شده یا گردش‌های برابر برای یک دورهٔ زمانی مانند شکل ۷ ـ ۶، امکان به‌دست آوردن ضرایب مرکب شدن و کاهش سود وجود دارد. برخی از این ضرایب قبلاً در این فصل به‌دست آمده است. بقیهٔ این ضرایب را می‌توان به‌طور کامل و از منابع فراوانی به‌دست آورد†.



شکل ۷ ـ ۵
گردش وجه نقد منفرد.

† ANSI Z94.7-2000; J. A. White, M. H. Agee, and K. E. Case, *Principles of Engineering Economic Analysis*, 2d ed., J. Wiley, New York, 1977; and M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1991.



شکل ۷ ـ ۶

سری گردش وجه نقد هم‌شکل و یکسان.

جدول ۷ ـ ۳ ضرایب مرکب شدن و کاهش سود متداول را برای گردش وجه نقد گسسته و بهرهٔ گسسته مورد ۱ نشان می‌دهد. همین ضرایب را برای مورد ۳ می‌توان به کار برد زیرا در مواقعی که بهرهٔ یک سال براساس مقدار سرمایهٔ اولیه در شروع سال محاسبه می‌شود، نتیجهٔ نهایی بستگی به‌الگوی گردش جریان نقدینه در آن سال ندارد.

مثال ۷ ـ ۶ ارزش فعلی گردش وجوه نقد سالانه با مرکب شدن سالانه

یک جریان نقدینه ۱۰۰۰۰ دلاری در سال به‌صورت گسسته در پایان هر سال و به‌مدت ۱۰ سال دریافت می‌شود. بهرهٔ آن به‌صورت ۱۰ درصد در سال و سالانه مرکب می‌شود. ارزش فعلی در زمان صفر و ارزش آینده را در پایان ۱۰ سال این گردش وجه نقد به‌دست آورید.

■ **حل:**

الگوی گردش وجه نقد را به‌صورت یکسری مقادیر گسسته برابر، که در پایان سال‌های 1 تا N دریافت می‌شوند با مرکب شدن بهرهٔ سالانه در نظر بگیرید. در جدول ۷ ـ ۳ ضریبی که برای به‌دست آوردن ارزش فعلی این سری به کار می‌رود $(P/A, i, N)$ است. توجه داشته باشید که واحدهای ضریب برحسب سال است.

$$A = \$10000/yr \quad \text{و} \quad i = 0.1 \quad \text{و} \quad N = 10$$

در نتیجه ارزش فعلی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P = A(P/A, i, N) = \frac{A[(1+i)^N - 1]}{i(1+i)^N} = \frac{10000[(1.1)^{10} - 1]}{0.1(1.1)^{10}}$$

$$= 10000(6144567) = \$61445.65 \quad \text{یا} \quad \$61446$$

جدول ۷ ـ ۳ ضرایب مرکب شدن و کاهش سود برای مرکب شدن بهرهٔ گسسته و گردش وجوه نقد پیوسته یا گسسته

الگوی گردش وجه نقد	مرکب شدن			کاهش سود		
	اسم ضریب؛ توضیح؛ واحدها	نماد	فرمول	اسم ضریب؛ توضیح؛ واحدها	نماد	فرمول
مقدار منفرد در پایان سال j. به‌شکل ۷ ـ ۵ مراجعه کنید	ارزش آینده؛ با ضرب آن یک مقدار منفرد زمان j به‌یک مقدار منفرد در N تبدیل می‌شود؛ بدون بُعد	(F/P, i, N–j)	$(1+i)^{N-j}$	ارزش فعلی؛ با ضرب آن یک مقدار منفرد در زمان j به‌یک مقدار منفرد در زمان صفر تبدیل می‌شود؛ بدون بُعد	(P/F, i, j)	$(1+i)^{-j}$
یکسری مقادیر برابر زمان 1 تا N؛ به‌شکل ۷ ـ ۶ مراجعه کنید	ارزش آینده؛ با ضرب آن نرخ سالانه یک سری با N مقدار مساوی به‌یک مقار منفرد در زمان N تبدیل می‌شود؛ سال	(P/A, i, N)	$\frac{(1+i)^N-1}{i}$	صندوق سرمایه؛ با ضرب آن یک مقدار منفرد در N به‌نرخ سالانه یک سری با N مقدار برابر تبدیل می‌شود؛ [1](سال)	(A/F, i, N)	$\frac{i}{(1+i)^N-1}$
یکسری مقادیر برابر از زمان 1 تا N؛ به‌شکل ۷ ـ ۶ مراجعه کنید	بازگشت سرمایه، با ضرب آن یک مقدار منفرد در زمان صفر به‌نرخ سالانه یک سری با N مقدار برابر تبدیل می‌شود؛ [1](سال)	(A/P, i, N)	$\frac{i(1+i)^N-1}{(1+i)^N-1}$	ارزش فعلی؛ با ضرب آن نرخ سالانه یک سری با N مقدار برابر به‌یک مقدار منفرد در زمان صفر تبدیل می‌شود؛ سال	(P/A, i, N)	$\frac{(1+i)^N-1}{i(1+i)^N}$

کل گردش وجه نقد در ۱۰ سال یا (۱۰۰۰۰ دلار) ۱۰ یا ۱۰۰۰۰۰ دلار است. این ارزش فعلی نشان می‌دهد که سرمایه گذاری ۶۱۴۴۶ دلاری در زمان صفر به‌همان میزان گردش وجه نقد واقعی در مدت ۱۰ سال رشد می‌کند ـ ارزش آینده در زیر محاسبه شده است.

با استفاده از جدول ۷ ـ ۳ ضریب لازم برای به‌دست آوردن ارزش آینده از مقادیر سالانه $(F/A, i, N)$ است. همین‌طور می‌توان با ضرب ارزش فعلی P در ضریب $(F/P, i, N)$ ارزش آینده را به‌دست آورد. از هر دو روش نتایج یکسانی به‌دست آمده است:

$$F = P(F/P, i, N) = P(1+i)^N = \$61446(1.1)^{10} = \$159375$$

مشاهده می‌شود که سرمایه گذاری ۱۰۰۰۰ دلار در ۱۰ سال معادل است با سرمایه گذاری ۶۱۴۴۶ دلار در زمان صفر و همچنین معادل است با ۱۵۹۳۷۵ دلار که ۱۰ سال بعد دریافت می‌شود.

حتی اگر گردش وجه نقد در طول هر سال پیوسته باشد نتایج یکسانی به‌دست می‌آید، مشروط بر آنکه بهره در آغاز هر سال نسبت به‌سرمایهٔ اصلی مرکب شود (مورد ۳).

■

ضرایب مرکب شدن و کاهش سود برای مورد ۲، بهرهٔ پیوسته، و گردش وجه‌نقد سالانه در جدول ۷ ـ ۴ داده شده است.

مثال ۷ ـ ۷ ارزش آینده و فعلی گردش وجوه نقد سالانه که به‌طور پیوسته مرکب شده‌اند.

مثال ۷ ـ ۶ را تکرار کنید با این تفاوت که مرکب شدن را به‌طور پیوسته باید انجام داد. محاسبات را با دو روش انجام دهید: اول با استفاده از نرخ بهرهٔ اسمی $r = 0.1$ و سپس با استفاده از نرخ بهرهٔ مؤثر $i_{eff} = 0.1$.

■ **حل:**

الگوی گردش وجه نقد شبیه مثال ۷ ـ ۶ است، اما معادلات مناسب از جدول ۷ ـ ۴ به‌دست می‌آیند.

ارزش آینده از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود

$$F = \bar{A}\left(\frac{e^{rN}-1}{e^{r}-1}\right)$$

$$= \$10000\left(\frac{e^{1.0}-1}{e^{0.1}-1}\right) = \$163380$$

جدول ۷ ـ ۴ ضرایب مرکب شدن و کاهش سود برای مرکب شدن بهرهٔ پیوسته و گردش وجوه نقد گسسته

الگوی گردش وجه نقد	مرکب شدن			کاهش سود		
	اسم ضریب؛ توضیح؛ واحدها	نماد	فرمول	اسم ضریب؛ توضیح؛ واحدها	نماد	فرمول
مقدار منفرد در پایان سال j. شکل ۷ ـ ۵ را ببینید.	ارزش آینده؛ با ضرب آن یک مقدار منفرد در j به‌یک مقدار منفرد در N تبدیل می‌شود؛ بدون بُعد	$(F/P, r, N-j)$	$e^{r(N-j)}$	ارزش فعلی؛ با ضرب آن یک مقدار منفرد در j به‌یک مقدار منفرد در زمان صفر تبدیل می‌شود؛ بدون بُعد	$(P/F, r, j)$	e^{-rj}
سری مقادیر برابر از زمان 1 تا N؛ سری هم‌شکل. شکل ۷ ـ ۶ را ببینید	ارزش آینده؛ پرداخت‌های مستمر، ضرب آن نرخ سالانه یک سری N مقدار برابر به‌یک مقدار منفرد در N تبدیل می‌شود؛ سال	$(F/A, r, N)$	$\frac{e^{rN}-1}{e^{r}-1}$	صندوق سرمایه؛ با ضرب آن یک مقدار منفرد در N به‌نرخ سالانه یک سری با مقادیر برابر تبدیل می‌شود؛ $^{-1}$(سال)	$(A/F, r, j)$	$\frac{e^{r}-1}{e^{rN}-1}$
یکسری مقادیر برابر از زمان 1 تا N؛ سری‌های یکنواخت. شکل ۷ ـ ۶ را ببینید	بازگشت سرمایه، با ضرب آن یک مقدار منفرد در زمان صفر تبدیل به‌نرخ سالانه یک سری با N مقدار برابر می‌شود، $^{-1}$(سال)	$(A/P, r, N)$	$\frac{e^{rN}(e^{r}-1)}{e^{rN}-1}$	ارزش فعلی؛ با ضرب آن نرخ سالانه یک سری با مقادیر برابر به‌یک مقدار منفرد در زمان صفر تبدیل می‌شود؛ سال	$(P/A, r, j)$	$\frac{e^{rN}-1}{e^{rN}(e^{r}-1)}$

ارزش فعلی با استفاده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P = \bar{A}\left(\frac{e^{rN}-1}{e^{r}-1}\right)e^{-rN}$$

$$= Fe^{-rN}$$

$$= \$163380(e^{-1.0}) = \$60104$$

توجه کنید که این مقادیر در برخی موارد با مقادیر محاسبه‌شده در مثال ۷ ـ ۶ متفاوت است. اگر $i_{eff} = 0.1$، آنگاه $r = \ln(1 + i_{eff})$

$$r = \ln(1 + 0.1) = 0.09531$$

در نتیجه

$$F = \$10000\left(\frac{e^{0.9531}-1}{e^{0.09531}-1}\right) = \$159375$$

و

$$P = (\$159375)(e^{-0.9531}) = \$61446$$

این دو مقدار با مقادیر به‌دست آمده در مثال ۷ ـ ۶ توافق دارند.

■

ضریب مرکب شدن و کاهش سود برای مورد ۴، بهرهٔ پیوستهٔ گردش وجوه نقد پیوسته در جدول ۷ ـ ۵ داده شده‌اند. شکل ۷ ـ ۷ یک گردش وجه نقد با نرخ ثابت، پیوسته و یک ساله را نشان می‌دهد و شکل ۷ ـ ۸ یکسری پیوسته گردش وجوه نقد به‌مدت N سال را نشان می‌دهد.

مثال ۷ ـ ۸ ارزش یک سرمایه گذاری که به‌یک سری سالانه ثابت و پیوسته تبدیل شده است

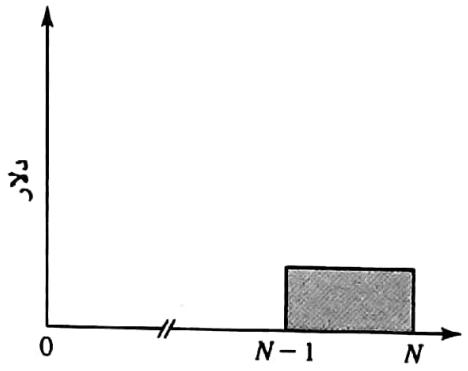
از یک نرخ دریافت اسمی پیوسته ۱۲ درصد در سال استفاده کنید.

الف) ارزش آینده را در زمان صفر طبق جدول زمان‌بندی به‌دست آورید: ۳ میلیون دلار به‌طور پیوسته با نرخ ثابت برای یک سال سرمایه گذاری شده است، شروع آن ۲ سال قبل از زمان صفر است؛ ۷ میلیون دلار به‌طور پیوسته با نرخ ثابت برای یک سال سرمایه گذاری شده است، شروع آن ۱ سال قبل از زمان صفر است.

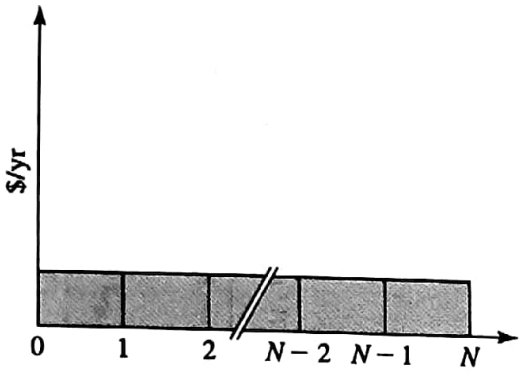
ب) ارزش سرمایه گذاری در زمان صفر را به‌یکسری مقادیر سالانه پیوسته و ثابت در دورهٔ ۱۰ ساله تبدیل کنید.

جدول ۷ ـ ۵ ضرایب مرکب شدن و کاهش سود برای مرکب شدن پیوسته و گردش وجوه نقد

الگوی گردش وجه نقد	مرکب شدن			کاهش سود		
	اسم ضریب؛ توضیح؛ واحدها	نماد	فرمول	اسم ضریب؛ توضیح؛ واحدها	نماد	فرمول
پیوسته با نرخ ثابت فقط برای یک سال، در آخر سال j پایان می‌یابد. به‌شکل ۷ ـ ۷ مراجعه کنید.	ارزش آینده؛ با ضرب آن در نرخ سالانه پیوسته یک مقدار منفرد در N به‌دست می‌آید؛ بدون بُعد	$(F/\overline{P}, r, N)$	$\frac{e^r-1}{r}\ e^{r(N-j)}$	ارزش فعلی؛ با ضرب آن در نرخ سالانه پیوسته یک مقدار منفرد در زمان صفر به‌دست می‌آید؛ بدون بُعد	$(P/\overline{P}, r, j)$	$\frac{e^r-1}{r}\ e^{-rj)}$
سری پیوستهٔ مقادیر ثابت سالانه از زمان صفر تا N به‌شکل ۷ ـ ۸ مراجعه کنید	ارزش آینده؛ با ضرب آن در نرخ سالانه یک‌سری مقادیر برابر و پیوسته یک مقدار منفرد در N. به‌دست می‌آید؛ سال	$(F/\overline{A}, r, N)$	$\frac{e^{rN}-1}{r}$	صندوق سرمایه؛ با ضرب آن یک مقدار منفرد در N به‌یک سری مقادیر برابر پیوسته تبدیل می‌شود؛ $^{-1}$(سال)	$(A/\overline{F}, r, N)$	$\frac{r}{e^{rN}-1}$
سری پیوسته مقادیر ثابت سالانه از زمان صفر تا N. به‌شکل ۷ ـ ۸ مراجعه کنید	بازگشت سرمایه؛ با ضرب آن یک مقدار منفرد در زمان صفر به‌نرخ سالانه یک‌سری مقادیر برابر پیوسته تبدیل می‌شود؛ $^{-1}$(سال)	$(A/\overline{F}, r, N)$	$\frac{re^{rN}}{e^{rN}-1}$	ارزش فعلی؛ با ضرب آن نرخ سالانه یک‌سری مقادیر ثابت پیوسته به‌یک مقدار منفرد در زمان صفر تبدیل می‌شوند؛ سال	$(P/\overline{A}, r, N)$	$\frac{e^{rN}-1}{r}\ e^{-rN}$



شکل ۷ ـ ۷
گردش وجه نقد پیوسته با نرخ ثابت در یک سال.



شکل ۷ ـ ۸
سری پیوسته گردش وجوه نقد با نرخ ثابت.

■ **حل:**

سرمایه گذاری و الگوهای گردش وجه نقد سالانه در شکل ۷ ـ ۹ به‌طور شماتیک نشان داده شده است.

الف) این دو سرمایه گذاری به کمک ارزش آینده یک ضریب گردش وجه نقد پیوسته از جدول ۷ ـ ۵ به‌ارزش آنها در زمان صفر تبدیل شده‌اند.

$$F = \bar{P}\left(\frac{e^{r}-1}{r}\right)e^{r(N-j)}$$

بنابراین

$$F_1 = (3\times 10^6)\left(\frac{e^{0.12}-1}{0.12}\right)e^{0.12[0-(-2)]} = \$4.052\times 10^6$$

و

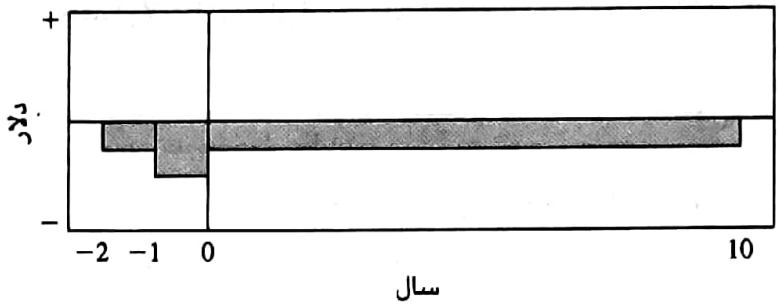
$$F_2 = (7\times 10^6)\left(\frac{e^{0.12}-1}{0.12}\right)e^{0.12[0-(-1)]} = \$8.386\times 10^6$$

ارزش سرمایه گذاری در زمان صفر برابر است با مجموع این دو مقدار یعنی $۱۲/۴۴\times ۱۰^{۶}$ دلار. چون سرمایه گذاری ۱۰ میلیون دلاری دارای نرخ دریافت ۱۲ درصد در سال است، ارزش آن در زمان صفر بیش از مقدار واقعی هزینه شده است.

ب) برای تبدیل سرمایه در زمان صفر به‌یک سری سالانه، از ضریب بازگشت سرمایهٔ جدول ۷ ـ ۵ استفاده کنید.

$$\bar{A} = P\left(\frac{re^{rN}}{e^{rN}-1}\right)$$

$$\bar{A} = (\$12.44\times 10^6)\left(\frac{0.12e^{(0.12)(10)}}{e^{(0.12)(10)}-1}\right) = \$2.14\times 10^6 \quad \text{در سال}$$



شکل ۷ ـ ۹

توجه کنید که ۲۱/۴ میلیون دلار در مدت ۱۰ سال باید دریافت شود که معادل است با سرمایهٔ ۱۰ میلیون دلاری اولیه. (به‌عبارتی، برابر است با سرمایه به‌اضافهٔ سود ۱۲ درصدی سالانه).

■

مالیات بر درآمد

مالیات بر درآمد شرکت‌ها توسط دولت ایالات متحده و برخی دیگر از ایالت‌ها وضع شده است. مالیات بر درآمد دولت فدرال بزرگترین آنها می‌باشد. مالیات بر درآمد ایالتی اغلب براساس پیروی تنگاتنگ از سیاست‌های دولت مرکزی محاسبه می‌شود. بنابراین در اینجا بیشتر بر مالیات‌های دولت مرکزی تأکید می‌شود. علاوه‌بر مالیات بر درآمد دولت مرکزی مالیات‌های دیگری نیز وضع می‌کند.

مالیات بر درآمد دولت مرکزی

از آنجا که نرخ مالیات بر درآمد دولت مرکزی ۳۹ درصد سود خالص است، در تصمیم‌گیری و طرح‌ریزی شرکت اهمیت زیادی دارد. نرخ‌های مالیات بر درآمد اضافی یا نهایی شرکت در سپتامبر ۲۰۰۰ در جدول ۷ ـ ۶ نشان داده شده است که محدودهٔ آن بین ۱۵ تا ۳۹ درصد درآمد مشمول مالیات است. مقدار متوسط نرخ مالیات بر درآمد در جدول ۷ ـ ۷ آمده است؛ این محدوده از ۱۵ تا ۳۵ درصد درآمد مشمول مالیات است که با افزایش درآمد افزایش می‌یابد. واضح است که نرخ مالیات فقط به‌درآمد مشمول مالیات بستگی دارد. برای برآورد مالیات بر درآمد یک پروژهٔ جدید باید از نرخ مالیات اضافی واقعی یا نهایی به‌همراه درآمد مشمول مالیات اضافه شده به‌دریافت‌های شرکت در صورت مشخص بودن استفاده کرد. برای سهولت در اینجا از نرخ ۳۵ درصدی استفاده خواهد شد مگر آنکه درصد دیگری ذکر شده باشد.

جدول ۷ ـ ۶ نرخ‌های افزایشی مالیات بر درآمد شرکت‌ها در ایالات متحده†

درآمد مشمول مالیات		
از	تا	نرخ افزایشی مالیات، ٪
۰ دلار	۵۰۰۰۰ دلار	۱۵
۵۰۰۰۰	۷۵۰۰۰	۲۵
۷۵۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۳۴
۱۰۰۰۰۰	۳۳۵۰۰۰	۳۹
۳۳۵۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰۰	۳۴
۱۰۰۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰۰	۳۵
۱۵۰۰۰۰۰۰	۱۸۳۳۳۳۳۳	۳۸
۱۸۳۳۳۳۳۳	—	۳۵

† منبع: © 2000 CCH Incorporated. All Rights Reserved. Reprinted with permission from 2000 *U.S. Master Tax Guide.*

جدول ۷ ـ ۷ متوسط نرخ مالیات بر درآمد در ایالات متحده†

درآمد مشمول مالیات		نرخ متوسط مالیات، ٪ (افزایش آن در هر محدوده به‌صورت خطی است)	
از	تا	از	تا
۰ دلار	۵۰۰۰۰ دلار	۱۵	۱۵
۵۰۰۰۰	۷۵۰۰۰	۱۵	۱۸/۳۳۳
۷۵۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۸/۳۳۳	۲۲/۲۵
۱۰۰۰۰۰	۳۳۵۰۰۰	۲۲/۲۵	۳۴
۳۳۵۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰۰	۳۴	۳۴
۱۰۰۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰۰	۳۴	۳۴/۳۳۳
۱۵۰۰۰۰۰۰	۱۸۳۳۳۳۳۳	۳۴/۳۳۳	۳۵
۱۸۳۳۳۳۳۳	—	۳۵	۳۵

† منبع: © 2002 CCH Incorporated. All Rights Reserved. Reprinted with permission from 2000 *U.S. Master Tax Guide.*

درآمد مشمول مالیات[1]

مالیات بر درآمد براساس گستردگی شرکت پرداخت می‌شوند. درآمد مشمول مالیات یک شرکت، کل سود ناخالص آن شرکت است. سود ناخالص، یا درآمد ناخالص برابر است با کل درآمد منهای کل هزینهٔ محصول (TPC)†.

کل درآمد در وهلهٔ اول از فروش محصول و همچنین از فروش دارایی‌ها و ذخایر، حق امتیاز و سایر درآمدها به‌دست می‌آید. سود سهام و بازپرداخت‌های اصل وام و بهره‌ای که به‌شرکت و سهامداران آن پرداخت می‌شود به‌عنوان هزینهٔ مجاز برای انجام تجارت و مقاصد مالیات بر درآمد در نظر گرفته نمی‌شوند، و بنابراین در محاسبهٔ سود ناخالص از درآمدها کسر نمی‌شود.

در ارزیابی عملکرد یک واحد یا فرآیند خاص شرکت، درآمدها و هزینه‌های فرآیند تعیین شده و در ارزیابی‌ها از آنها استفاده می‌شود. علاوه‌بر این، هزینه‌هایی در سطوح بالایی واحدهای عملیاتی، در کارخانه، یا شرکت وجود دارد. این هزینه‌ها عبارتند از ایمنی، کل دستمزدها، غذاخوری، بازسازی، آزمایشگاه‌های کنترل، دفع پسماند، هزینه‌های اجرایی، پاداش‌ها، تبلیغات، و تحقیق و توسعه. این هزینه‌ها به‌یک فرآیند خاص اختصاص داده می‌شوند که معمولاً به‌صورت درصدی از سرمایه گذاری در هر فرآیند هستند. در ارزیابی سرمایه گذاری جدید، مالیات بر درآمد قابل استناد به‌آن سرمایه گذاری، از طریق درآمد ناخالص قابل انتظار از آن سرمایه گذاری، ضرب در نرخ نهایی مالیات بر درآمد و اضافه کردن آن درآمد به‌درآمد شرکت حاصل می‌شود. متداول است که در ارزیابی‌ها از یک نرخ مالیات بر درآمد ثابت استفاده شود، مثل نرخ ۳۵ درصدی که در بالا به‌آن اشاره شد.

پرداخت‌های مالیات بر درآمد شرکت‌ها، اقساطی و به‌صورت ۲۵ درصد کل پروژهٔ سالانه در اواسط آوریل، ژوئن، سپتامبر و دسامبر قابل پرداخت و سررسید می‌شوند. در محاسبات مربوط به‌جریانات نقدینه، با این پرداخت‌ها مانند سایر جریانات وجه نقد رفتار می‌شود، یعنی یا به‌صورت سالی یک‌بار در پایان هر سال و یا به‌شکل پیوسته.

قانون مالیات منوط به‌لوایح قانون‌گذاری، قوانین ادارهٔ عواید داخلی، و تفسیر دادگاه است؛ بنابراین اغلب دستخوش تغییر می‌شوند. روش‌های محاسبهٔ مالیات و ارزیابی اقتصادی معمولاً توسط شرکت سیاست‌گذاری می‌شود. مهندس مسئول ارزیابی، برای تفسیر سیاست جاری و رویه‌های شرکت باید با

1- Taxable Income

† هزینهٔ کل محصول به‌طور مفصل در شکل ۷ ـ ۶ و جدول ۶ ـ ۱۸ خلاصه شده است.

حسابداری بخش مالیاتی شرکت و مراجع قانونی مشورت کند.†

مالیات سود سرمایه[1]

مالیات سود سرمایه براساس فروش دارایی‌های سرمایه مثل زمین، ساختمان‌ها و تجهیزات وضع می‌شود. سود فروش زمین معادل است با قیمت فروش منهای قیمت خرید، هزینهٔ فروش، و هزینه‌های بهبود وضعیت. زمین مستهلک نمی‌شود. در مورد دارایی‌های قابل استهلاک مثل ساختمان‌ها و تجهیزات، سود برابر است با قیمت فروش منهای هزینهٔ فروش، و منهای هزینهٔ خرید که هزینهٔ استهلاک نیز از آن کسر شده باشد. بنابراین قطعه‌ای از دستگاه که ۸۰۰۰۰ دلار خریداری شده و هزینهٔ استهلاک آن هم‌اکنون ۵۰۰۰۰ دلار است و ۴۵۰۰۰ دلار فروخته شده و هزینهٔ فروش آن ۲۰۰۰ دلار می‌باشد، سود سرمایه‌ای معادل با $13000 =2000-(80000-50000)-$45000 خواهد داشت.

سود سرمایه برای موردی که قبل از فروش یک سال یا بیشتر نگهداری شده، «سود سرمایهٔ درازمدت» نامیده می‌شود. سود سرمایه برای مواردی که زمان انتظار آنها کمتر از یک سال است «سود سرمایهٔ کوتاه‌مدت» نام دارد. طبق قوانین مالیات بر درآمد جاری، نرخ مالیات بر سود سرمایهٔ درازمدت ۲۰ درصد در حالی که نرخ مالیات بر سود سرمایهٔ کوتاه‌مدت معادل است با نرخ مالیات بر درآمد افزایشی. معمولاً برای تخمین از نرخ ۳۵ درصدی استفاده می‌کنند.

ضرر و زیان[2]

برای ضرر و زیان هم قوانین مالیاتی وجود دارد. ضرر یک شرکت ممکن است سودهای به‌دست آمدهٔ آن شرکت را در همان سال خنثی کند، در نتیجه درآمد مشمول مالیات را کاهش می‌دهد. اگر در یک سال معین کل فعالیت‌های شرکت ضرر نشان دهد، آن ضرر می‌تواند برای از بین بردن سودهای گذشته تا سه سال به گذشته انتقال یابد[3]؛ یا ممکن است برای جبران سودهای آینده تا ۵ سال به‌آینده منتقل شود[4].

---

† جزییات کامل در مرجع زیر موجود است:

Income Tax Regulations and periodic *Income Tax Bullentins* issued by the U.S. Treasury, Superintendent of Documents, and Internal Revenue Serivce.

همچنین اطلاعات مفیدی می‌توان در نشریات اختصاصی سالانه مثل مرجع زیر پیدا کرد:

Prentice-Hall Federal Tax Advisor, Prentice-Hall Information Services, Paramus, NJ, and *U.S. Master Tax Guide*, CCH, Inc., Chicago.

1- Capital Gains Tax 2- Losses 3- Carry back

4- Carry forward

یک پروژهٔ خاص امکان دارد در مجموع سودآور باشد ولی در یک یا چند سال ضرر نشان دهد. در این موارد، این سئوال مطرح می‌شود که آیا برای کاهش کل مالیات بر درآمد شرکت باید از ضررها استفاده کرد یا در ارزیابی‌های فرآیند از این کاهش‌ها باید به‌عنوان «مالیات بر درآمد منفی» استفاده کرد. حتی اگر انجام این امر واقعی به‌نظر برسد، استفاده از این دلیل برای اثبات مطلوب بودن پروژه از لحاظ اقتصادی، معقول نیست. در این حالت براساس سیاست شرکت تصمیم‌گیری می‌شود.

سایر مالیات‌های دولت مرکزی

کارفرماها درصدی از دستمزد کارمندان را به‌عنوان کمک به‌امنیت اجتماعی و مالیات‌های درمانی پرداخت می‌کنند، این مالیات‌ها بخش قابل توجهی از کل دستمزد کارمند را تشکیل می‌دهند و بیمهٔ درمانی، و بازنشستگی را دربر می‌گیرد که معمولاً همان هزینه‌های نیروی انسانی هستند. مقدار این مالیات‌ها بستگی به‌طرح‌های شرکت دارد ولی معمولاً مقدار آن ۴۰ درصد دستمزدهاست.

مالیات‌های ایالتی

بعضی از ایالت‌ها در امریکا مالیات بر درآمد شرکت وضع کرده‌اند در حالی که بسیاری از آنها مالیات بر درآمد ندارند. علاوه‌بر این نرخ مالیات در بین ایالت‌ها متفاوت است. در تحلیل‌های اقتصادی باید مالیات بر درآمد را برای پروژه‌هایی که در این ایالت‌ها اجرا می‌شوند در نظر گرفت. (برخی از تحلیل‌گران برای آنکه عملی شدن مالیات‌های ایالتی را نشان دهند، نرخ مالیات بر درآمد دولت مرکزی را کمی افزایش می‌دهند). برای مثال در تحلیل‌های اقتصادی اولیه باید نرخ متوسط فدرال را از ۳۵ درصد به ۴۰ درصد افزایش داد. برای انتخاب این مورد نیز باید از اطلاعات ویژه یا سیاست شرکت استفاده کرد.

مالیات‌های ایالتی دیگری نیز وجود دارند، برای مثال مالیات‌های حقوق و مزایای کارگران. در اینجا نیز برای تعیین میزان تخفیف مالیات باید از سیاست‌های مالیاتی خاص در مورد یک پروژه استفاده کرد.

مالیات‌های غیردرآمدی[1]

دولت‌های مرکزی، محلی یا ایالاتی می‌توانند علاوه‌بر مالیات بر درآمد، مالیات‌های دیگری مثل مالیات‌های غیرمستقیم و دارایی وضع نمایند. دولت‌های محلی معمولاً بر مالیات‌های دارایی که برای شهر یا کشور هزینه می‌شوند نظارت دارند. از آنجا که این مالیات‌ها باید به‌طور مستقیم توسط یک تجارت

1- Nonincome taxes

خاص پرداخت شوند و ارتباطی با مصرف‌کننده ندارد به‌آنها مالیات‌های مستقیم می‌گویند.

مالیات‌های دارایی از محلی به‌محل دیگر بسیار تغییر می‌کند، ولی مقدار متوسط سالانه این هزینه‌ها ۴ ـ ۱ درصد ارزیابی مالیاتی است. روش و مقدار مالیات دارایی نیز به‌طور قابل توجه با محل تغییر می‌کند. برای ارزیابی اقتصادی معمولاً نرخ مالیات دارایی ۲ درصد سرمایه گذاری ثابت پروژه است.

مالیات‌های غیرمستقیم توسط دولت‌های مرکزی یا ایالتی وضع می‌شوند. مالیات‌های غیرمستقیم دولت مرکزی شامل هزینه‌هایی برای مالیات‌های گمرکی واردات، انتقال سهام و اوراق قرضه، و بسیاری دیگر از این موارد است. مالیات‌های غیرمستقیم تولیدکنندگان و خرده‌فروش‌ها براساس فروش بسیاری از محصولات مثل بنزین و نوشیدنی‌های الکلی وضع می‌شود. به‌دلیل اینکه این نوع مالیات‌ها توسط مصرف‌کنندگان پرداخت می‌شود به‌آنها مالیات‌های غیرمستقیم می‌گویند. بسیاری ازکسب و کارها و مشاغل تجاری به‌سبب برخورداری از انجام یک تجارت یا کار تولیدی در موقعیت‌های خاص خود، باید مالیات بیشتری پرداخت کنند. در ارزیابی‌های اقتصادی مالیات‌های غیرمستقیم تنها زمانی در ارزیابی‌های اقتصادی گنجانده می‌شوند که معلوم گردد در پروژه تحت نظارت به کار برده شوند.

هزینه‌های ثابت

همان‌طور که در شکل ۷ ـ ۶ فهرست شده، در میان بسیاری از هزینه‌های گنجانده شده در هزینهٔ کل محصول، گروهی به‌نام هزینه‌های ثابت[1] وجود دارد. سه هزینهٔ اول ـ استهلاک، مالیات‌های دارایی (که در بالا در مورد آن بحث شد)، و بیمه ـ هزینه‌هایی هستند که به‌سرمایه گذاری در یک پروژه بستگی دارند. هنگامی که تسهیلات پروژه تهیه شد، این هزینه‌ها ثابت شده‌اند. در صورتی که قراردادی برای مکان اجاره‌ای وجود داشته باشد، هزینهٔ اجاره نیز ثابت است. این هزینه‌ها چون به‌سطح و میزان فعالیت کارخانه و حتی کار کردن یا متوقف شدن کارخانه بستگی ندارند ثابت هستند. در بیشتر مواقع بهره نیز به‌عنوان یک هزینهٔ ثابت در نظر گرفته می‌شود، ولی به‌دلیل اهمیت آن در این فصل به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است.

استهلاک

استهلاک یک هزینهٔ غیرمعمول است که به‌خزانهٔ شرکت پرداخت می‌شود. نقل و انتقال‌های درون‌شرکتی دیگری مثل خرید مواد و تجهیزات از یک بخش به‌بخش دیگر وجود دارد. این نقل و انتقال‌ها عموماً

1- Fixed charges

هیچ تأثیری بر منابع مالی شرکت ندارند، یا بسیار ناچیز است. البته استهلاک تأثیر قابل توجهی بر گردش وجوه نقد شرکت دارد. مفهوم استهلاک بر این حقیقت استوار است که تجهیزات فیزیکی با گذشت زمان کیفیت خود را از دست می‌دهند؛ بنابراین ارزش آنها کاهش می‌یابد. استهلاک فیزیکی[1] اصطلاحی است که در مورد اندازه گیری کاهش ارزش تجهیزات در اثر تغییر ابعاد فیزیکی یک سرمایه به کار می‌رود. فرسودگی و پارگی، خوردگی، حوادث، و کاهش کیفیت ناشی از گذشت زمان همگی باعث استهلاک فیزیکی می‌شوند. با این نوع استهلاک، به‌خاطر تغییرات فیزیکی قابلیت استفاده از سرمایه کاهش می‌یابد.

استهلاک ناشی از سایر علل و عوامل را **استهلاک عملیاتی**[2] گویند. یکی از انواع رایج استهلاک عملیاتی منسوخ شدن[3] است. این استهلاک در اثر توسعهٔ فن‌آوری و پیشرفت‌هایی که باعث منسوخ شدن اموال می‌شوند به‌وجود می‌آید. سایر دلایل استهلاک عملیاتی عبارتند از: (۱) کاهش تقاضا برای خدمات ارایه شده توسط سرمایه؛ (۲) جابه‌جایی در مراکز تراکم جمعیت؛ (۳) تغییرات به‌عمل آمده در نیازمندی‌های مؤسسهٔ عام‌المنفعه؛ (۴) عدم کفایت یا کمبود ظرفیت؛ و (۵) دست از کسب کشیدن یا کنار گذاشتن کسب مورد نظر.

استهلاک و مالیات بر درآمد

استهلاک از آنرو که بر دیون و بدهی‌های مالیات بر درآمد یک شرکت تأثیر می‌گذارد، دولت‌های مرکزی برای استهلاک بهره قایل می‌شوند. در واقع، قوانین مالیاتی فدرال تقریباً نحوهٔ هزینهٔ استهلاک را کنترل می‌کنند.

استهلاک یک هزینه بر درآمد حاصل از سرمایه گذاری در اموال واقعی است. کاملاً معقول است که سرمایهٔ اولیه باید توسط سرمایه گذار بازیابی شود و درآمدهای پروژه برای پرداخت سرمایهٔ اولیه هزینه شوند. در سایر سرمایه گذاری‌ها، مثل حساب‌های پس‌انداز، علاوه‌بر هر پرداختی که دریافت شده است، سرمایهٔ اصلی نیز همچنان موجود است، و بنابراین در سرمایه گذاری کارخانه نیز انتظار می‌رود سرمایهٔ اولیه بازیابی شود. استهلاک به‌عنوان هزینه محسوب می‌شود و سپس به‌شرکت پرداخت می‌شود. استهلاک در دفاتر شرکت جمع و تفریق می‌شود به‌همین دلیل برخی اوقات به‌آن محصول حسابداری گفته می‌شود. البته استهلاک به‌خاطر اثری که بر مقدار مالیات بر درآمد دارد، بیش از یک محصول حسابداری است. یکی از تعاریف استهلاک به‌شرح زیر است: «اموال یا دارایی که عمر مفید محدودی دارد و در تجارت یا کسب و کار استفاده می‌شود و یا به‌منظور تولید درآمد نگهداری شده هر ساله مقداری از ارزش خود را از دست می‌دهد، که به‌آن استهلاک گفته می‌شود. این کاهش به‌مالیات‌دهندگان

1- Physical depreciation 2- Functional depreciation 3- Obsolescence

امکان می‌دهد هزینه‌های آن دارایی را در یک دورهٔ چند ساله بازیابی کنند.»†

فرسودگی[1] کلمه‌ای است که برخی اوقات به‌جای استهلاک[2] به کار می‌رود ولی در ارزیابی‌های مالیاتی دارای معنی بسیار محدودتری است: «برای اموال غیرمادی و نامحسوس با عمر مفید محدود می‌توانید به‌علت فرسودگی مدعی کاهش ارزش شوید و این کاهش می‌تواند با دقت منطقی تخمین زده شود. برای مثال حق اختراع و حق نشر فرسودگی‌پذیر هستند.»††

در فصل ۶ نشان داده شد که استهلاک با استفاده از رابطهٔ زیر به‌خزانهٔ شرکت اضافه می‌شود:

$$A_j = (s_j - c_{oj})(1-\phi) + \phi d_j \qquad (۶-۱)$$

زیرنویس j مقدار سالانه در سال j را نشان می‌دهد، A گردش وجه نقد سالانه، s درآمد فروش سالانه، c_o هزینهٔ عملیاتی (کل هزینهٔ محصول به‌جز استهلاک)، ϕ نرخ مالیات بر درآمد جزیی، و d استهلاک سالانه است. جملهٔ مثبت ϕd_j در معادلهٔ (۶-۱) از کم کردن استهلاک به‌عنوان یک هزینه قبل از محاسبهٔ مالیات بر درآمد به‌دست می‌آید. این امر باعث کاهش درآمد مشمول مالیات با d_j، بدهی مالیاتی با ϕd_j، و درآمد خالص با $(1-\phi)d_j$ می‌شود. بازیابی استهلاک گردش وجه نقد خالص را از پروژه به‌منبع سرمایهٔ شرکت افزایش می‌دهد (برای اطلاعات بیشتر به‌شکل ۶-۱ مراجعه کنید). این موضوع نشان می‌دهد که در قانون مالیات، استهلاک باعث بازیابی سرمایهٔ اولیه می‌شود.

سرمایه‌های قابل استهلاک

عموماً، تمام دارایی‌هایی که دارای عمر مفید بیش از یک سال هستند و در کار و تجارت و ایجاد درآمد از آنها استفاده می‌شود استهلاک‌پذیر هستند. تسهیلات فیزیکی مثل هزینه‌های طراحی و مهندسی، ترابری، برپا کردن ساختمان استهلاک‌پذیر هستند. زمین مستهلک نمی‌شود ولی تسطیح و خدمات جانبی اضافه شده به‌آن قابل استهلاک هستند. سرمایه گذاری عملیاتی و هزینه‌های راه‌اندازی مستهلک نمی‌شوند. کالاهای نگه داشته شده برای فروش نیز مستهلک نمی‌شوند. در واژه‌شناسی امور پروژه، سرمایه گذاری ثابت، بدون محسوب کردن زمین، قابل استهلاک است.

---

† 1993 *Prentice-Hall Federal Tax Advisor*, Prentice-Hall Tax and Professional Practice, Englewood Cliffs, NJ, 1993, chap. 11.

1- Amortization 2- Depreciation

†† 1993 *Prentice-Hall Federal Tax Advisor*, loc. cit.

برای آنکه اموال و دارایی در شرایط مطلوب قرار داشته باشند، نیاز به‌مراقبت و نگهداری[1] دارند. تعمیرات[2] به‌معنی نوسازی یا جایگزینی قطعات شکسته یا فرسوده می‌باشد. هزینه‌های تعمیرات و نگهداری جزو هزینه‌های عملیاتی مستقیم هستند و بنابراین استهلاک‌پذیر نمی‌باشند.

کل مقدار استهلاکی که امکان دارد هزینه شود برابر است با مقدار سرمایهٔ اولیه ـ نه بیشتر و نه کمتر. تورم یا رکود در استهلاک تأثیر نمی‌گذارد.

ارزش فعلی

ارزش فعلی[3] یک دارایی مقدار آن دارایی در زمان ارزیابی آن است. تفاوت بین هزینهٔ اصلی یک دارایی و تمام هزینه‌های استهلاک که تاکنون به‌وجود آمده، ارزش دفتری[4] نام دارد. چون این مقدار شامل کل ارزش‌های دارایی‌های یک شرکت می‌شود دارای اهمیت زیادی است. روش تعیین استهلاک ممکن است با روش محاسبهٔ ارزش دفتری که برای تعیین مالیات بر درآمد به کار می‌رود و بستگی به‌سیاست شرکت دارد تفاوت داشته باشد. قیمتی که می‌توان برای یک دارایی در بازار آزاد به‌دست آورد، ارزش بازار نام[5] دارد. ارزش بازار امکان دارد کاملاً با ارزش دفتری متفاوت باشد و واضح است که برای تعیین ارزش واقعی دارایی‌های شرکت مهم است.

ارزش اسقاطی

ارزش اسقاطی[6]، مقدار خالص پولی است که از فروش اموال دست دوم به‌دست می‌آید و مقدار آن می‌تواند بیش از هزینهٔ لازم برای جابه‌جایی و فروش آن باشد. اصطلاح ارزش اسقاطی بدین معنی است که یک سرمایه یا دارایی می‌تواند خدمات بیشتری ارایه کند. اگر این سرمایه مفید نباشد اغلب برای بازیابی مواد می‌توان آن را فروخت. درآمد حاصل از آن معروف به ارزش قراضه[7] است. از سال ۲۰۰۲ طبق قوانین مالیاتی ارزش اسقاطی و قراضه در محاسبات استهلاک لحاظ نمی‌شوند. درآمد حاصل از فروش اموال دست دوم، ارزش مستهلک نشدهٔ اموال را افزایش می‌دهد، بنابراین به‌عنوان سود سرمایه در نظر گرفته می‌شود. اگر قیمت فروش خالص کمتر از ارزش مستهلک نشده باشد، مشمول مالیات

1- Maintenance
2- Repairs
3- Current value
4- Book value
5- Market value
6- Salvage value
7- Scrap value

نمی‌شود و به‌عنوان درآمد پروژه در زمان فروش محسوب می‌شود.

مدت زمان بازیابی[1]

مدت زمانی که در طی آن استفاده از یک دارایی از لحاظ اقتصادی عملی است به‌دورهٔ خدمات‌رسانی[2] معروف است. مدت زمانی که در آن استهلاک هزینه شده است به‌عنوان دورهٔ بازیابی شناخته می‌شود، و با قوانین مالیاتی معین می‌گردد. اگرچه در ابتدا دورهٔ بازیابی، حداقل ارتباطی با دورهٔ خدمات‌رسانی داشت، اما امروزه ارتباط کمی بین این دو وجود دارد. دوره‌های بازیابی برای برخی فرآیندهای شیمیایی در جدول ۷ ـ ۸ نشان داده شده است.

جدول ۷ ـ ۸ دوره‌های زمانی بازیابی برای گروه‌های مختلف سرمایه در صنایع شیمیایی

نوع سرمایه	دورهٔ بازیابی، سال	
	MACRS	خط مستقیم
کامیون‌های سنگین برای مصارف عمومی	۵	۵
سیستم‌های توزیع و تولید برق و بخار صنعتی	۱۵	۲۲
سیستم‌های اطلاعاتی (رایانه‌ها)	۵	۵
تولید مواد شیمیایی و محصولات مشابه (شامل مواد پتروشیمیایی)	۵	۹/۵
تولید اجزای الکترونیکی	۵	۵
تولید محصولات تمام‌شدهٔ پلاستیکی	۷	۱۱
تولید سایر مواد غذایی و محصولات وابسته (روغن‌های نباتی، شکر و غلات)	۷	۱۲
تولید خمیر چوب و کاغذ	۷	۱۳
تولید محصولات لاستیکی	۷	۱۴
تولید نیمه‌هادی‌ها	۵	۵
پالایش نفت	۱۰	۱۶
انتقال خطوط لوله	۱۵	۲۲
تجهیزات تولید گاز طبیعی	۷	۱۴
SNG ـ گازرنی زغال	۱۰	۱۸
کارخانهٔ گاز طبیعی مایع‌شده	۱۵	۲۲
کارخانهٔ دفع پسماند و بازیابی منابع تولید آن	۷	۱۰
سایر کارخانه‌های تولید انرژی	۵	۱۲

1- Recorvery period 2- Service life

روش‌های محاسبهٔ استهلاک

روش‌های متعددی برای محاسبهٔ استهلاک وجود دارد†؛ البته از آنرو که قوانین مالیات بر درآمد فدرال از سال ۱۹۸۷ قابل اجرا هستند، در اینجا فقط سه روش مورد بررسی قرار می‌گیرد: خط مستقیم[1]، تراز نزولی ـ دوتایی[2]، و سیستم اصلاح‌شدهٔ بازیابی سریع هزینه (MACRS)[3].

استهلاک باعث کاهش مالیات بر درآمد قابل پرداخت در سال‌هایی می‌شود که استهلاک صورت گرفته است. کل مقدار استهلاکی که می‌تواند مطالبه شود ثابت بوده و برابر است با سرمایهٔ موجود در دارایی استهلاک‌پذیر. بنابراین، در طول هر دوره بازیابی کل مقدار مشابهی مستهلک شده است؛ در نتیجه، مقدار کل مالیات یکسانی پرداخت شده است ـ فرض کنید که در تمام آن سال‌ها نرخ مالیات افزایشی یکسان باشد. البته به‌سبب ارزش زمانی پول، از لحاظ اقتصادی بهتر است سودها و ذخایر مالیاتی هرچه زودتر دریافت شوند. بنابراین، مالیات‌پردازان سعی می‌کنند تا حد امکان به‌سرعت دارایی و سرمایه را مستهلک کنند. البته برای دولت مرکزی نیز به‌همین دلیل مرجح است که مالیات بر درآمد را هر چه زودتر دریافت کنند.

با سبک سنگین کردن این موضوع و بررسی آن از زوایای مختلف، می‌توان دریافت که، از دیدگاه دولت ترغیب فعالیت تجاری و در نتیجه کل اقتصاد امر مطلوبی است. بر همین اساس، نرخ و مدت زمانی که استهلاک می‌تواند مطالبه شود، از دغدغه‌های سیاست دولت محسوب می‌گردند.

روش خط مستقیم. این روش را تحت قانون مالیاتی فدرال می‌توان به‌عنوان یک سیستم استهلاک جایگزین انتخاب کرد. این روش با سرعت کمتری نسبت به‌روش MACRS سرمایه را مستهلک می‌کند و بنابراین تنها در محاسبات مالیاتی تحت شرایط خاص از آن استفاده می‌شود. برای مثال، یک شرکت تازه تأسیس ممکن است مایل باشد کاهش استهلاک را برای استفاده در آینده ذخیره نماید چرا که انتظار می‌رود نرخ مالیات افزایشی آن بیشتر باشد. در مواقع ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، روش استهلاک خط مستقیم اغلب در موقع تعیین و اندازه گیری سوددهی که ارزش زمانی پول را در نظر نمی‌گیرد به کار برده می‌شود زیرا شرایط نرخ استهلاک اهمیت ندارد.

در روش خط مستقیم فرض می‌شود که ارزش سرمایه در طول دورهٔ بازیابی به‌مرور زمان خطی کاهش می‌یابد. هیچ ارزش اسقاطی یا قراضه نیز وجود ندارد. بنابراین مقدار استهلاک در هر سال از دورهٔ

---

† M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1991.

1- Straight-line 2- Double-declining balance

3- Modified accelerated cost recovery system

بازیابی به‌صورت زیر است:

$$d = \frac{V}{n} \qquad (۴۴-۷)$$

که d استهلاک سالانه برحسب دلار در سال، V اصل سرمایه در زمان شروع دورهٔ بازیابی، و n طول مدت زمان بازیابی خط راست است. در برنامه‌های تعیین مالیات، همان‌طور که در جدول ۷ ـ ۸ نشان داده شده، دورهٔ بازیابی برای استهلاک خط راست در مورد کارخانه‌های شیمیایی ۹/۵ سال است. در دیگر موارد شرکت ممکن است مقداری برای n انتخاب کند. اگر روش خط مستقیم با یک روش تعیین سوددهی که ارزش زمانی پول را در نظر نمی‌گیرد به کار رود، استفاده از دورهٔ زمانی ارزیابی عدد معقولی برای دورهٔ زمانی بازیابی می‌باشد. ۶ سال انتخاب معقول دیگری است، چون این عدد همان نرخ متوسط استهلاک روش MACRS را به‌دست می‌دهد.

سیستم‌اصلاح شده بازیابی سریع هزینه. MACRS به‌روش استهلاکی گفته می‌شود که بیشتر برای اهداف مالیات بر درآمد و در نتیجه برای ارزیابی‌های اقتصادی به کار می‌رود. روش MACRS براساس روش کلاسیک تراز نزولی ـ دوتایی است†، ولی بدون ارزش اسقاطی یا قراضهٔ مجاز، در یک نقطه به‌روش خط مستقیم می‌رود، و از قرارداد عرفی نیم سال استفاده می‌کند. قراردادهای عرفی نیم ماه و نیم فصل نیز هستند ولی به‌ندرت در مواضع و موقعیت‌های مالیاتی پروژه شرکت اتفاق می‌افتند روش تراز نزولی دوگانه هزینهٔ استهلاک را در هر سال از دورهٔ بازیابی که دو برابر نرخ متوسط بازیابی برای تراز مستهلک نشده باقیمانده در کل زمان بازیابی است محاسبه می‌کند. بنابراین در سال اول یک دورهٔ بازیابی ۵ ساله، جزیی از سرمایهٔ قابل استهلاک که می‌تواند مستهلک شود $\frac{۱}{۵} \times ۲$ یا ۴۰ درصد است. بخش مستهلک نشده هم‌اکنون ۶۰ درصد سرمایهٔ اصلی است؛ بنابراین در سال دوم مقدار مجاز $\frac{۰/۶}{۵} \times ۲$ یا ۲۴ درصد است؛ و به‌همین ترتیب تا سال آخر. چون این روش همیشه جزیی از تراز باقیمانده را به‌دست می‌دهد، سرمایه به‌طور کامل مستهلک نمی‌شود. روش MACRS با انتقال به‌روش خط مستقیم در سال اول این مشکل را بر طرف می‌کند، چون روش مستقیم نرخ استهلاک بیشتری نسبت به‌روش تراز نزولی ایجاد می‌کند.

قرارداد عرفی نیم سال[1] نشان می‌دهد که در سال اول فقط نصف روش تراز نزولی دوتایی تصویب

---

† M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers,* 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1991, chap. 9.

1– Half-year convention

شده و تراز باقیمانده پس از پایان دوره بازیابی در سال بعد مستهلک شده است. در نتیجه استهلاک MACRS در طول دورهٔ بازیابی به‌یک سال اضافی نیاز دارد، که البته کمی عجیب به‌نظر می‌رسد.

مثال ۷ ـ ۹ محاسبهٔ درصد استهلاک سالانه MACRS

نرخ درصد سالانهٔ استهلاک را در دورهٔ بازیابی ۵ ساله برای یک سرمایه مثل کارخانهٔ شیمیایی محاسبه کنید. از روش تراز نزولی ـ دوتایی و قرارداد عرفی نیم سال استفاده کرده و در تراز باقیمانده هنگامی که استهلاک سالانهٔ بیشتری نسبت به‌روش تراز نزولی ـ دوتایی به‌دست می‌آید به‌روش خط مستقیم منتقل شوید. این روش MACRS است.

■ **حل:**

سال اول: روش تراز نزولی ـ دوتایی (DDB) استهلاک $\frac{۱}{۵}\times ۲=۰/۴$ را می‌دهد، ولی روش قرارداد عرفی نیم سال آن را به‌نصف یعنی ۰/۲ یا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد.

روش خط مستقیم (SL) برای سال اول یک استهلاک $\frac{۱}{۵}=۰/۲$ یا ۲۰ درصدی را به‌دست می‌دهد، درست مثل روش DDB با مصوبهٔ نیم سال.

سال دوم: هم‌اکنون تراز مستهلک نشده ۰/۸=۰/۲−۱ سرمایهٔ اصلی است. روش DDB یک استهلاک ۰/۳۲=(۰/۸/۵)(۲) یا ۳۲ درصدی را می‌دهد. روش SL با ۴/۵ سال باقیمانده، $\frac{۰/۸}{۴/۵}=۰/۱۷۷$ را می‌دهد، بنابراین باید از روش DDB استفاده کرد.

سال سوم: در این لحظه تراز مستهلک نشده ۰/۴۸=۰/۵۲−۱ سرمایهٔ اصلی است. روش DDB استهلاک ۰/۱۹۲=$(\frac{۰/۴۸}{۵})$(۲) یا ۱۹/۲ درصدی را می‌دهد. روش SL با ۳/۵ سال باقیمانده ۰/۱۳۷= $\frac{۰/۴۸}{۳/۵}$ را می‌دهد، بنابراین دوباره باید از روش DDB استفاده کرد.

سال چهارم: تا این سال تراز مستهلک‌نشده ۰/۲۸۸=۰/۷۱۲−۱ است. روش DDB استهلاک ۰/۱۱۵۲= $(\frac{۰/۲۸۸}{۵})$(۲) یا ۱۱/۵۲ درصدی را می‌دهد. روش SL با ۲/۵ سال باقیمانده، یک استهلاک ۰/۱۱۵۲= $\frac{۰/۲۸۸}{۲/۵}$ را نشان می‌دهد. هر دو روش مقادیر یکسانی می‌دهند.

سال پنجم: حال تراز مستهلک‌نشده ۰/۱۷۲۸=۰/۸۲۷۲−۱ است. استهلاک روش DDB ۰/۰۶۹۱۲= $\frac{۰/۱۷۲۸}{۵}$(۲) یا ۶/۱۹۲ درصد است. روش SL با ۱/۵ سال باقیمانده، استهلاکی معادل با ۰/۱۱۵۲= $\frac{۰/۱۷۲۸}{۱/۵}$ یا ۱۱/۵۲ درصد را نشان می‌دهد. در این زمان روش SL نرخ بیشتری به‌دست می‌دهد و باید از آن استفاده کرد.

سال ششم: به‌خاطر قرارداد عرفی نیم سال یک هزینهٔ استهلاک برای این سال باقیمانده که تراز مستهلک نشدهٔ باقیمانده است و مقدار آن ۰/۰۵۷۶=۰/۹۴۲۴-۱ یا ۵/۷۶ درصد است.

■

جدول ۷ ـ ۹ نرخ‌های سالانه MACRS برای مصوبهٔ نیم سال را تا دورهٔ زمانی ۲۰ ساله بازیابی و انتقال به‌روش خط مستقیم را نشان می‌دهد. دوره‌های زمانی ۳، ۵، ۷ و ۱۰ ساله از روش تراز نزولی ـ دوتایی یا ۲۰۰ درصدی استفاده می‌کنند، در حالی که در دوره‌های زمانی ۱۵ و ۲۰ سال از روش تراز نزولی ۱۵۰ درصدی استفاده می‌شود. قانون مالیاتی ایالات متحده تمام این شرایط را توصیه می‌کند.

بیمه[1]

هزینه‌های بیمهٔ سالانه برای پروژه‌های صنعتی متداول به‌طور تقریبی ۱ درصد سرمایه گذاری ثابت است. با اینکه ممکن است هزینه‌های بیمه تنها بخش کوچکی از هزینهٔ کل را تشکیل دهند، لازم است برای اطمینان از عملکرد اقتصادی کارخانه و اینکه در مقابل توسعه‌های آینده نیز انعطاف‌پذیر است، ملزومات بیمه را مدنظر قرار داد.

چنانچه تمام عوامل دخیل در حصول بیمه مکفی شناخته شده باشد مهندس طراح می‌تواند ملزومات بیمه را کاهش دهد. در واقع مهندس باید از انواع مختلف بیمه‌های موجود و مسئولیت‌های قانونی شرکت در مورد حوادث و سایر شرایط اضطراری غیرقابل پیش‌بینی آگاهی داشته باشد.

مسئولیت قانونی.[2] هر شرکتی می‌تواند با بیمه کردن خود، از ضررهای مالی ناشی از عوامل مختلف اجتناب کند. همچنین با بیمه کردن به‌جز ضررهای مالی مستقیم می‌توان در مقابل حوادث پیش‌بینی نشده خود را حفظ کرد. برای مثال، زخمی شدن کارگران یا سایر افراد در اثر آتش‌سوزی یا انفجار توسط بیمه پوشش داده می‌شود. بیمه شدن در مقابل تمام حوادث احتمالی غیرممکن است، ولی باید به‌عواقب یک حادثهٔ پیش‌بینی نشده و شناخت مسئولیت قانونی حوادث مختلف توجه داشت. پرداخت غرامت لازم برای حل پرونده‌ای که مسئولیت قانونی و حقوقی آن به‌اثبات رسیده می‌تواند بسیار بیشتر از هزینه‌های ناشی از یک حادثهٔ مالی مستقیم باشد.

1- Insurance

2- Legal responsibility

جدول ۷ ـ ۹ نرخ‌های استهلاک MACRS†

سیستم استهلاک عمومی

روش استهلاک مورد استفاده: ۲۰۰ یا ۱۵۰ درصد

روش تراز نزولی به‌روش خط مستقیم منتقل می‌شود

دورهٔ زمانی بازیابی مورد استفاده: ۳، ۵، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سال

مصوبهٔ مورد استفاده: نیم سال

	دورهٔ زمانی بازیابی					
سال بازیابی	۳ ساله	۵ ساله	۷ ساله	۱۰ ساله	۱۵ ساله	۲۰ ساله
	نرخ استهلاک، ٪					
۱	۳۳/۳۳	۲۰/۰۰	۱۴/۲۹	۱۰/۰۰	۵/۰۰	۳/۷۵۰
۲	۴۴/۴۵	۳۲/۰۰	۲۴/۴۹	۱۸/۰۰	۹/۵۰	۷/۲۱۹
۳	۱۴/۸۱	۱۹/۲۰	۱۷/۴۹	۱۴/۴۰	۸/۵۵	۶/۶۷۷
۴	۷/۴۱	۱۱/۵۲	۱۲/۴۹	۱۱/۵۲	۷/۷۰	۶/۱۷۷
۵		۱۱/۵۲	۸/۹۳	۹/۲۲	۶/۹۳	۵/۷۱۳
۶		۵/۷۶	۸/۹۲	۷/۳۷	۶/۲۳	۵/۲۸۵
۷			۸/۹۳	۶/۵۵	۵/۹۰	۴/۸۸۸
۸			۴/۴۶	۶/۵۵	۵/۹۰	۴/۵۲۲
۹				۶/۵۶	۵/۹۱	۴/۴۶۲
۱۰				۶/۵۵	۵/۹۰	۴/۴۶۱
۱۱				۳/۲۸	۵/۹۱	۴/۴۶۲
۱۲					۵/۹۰	۴/۴۶۱
۱۳					۵/۹۱	۴/۴۶۲
۱۴					۵/۹۰	۴/۴۶۱
۱۵					۵/۹۱	۴/۴۶۲
۱۶					۲/۹۵	۴/۴۶۱
۱۷						۴/۴۶۲
۱۸						۴/۴۶۱
۱۹						۴/۴۶۲
۲۰						۴/۴۶۱
۲۱						۲/۲۳۱

† منبع: © 2002 CCH Incorporated. All Rights Reserved. Reprinted with permission from 2000 *U.S. Master Tax Guide.*

ضرورت دارد مهندس طراح با قوانین و آیین‌نامه‌های حاکم بر انواع کارخانه‌ها و فرآیندهایی که در طراحی‌ها با آنها سر و کار دارد آشنا باشد. در صورت بروز حادثه، قصور در انطباق و هماهنگی با قوانین موجود، عامل مهمی در ایجاد مسئولیت حقوقی و قانونی است. البته پیروی از قوانین موجود، برای غیرمجاز بودن مسئولیت و تعهد قانونی کفایت نمی‌کند. پیش از آنکه یک مورد مناسب را بتوان در ارتباط با غیرمجاز شمردن مسئولیت قانونی ارایه کرد، لازم است تمام موارد ایمنی شناخته شده در آن گنجانده شود و دقت قابل ملاحظه‌ای در عملیات کامل به‌عمل آمده باشد.

به‌دلیل رشد آگاهی عمومی در مورد تعهدات تولیدکنندگان، در سال‌های اخیر تعهد در مورد ایمنی محصول یکی از نگرانی‌های مهم تولیدکنندگان شده است. بررسی محصول و نصب برچسب‌های هشدار روی محصول حداقل کاری است که قبل از توزیع محصول باید انجام شود.

انواع بیمه. برای مقابله با ضررهای مالی یا هزینه‌های مربوط به‌تعهدات قانونی بیمه‌های مختلفی تشکیل شده است. علی‌رغم تمام احتیاط‌ها، همیشه احتمال یک حادثهٔ پیش‌بینی نشده که باعث تغییر ناگهانی در وضعیت مالی شرکت شود وجود دارد، و با بیمه کردن و مدیریت مناسب می‌توان از بروز این‌گونه حوادث جلوگیری کرد.

ملزومات و ضروریات اصلی بیمه در عرصهٔ ساخت و تولید را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد:

۱. ***بیمهٔ آتش‌سوزی و سایر حوادث غیرمترقبه.*** برای ساختمان‌ها، تجهیزات، و سایر دارایی‌ها به کار می‌رود. رعد و برق، باد، طوفان، سیل، تصادفات خودروها، انفجار، زلزله و سایر اتفاقات مشابه عوامل بروز این‌گونه حوادث هستند.

۲. ***بیمهٔ مسئولیت مدنی.*** موارد زیر را دربر می‌گیرد: صدمات بدنی و خسارات مالی در تمام عملیات نظیر آنچه در خودروها، آسانسورها، و فعالیت‌های جذاب، دستاوردهای هوانوردی، یا هر فعالیت شرکتی که در خارج از محوطهٔ کارخانه انجام می‌شود.

۳. ***بیمهٔ توقف کار یا توقف عملیات.*** ضرری که به‌علت توقف فعالیت اقتصادی در اثر آتش‌سوزی یا سایر موارد اضطراری اتفاق می‌افتد ممکن است بیش از هر ضرر مالی دیگری باشد. در نتیجه بیمه شدن در مقابل این نوع وقفه در کار تجاری بسیار اهمیت دارد.

۴. خطرات کارخانهٔ برق، ماشین‌آلات، و فعالیت‌های خاص

۵. بیمهٔ جبرانی کارگران

۶. بیمهٔ حمل و نقل زمینی و دریایی برای تمام اموالی که در راه هستند.

۷. پوشش کامل بیمه در امور جنایی

۸. بیمهٔ ترفیعات و مزایای کارگران، شامل عمر، بستری در بیمارستان، تصادف، بهداشت، اموال شخصی، و حقوق بازنشستگی.

۹. تعهدات مربوط به‌محصول یا بیمهٔ محصولات

خودبیمه‌گری

از آنجا که پرداخت مطالبات به‌وسیلهٔ شرکت‌های بیمه، فقط ۵۵ تا ۶۰ درصد از هر دلار مبلغ اضافی است که آنها دریافت می‌کنند، به‌همین دلیل برخی اوقات برای کاهش هزینهٔ بیمه از خودبیمه گری استفاده می‌شود. تصمیم‌گیری در مورد خرید بیمه یا خودبیمه گری نیاز به‌ایجاد توازن بین پس‌اندازهای ممکن در مقابل احتمال ضررهای هنگفت دارد. پیچیدگی‌های مالیاتی هم باید به‌خوبی مدنظر قرار گیرند، زیرا پرداخت حق بیمه استاندارد و معمولی می‌توانند معاف از مالیات شوند در حالی که مبالغ پرداختی به‌حساب خودبیمه گری معمولاً از پرداخت مالیات معاف نمی‌شوند. نوع و مقدار حق بیمه‌ای که باید پرداخت شود براساس سیاست‌های کلی شرکت تعیین می‌شود. البته باید دانست که برای طراحی یک بیمهٔ مناسب نیاز به‌افرادی است که از تمام جوانب بیمه همچون مشکلات عملیات تولید آگاهی داشته باشند.

فهرست علایم و اختصارات

A = سری‌های یکنواخت؛ سری‌های ثابت، گردش وجوه نقد در پایان سال، دلار

A_j = گردش وجه نقد در سال j، دلار

$\overline{A}$ = گردش وجه نقد پیوسته برای N سال با نرخ ثابت، دلار

c_{oj} = خروجی هزینهٔ عملیات در سال j، شامل تمام هزینه‌ها به‌جز استهلاک، دلار

d = مقدار استهلاک روش خط مستقیم، دلار

d_j = استهلاک در سال j، دلار

F = مقدار آینده یا ارزش آیندهٔ پول، دلار

i = نرخ بهره براساس مدت زمان یک دوره بهره، ۱۰۰/ درصد

i_{eff} = نرخ بهرهٔ مؤثر که تعریف آن این‌گونه است: نرخ بهره با مرکب شدن سالانه که مقداری برابر با بهرهٔ یک سال به‌دست می‌دهد که این تعداد در مدت یک سال با یک دورهٔ مرکب شدن دیگر حاصل شده است، ۱۰۰/ درصد

I = مقدار بهرهٔ حاصل از یک دورهٔ زمانی، دلار به‌ازای یک دوره

I_j = مقدار بهرهٔ پرداختی در دورهٔ j، دلار به‌ازای یک دوره

j = دورهٔ زمانی ویژه، زمان

L = مقدار ثابت بازپرداخت وام در یک دوره، دلار به‌ازای یک دوره

m = تعداد دوره‌های بهره در سال، بدون بُعد

N = کل تعداد دوره‌های زمانی بهره، بدون بُعد

n = دورهٔ بازیابی، استهلاک خط مستقیم، سال

p_j = مقدار بازپرداخت اصل سرمایه در دورهٔ j، دلار به‌ازای یک دوره

p_m = مقدار بازپرداخت اصل سرمایه در دورهٔ m، دلار به‌ازای یک دوره

P = اصل سرمایه یا ارزش فعلی، دلار

P_{j-1} = مقدار باقیماندهٔ اصل سرمایه پس از $j-1$ پرداخت وام، دلار

P_0 = مقدار اولیهٔ وام، دلار

$\bar{P}$ = نرخ ثابت و پیوستهٔ گردش وجه نقد برای یک سال، دلار در سال

r = نرخ بهرهٔ اسمی ـ برای مرکب کردن غیرسالانه، ۱۰۰/ درصد

s_j = مقدار فروش در سال j، دلار

V = مقدار سرمایهٔ قابل استهلاک، دلار

نماد یونانی

ϕ = نرخ مالیات بر درآمد جزیی، ۱۰۰/ درصد

مسائل

۷ـ۱ اگر ۱۰۰۰۰ دلار با نرخ بهرهٔ اسمی ۶ درصدی به‌طور نیم سال مرکب شود پس از ۱۰ سال چه سرمایه‌ای به‌دست خواهد آمد؟

۷ـ۲ سرمایهٔ اولیهٔ یک برج تقطیر ۵۰۰۰۰ دلار است و عمر مفید آن ۱۰ سال تخمین زده می‌شود. به‌طور مستمر سالانه چقدر باید هزینه کرد تا نرخ بهرهٔ ۶ درصد در پایان ۱۰ سال سرمایه کافی برای جایگزینی برج به‌دست

آید؟ اگر ارزش قراضهٔ برج تقطیر ۵۰۰۰ دلار باشد، در پایان ۵ سال براساس روش خط مستقیم استهلاک، ارزش سرمایه را تعیین کنید.

۷ـ۳ با در نظر گرفتن مجموع پرداخت سالانه ۱۰۰۰۰ دلار به‌مدت ۱۰ سال، مقدار مرکب تجمع‌یافته در پایان ۱۰ سال را در صورتی که پرداخت‌ها (۱) در پایان هر سال؛ (۲) هفتگی؛ (۳) و پیوسته انجام شود مقایسه کنید. نرخ بهرهٔ مؤثر (سالانه) ۸ درصد، و پرداخت‌ها یکنواخت است. برای این سه نوع پرداخت ارزش فعلی را در زمان صفر به‌دست آورید.

۷ـ۴ دو بیان مختلف برای هزینهٔ سرمایه‌گذاری براساس (۱) مرکب شدن سالانه بهرهٔ گسسته؛ (۲) مرکب شدن بهرهٔ پیوسته، ارایه کنید. تعریف هزینهٔ سرمایه‌گذاری عبارت است از مجموع هزینهٔ اولیه C_0 دستگاه یا سرمایه به‌اضافهٔ مقدار P که باید به‌هنگام خریداری دستگاه یا سرمایهٔ اصلی سرمایه‌گذاری شود، به‌گونه‌ای که اگر دستگاه یا سرمایهٔ اولیه در N سال با هزینهٔ C_R جایگزین گردد، ارزش سرمایه برابر است با P به‌اضافهٔ C_R.

۷ـ۵ در یک فرآیند گرمادهی قرار است از یک مبدل حرارتی استفاده شود. قیمت یک نوع مبدل حرارتی استاندارد با ارزش قراضهٔ ناچیز ۲۰۰۰۰ دلار است و عمر مفید آن ۶ سال. نوع دیگری مبدل حرارتی با همان ظرفیت طراحی ۳۴۰۰۰ دلار است ولی عمر مفید آن ۱۰ سال و ارزش قراضهٔ آن ۴۰۰۰ دلار است. نرخ بهرهٔ مرکب مؤثر را در سال ۶ درصد و هزینهٔ جایگزینی هرکدام از مبدل‌ها را برابر با قیمت اولیهٔ آن فرض کنید. با مقایسهٔ هزینهٔ سرمایه‌گذاری هرکدام تعیین کنید کدام‌یک از مبدل‌های حرارتی ارزان‌تر است. برای تعریف هزینهٔ سرمایه‌گذاری به‌مسئلهٔ ۷ـ۴ مراجعه کنید.

۷ـ۶ قیمت خرید و نصب یک تانک ذخیرهٔ جدید ۱۰۰۰۰ دلار است. مدت زمان خدمات‌رسانی این تانک ۱۰ سال تخمین زده شده است. پیشنهاد شده به‌جای خرید تانک جدید یکی از تانک‌های موجود با همان ظرفیت استفاده شود. اگر تانک قدیمی تعمیر شده باشد زمان خدمات‌رسانی آن قبل از تعمیر مجدد ۳ سال است. هیچ‌کدام از تانک‌ها ارزش قراضه ندارند. ارزش پول سالانه با نرخ ۶ درصدی مرکب می‌شود. اگر هزینهٔ سرمایه‌گذاری هر دو تانک یکسان باشد، برای تعمیر تانک موجود چقدر هزینه می‌شود؟ برای تعریف هزینهٔ سرمایه‌گذاری به‌مسئلهٔ ۷ـ۴ مراجعه کنید.

۷ـ۷ کل سرمایهٔ لازم برای یک کارخانهٔ شیمیایی جدید ۲۰ میلیون دلار تخمین زده شده است. ۵۰ درصد هزینهٔ آن از منابع غیرمالی شرکت تأمین می‌شود. نصف سرمایهٔ باقیمانده از یک وام با نرخ بهرهٔ مؤثر ۸ درصدی، و نصف دیگر آن از انتشار سهام که سود آن با نرخ مؤثر ۸ درصدی پرداخت می‌شود، تأمین می‌گردد. نرخ مالیات بر درآمد شرکت ۳۵ درصد درآمد قبل از پرداخت مالیات است. تحت این شرایط شرکت به‌خاطر استفاده از سهام با نرخ سود ۸ درصدی به‌جای اوراق قرضه با نرخ بهرهٔ مؤثر ۶ درصدی چند دلار ضرر می‌کند.

۷ـ۸ پیشنهاد شده که شرکتی یک میلیون دلار از صندوق سرمایه‌اش را در معامله‌ای سرمایه‌گذاری کند که درآمد ناخالص آن یک میلیون دلار در سال خواهد بود. کل هزینه‌های سالانه ۸۰۰۰۰۰ دلار در سال است. در یک

سرمایه گذاری دیگر، شرکت می‌تواند مقدار ۶۰۰۰۰۰ دلار سرمایه گذاری کند و سالانه ۲۲۰۰۰۰ دلار درآمد خالص داشته باشد. استهلاک و مالیات بر درآمد در نظر گرفته نمی‌شود. ۴۰۰۰۰۰ دلار باقیمانده را با نرخ مؤثر ۶ درصد در سال می‌توان وام داد. سرمایه گذاری دوم نسبت به‌سرمایه گذاری اول چقدر سودآورتر است؟

۷ـ۹ سرمایه گذاری ثابت برای یک کارخانهٔ شیمیایی ۲۰ میلیون دلار است. مقدار مالیات سالانهٔ یک درصد سرمایه گذاری ثابت و مالیات بر درآمد ایالتی ۵ درصد درآمد خالص است. سود خالص پس از پرداخت مالیات ۲ میلیون دلاراست و مالیات بر درآمد دولت مرکزی ۳۵ درصد درآمد خالص است. اگر این کارخانه در محلی احداث شود که مالیات آن ۴ درصد سرمایه گذاری ثابت و مالیات بر درآمد ایالتی ۲ درصد درآمد خالص است، در صورتی که سایر هزینه‌ها تغییر نکند درآمد خالص سالانه پس از پرداخت مالیات چقدر خواهد بود؟

۷ـ۱۰ برای بخشی از یک کارخانهٔ شیمیایی روش خودبیمه گری در نظر گرفته شده است. سرمایه گذاری ثابت ۵۰۰۰۰ دلار و هزینهٔ بیمه برای حفاظت کامل ۵۰۰ دلار در سال است. اگر از این روش استفاده شود، سرمایهٔ ذخیره‌شده باید در محدودهٔ اختیارات شرکت قرار گیرد و طبق یک برنامهٔ پرداخت مستمری باید ۴۰۰ دلار در سال به‌این سرمایه اضافه شود. برای کل سرمایه، نرخ سود مرکب ۶ درصد در نظر گرفته می‌شود. اگر از هزینه‌های دفتری صرف‌نظر شود، در آغاز برنامه چقدر پول باید ذخیره شود تا مقدار کافی سرمایه تجمع پیدا کند و بتوان ۵۰۰۰۰ دلار کاهش سرمایه را پس از ۱۰ سال جبران کرد؟

۷ـ۱۱ هزینهٔ اولیه برای نصب یک قطعه از دستگاه ۱۰۰۰۰ دلار است. پس از چهار سال استفاده از دستگاه به‌مبلغ ۷۰۰۰ دلار فروخته شد. شرکتی که این دستگاه را خریداری کرده از روش خط مستقیم برای محاسبهٔ استهلاک استفاده می‌کند. اگر شرکت از روش MACRS برای ۵ سال به‌منظور محاسبهٔ استهلاک استفاده می‌کرد، سرمایه یا ارزش دفتری برای این قطعه در پایان ۴ سال ۱۷۲۸ دلار می‌شد. نرخ مالیات بر درآمد برای شرکت ۳۵ درصد درآمد ناخالص است. مالیات بهرهٔ سرمایه ۲۰ درصد بهره است. شرکت با استفاده از روش MACRS به‌جای روش خط مستقیم، چقدر پس‌انداز خالص به‌دست خواهد آورد؟

۷ـ۱۲ مسئلهٔ ۷ـ۸ را پس از پرداخت مالیات و استهلاک ۲۰ درصد در سال در کل مدت زمان سرمایه گذاری پروژه و با نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد در سال برای درآمد ناخالص مجدداً حل کنید.

۷ـ۱۳ تخمین زده می‌شود یک قطعه از دستگاه که ارزش اسقاطی و قراضهٔ آن ناچیز است دارای دورهٔ ۵ ساله بازیابی با روش MACRS و خط مستقیم باشد. هزینهٔ اولیهٔ دستگاه ۵۰۰۰۰ دلار است. تعیین کنید (۱) هزینهٔ استهلاک برای سال دوم را اگر از روش خط مستقیم استفاده شود و درصدی از سرمایهٔ اولیه را که در دو سال اول پرداخت می‌شود، (۲) هزینهٔ استهلاک در سال پنجم را در صورتی که از مستقیم اصلاح شده بازیابی سریع هزینه (MACRS) استفاده شود، و درصدی از سرمایه گذاری اولیه را که در دو سال اول پرداخت می‌شود.

۷ـ۱۴ کل درآمد و هزینه بدون در نظر گرفتن استهلاک برای یک شرکت شیمیایی به‌ترتیب یک میلیون دلار و

۶۰۰۰۰۰ دلار در سال‌است. در آغاز اولین سال کار شرکت حساب مرکب اموال قابل استهلاک ۸۵۰۰۰۰ دلار است و دورهٔ بازیابی MACRS آن ۵ سال و دورهٔ بازیابی خط مستقیم آن ۹/۵ سال است. سی و پنج درصد سود قبل‌از پرداخت مالیات باید به‌عنوان مالیات بر درآمد پرداخت‌شود. اگر از روش MACRS برای محاسبهٔ استهلاک به‌جای روش خط مستقیم استفاده شود کاهش هزینهٔ مالیات بر درآمد در اولین سال چقدر است؟

۷ـ۱۵ کل ارزش یک کارخانهٔ گاز طبیعی مایع شده (LNG)، ۱۰ میلیون دلار است. جواز احداث این کارخانه گرفته شده و براساس آن کاهش ۶۰ درصد هزینهٔ کارخانه در ۵ سال اول مجاز است. برای تراز سرمایهٔ کارخانه لازم است دورهٔ کاهش سرمایه ۱۰ سال باشد. با استفاده از روش استهلاک خط مستقیم و با این فرض که قیمت اسقاطی و قراضه ناچیز است، کل هزینهٔ لازم برای سال اول را تعیین کنید. اگر از روش استهلاک MACRS (برای این نوع کارخانه دورهٔ بازیابی ۱۵ ساله به کار می‌رود) استفاده شود کل هزینهٔ استهلاک در سال اول چقدر خواهد بود؟

۷ـ۱۶ یک شرکت کوچک از روش واحد تولید[1] برای محاسبهٔ استهلاک استفاده می‌کند. ارزش اولیهٔ سرمایه ۱۱۰۰۰۰ دلار است. تخمین زده شده که قبل از آنکه ارزش اسقاطی و قراضه صفر شود شرکت ۱۱۰۰۰ واحد از محصول تولید کند؛ هزینهٔ استهلاک به‌ازای هر واحد تولید شده ۱۰ دلار است. این دستگاه در سال اول ۲۰۰ واحد تولید می‌کند و نرخ تولید در ۴ سال اول هر سال دو برابر می‌شود. نرخ تولید به‌دست آمده در سال چهارم ثابت نگه داشته می‌شود تا قیمت دستگاه تسویه شود. اگر از روش خط مستقیم براساس همین دورهٔ زمانی استفاده شده بود، هزینهٔ استهلاک سالانه چقدر می‌شد؟

۷ـ۱۷ یک قطعه آزمایشگاهی ۳۵۰۰۰ دلار خریداری شده و تخمین زده می‌شود ۵ سال از آن استفاده شود و ارزش اسقاطی آن ۵۰۰۰ دلار باشد. استهلاک سالانه مجاز و ارزش دفتری در پایان هر سال را با استفاده از (۱) روش استهلاک خط مستقیم، (۲) روش MACRS با دورهٔ بازیابی ۵ ساله، (۳) روش استهلاک مجموع ارقام†، به‌صورت جدول در آورید.

۷ـ۱۸ یک قطعه از دستگاهی با هزینهٔ اولیهٔ ۱۰۰۰۰ دلار و بدون ارزش اسقاطی، اگر با روش مجموع ارقام مستهلک شود مجاز است ۲۳۸۱ دلار در سال دوم دورهٔ خدمات‌رسانی مستهلک شود. از چه دورهٔ بازیابی استفاده شده است؟

1- Unit-of-production

† روش مجموع ارقام (sum-of-the-digits) در کتاب زیر توصیف شده است:

M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1991, p. 283.

فصل

۸

سودآوری، سرمایه‌گذاری‌های جانشین و جایگزین‌ها

پروژه‌ای جدید مثل ساخت یک کارخانهٔ شیمیایی نیاز به‌تعهد یا تضمین سرمایه دارد. تصمیم‌گیری در این مورد براساس عوامل زیادی انجام می‌شود. در بخش خصوصی یک سیستم اقتصادی سرمایه‌داری، شاید حصول سود اقتصادی مهمترین این عوامل باشد. سایر عواملی که نقش عمده‌ای در این تصمیم‌گیری ایفا می‌کنند عبارتند از: در دسترس بودن سرمایه، وضعیت بازار، بهداشت، ایمنی، و موارد زیست‌محیطی، تجربهٔ کارکنان و نیاز به‌تغییرات. البته این عوامل در این فصل مورد بررسی اقتصادی قرار نگرفته‌اند.

منابع لازم برای انجام یک پروژه همیشه محدود است. بنابراین، منابع موجود باید به گونه‌ای مناسب و مؤثر مورد استفاده قرار گیرند. سرمایه گذار آن دسته از سرمایه گذاری‌ها را انتخاب می‌کند که انتظار حداکثر برگشت سرمایه در آن وجود داشته باشد.

یک پیشنهاد سرمایه گذاری باید از جهت امکان‌پذیری اقتصادی مورد ارزیابی قرار گیرد. یک پروژهٔ فنی جدید، نیاز به‌مطالعهٔ طراحی دارد. در این مطالعه مشخصاتی ارایه می‌شود که براساس آن برآوردهای هزینه صورت می‌گیرد. این برآوردهای هزینه به‌اطلاعاتی که برای ارزیابی مراحل اقتصادی پروژه به کار می‌روند تبدیل می‌گردند. در این فصل اصول و روش‌های مورد استفاده در ارزیابی اقتصادی توضیح داده می‌شود. اگرچه، این ارزیابی‌های اقتصادی اطلاعاتی را فراهم می‌کنند که لزوماً برای تصمیم‌گیری دربارهٔ چگونگی استفاده از این منابع محدود کافی نیست.

در تحلیل‌های اقتصادی از چندین روش مختلف برای محاسبهٔ سودآوری استفاده می‌شود. اصول روش‌هایی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند ارایه شده و مقیاس‌ها نیز تعریف شده‌اند. همچنین ملاحظاتی که در هر روش باید صورت گیرد مرور شده است. به‌هنگام تصمیم‌گیری دربارهٔ تأمین منابع یک پروژه، پیش‌بینی عملکرد پروژه در آینده و همچنین شرایط اقتصادی و سایر شرایط مربوط به‌آن در

آینده باید مبنا قرار گیرند. با توجه به‌اینکه وضعیت آینده را نمی‌توان به‌طور دقیق پیش‌بینی کرد، همیشه در سرمایه گذاری قدری عدم قطعیت وجود دارد. اما بسته به‌نوع سرمایه گذاری این عدم قطعیت محدودهٔ وسیعی را در بر می‌گیرد.

اوراق قرضهٔ دولتی نسبت به‌سهام خطر اقتصادی کمتری دارند؛ سرمایه گذاری در یک فرآیند شیمیایی با یک بازار فروش خوب و اشباع نشده خطر کمتری نسبت به‌سرمایه گذاری در یک فرآیند امتحان نشده که یک محصول جدید تولید می‌کند دارد. از طرف دیگر سرمایه گذاری با خطر بیشتر معمولاً وعدهٔ سود بیشتری را می‌دهد. در این فصل امکان ریسک کردن و به‌خطر انداختن سرمایه در ارزیابی‌های اقتصادی بررسی می‌شود.

حتی در مراحل تحقیق و توسعه مفهوم فرآوری مادهٔ شیمیایی جدید، طراحی کارخانه و ارزیابی اقتصادی می‌توانند مفید باشند. این مطالعات لزوماً تقریبی خواهند بود، اما از حیث ظرفیت و پتانسیل اقتصادی پروژه می‌توانند راهنمای سودمندی باشند. به‌علاوه این مطالعات می‌توانند بخش‌هایی از فرآیند که در آنها صرفه‌جویی‌های عمده قابل انتظار است و در واقع جاهایی که تحقیق و توسعه باید بر آن متمرکز شود را مشخص کنند.

در ارزیابی اقتصادی یک پروژهٔ خاص، همیشه کاربردهای دیگری برای منابع وجود دارد. برای مثال سرمایهٔ موجود را می‌توان در پروژه یا پروژه‌های دیگری به کار برد، یا به‌صورت‌های مختلف مالی نظیر سهام، اوراق قرضه، و حساب‌های پس‌انداز سرمایه گذاری کرد. از آن‌رو که ارزیابی اقتصادی همواره در مورد این سرمایه گذاری‌ها انجام می‌شود، روش‌های ارزیابی امکان مقایسهٔ منطقی این سرمایه گذاری‌ها را به‌وجود می‌آورد. چندین روش در این فصل مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین راهکار جایگزین کردن تجهیزات برای روشن شدن این معیارهای اقتصادی بازنگری شده است.

استانداردهای سودآوری

در فرآیند تصمیم‌گیری برای سرمایه گذاری، سودی که از یک سرمایهٔ پیش‌بینی می‌شود باید براساس بعضی از استانداردهای سودآوری داوری شود. استاندارد سودآوری یک معیار کمی محاسبهٔ سود بر مبنای سرمایه گذاری لازم برای به‌دست آوردن یک سود مشخص است.

هدف نهایی هر سرمایه گذاری سود است، ولی بیشینه کردن سود یک استاندارد سودآوری ناکافی است. مقدار سود باید نسبت به‌میزان سرمایه قضاوت شود. برای مثال فرض کنید دو فرصت سرمایه گذاری کاملاً یکسان وجود داشته باشد. یکی از اینها نیاز به‌سرمایه گذاری ۱۰۰۰۰۰ دلار داشته و سودی معادل با

۱۰۰۰۰ دلار در سال خواهد داشت، در حالی که دومی نیاز به‌یک میلیون دلار سرمایه گذاری و میزان سود سالانه آن ۲۵۰۰۰ دلار است. در حالی که سرمایه گذاری دوم سود سالانهٔ بیشتری نسبت به‌اولی دارد، نرخ بازگشت سرمایهٔ آن تنها (۱۰۰) (۲۵۰۰۰/۱۰۰۰۰۰۰) یا ۲/۵ درصد است، در حالی که این میزان برای اولی ۱۰ درصد است. اگر شخصی یک میلیون دلار سرمایه داشته باشد و آن را در هیچ جای دیگری نتواند سرمایه گذاری کند، ممکن است دومین سرمایه گذاری را انتخاب کند. اگرچه، چون سرمایه گذاری‌های قابل اطمینان دیگری نیز وجود دارند مثل اوراق قرضه، که برگشت سرمایهٔ سالانه بیشتر از ۲/۵ درصد دارند، سرمایه گذاری دوم جذاب نیست. در این حالت سرمایه گذاری ۱۰۰۰۰۰ دلار اولی با این فرض که میزان خطر آن از سرمایه گذاری دوم بیشتر نباشد توصیه می‌شود و می‌توان ۹۰۰۰۰۰ دلار باقیمانده را در سرمایه گذاری مطمئن دیگری به کار برد و میزان برگشت سرمایهٔ بیشتری به‌دست آورد.

ارزش سرمایه

ارزش سرمایه مبتنی بر تجربهٔ شرکتی معمولاً به‌عنوان مبنایی برای استاندارد سودآوری به کار می‌رود. ارزش سرمایه مقدار پرداختی است که برای استفاده از سرمایه‌هایی نظیر اوراق قرضه، سهام و وام هزینه می‌شود. ارزش سرمایه پس از پرداخت مالیات بر درآمد با در نظر گرفتن مقدار هریک از این منابع خارجی و با توجه به کسری از سرمایهٔ کل که به‌هر یک اختصاص دارد به‌دست می‌آید. سود اوراق قرضه و بهرهٔ وام مقادیری قراردادی هستند و به‌عنوان هزینهٔ تجارت در نظر گرفته می‌شوند. توجیه استفاده از سرمایه به‌عنوان استاندارد عمومی سودآوری این است که هر پروژه حداقل باید قادر باشد سود این منابع خارجی را بازپرداخت کند.

حداقل نرخ بازگشت قابل قبول

یکی از استانداردهای متداول سودآوری، حداقل نرخ بازگشت قابل قبول است (یا حداقل نرخ بازگشت مورد نظر، یا MARR)[1]. حداقل نرخ بازگشت قابل قبول نرخی است که باید از یک سرمایه گذاری ثابت به‌دست آید تا سرمایه گذار را راضی کند. نماد m_{ar} از این به‌بعد به‌عنوان حداقل نرخ بازگشت قابل قبول به کار می‌رود و به‌صورت کسری در سال و اغلب به‌صورت درصد سالانه بیان می‌شود. معمولاً m_{ar} بر مبنای بیشترین نرخی که از سرمایه گذاری‌های بدون خطر مثل اوراق قرضهٔ شرکت‌ها، اوراق قرضهٔ دولتی، و وام‌ها به‌دست می‌آید بیان می‌گردد. دلیل این انتخاب این است که سرمایه گذاری در یک پروژه باید حداقل نرخ درآمدی معادل با بیشترین مقدار سود در یک سرمایه گذاری بدون خطر برای یک شرکت

1- Minimum acceptable rate of return

را داشته باشد. ارزش سرمایه را می‌توان به‌عنوان مبنای یک سرمایه گذاری دیگر که از آن حداقل نرخ بازگشت قابل قبول به‌دست می‌آید به کار برد. سپس مقدار اصلی و مطمئن انتخاب شده برای m_{ar} به‌طور معمول برای محاسبهٔ عدم قطعیت‌های موجود در یک پروژهٔ جدید به کار گرفته می‌شود. با توجه به‌رفتار ناشناختهٔ یک تجارت جهانی در آینده به‌عدم قطعیت در وضعیت آینده قیمت‌ها و وضعیت محصول خاص، همواره در سرمایه گذاری یک پروژه مخاطراتی وجود دارد. در مواقعی که بیشتر سرمایه برای خرید تجهیزات و ساخت کارخانه انجام می‌شود، میزان خطر سرمایه گذاری افزایش می‌یابد؛ چون این سرمایه‌ها به‌آسانی قابل برگشت نیستند. بنابراین تجربه نشان می‌دهد که باید ارزش مطمئن و امنی برای سرمایه در نظر گرفت و نرخ بازگشت طوری انتخاب شود که حداقل نرخ بازگشت قابل قبول متناسب با میزان خطر باشد. برای انجام این کار هیچ فرمولی ارایه نشده است. جبران خطرپذیری یک داوری است که مدیریت ارشد یک مجموعه باید انجام دهد. در زیر برای انجام چنین سطوحی از جبران خطر رهنمودهایی ارایه شده است.

فرض کنید ارزش سرمایهٔ یک شرکت مطابق جدول ۷ ـ ۱ باشد و میزان آن پس از پرداخت مالیات ۸ درصد در سال است. از این نرخ بازگشت مطمئن به‌عنوان m_{ar} برای شرکت می‌توان استفاده کرد. اگر مقدار ۸ درصد در سال به‌عنوان نرخ درآمد پس از پرداخت مالیات برای کل سرمایه گذاری پروژه شامل سرمایه گذاری‌های شرکت و منابع خارجی در نظر گرفته شود، برای پرداخت سود و بهرهٔ سهام و منابع سرمایهٔ خارجی و تأمین درآمدی برای سرمایه گذاری شرکت، سرمایهٔ کافی وجود خواهد داشت. این میزان درآمد برای مدیریت و یا سهامداران راضی‌کننده نیست. در صورتی که نرخ پایه به‌میزان مناسبی افزایش یابد که با وجود خطر برای سرمایه گذاری جاذبه ایجاد کند، به‌این وسیله می‌توان از m_{ar} در ارزیابی‌های پروژه استفاده کرد.

ارزش سرمایه و نرخ درآمدها برای سرمایه گذاری‌های دیگر معمولاً به‌صورت منفرد و در پایان سال پس از پرداخت مالیات به‌صورت درصدی از سرمایه به‌دست آمده یا سرمایه گذاری شده محاسبه می‌شوند. در پروژه‌ها این مقدار معادل حاصل تقسیم سود خالص بر کل سرمایه گذاری است.

درجه‌های مختلفی از خطر و مقادیر متناظر m_{ar} در جدول ۸ ـ ۱ ارایه شده است. این پیشنهادها در صورت عدم وجود هرگونه راهنمای دیگری قابل استفاده هستند و از نرخ‌های بازگشت منابع گوناگون به‌دست آمده‌اند.†

---

† M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1991; R. H. Perry and D. W. Green, eds., *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 7th ed., McGraw-Hill, New York, 1997; and W. D. Baasel, *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*, 2d ed., Van Nostrand and Reinhold, New York, 1990.

جدول ۸ ـ ۱ مقادیر پیشنهادی برای خطر و حداقل بازگشت سرمایهٔ قابل قبول سرمایه

شرح سرمایه گذاری	سطح و میزان خطر	حداقل بازگشت قابل قبول m_{ar} (پس از پرداخت مالیات)، سال/درصد
مبنا: فرصت‌های سرمایه‌گذاری مطمئن شرکت یا هزینهٔ سرمایه‌گذاری	مطمئن	۸ ـ ۴
ظرفیت جدید با وضعیت بازار مشخص	پایین	۱۶ ـ ۸
محصول جدید که به‌بازار عرضه می‌شود، یا یک فناوری جدید فرآیندی	متوسط	۲۴ ـ ۱۶
محصول یا فرآیند جدید در یک کاربرد نو	بالا	۳۲ ـ ۲۴
هر چیز جدید که نیاز به‌تحقیق و توسعه و بازاریابی زیادی داشته باشد	خیلی بالا	+۴۸ ـ ۳۲

محصولات جدید که در زمینهٔ تحقیق و توسعه و آزمایش قبل از تعیین آینده‌شان به‌سرمایه گذاری بیشتری نیاز دارند، مثل محصولات بیوتکنولوژی، حداقل بازگشت سرمایهٔ قابل قبول ممکن است بیشتر از مقادیر موجود در جدول باشد مخصوصاً وقتی که در مراحل اولیه مطالعات پروژه باشیم.

روش‌های محاسبهٔ سودآوری

محاسبهٔ سودآوری معمولاً به کمک یکی از روش‌های زیر انجام می‌شود. روش‌هایی که ارزش زمانی پول را در نظر نمی‌گیرند عبارتند از: نرخ بازگشت سرمایه، دورهٔ زمانی بازگشت[1]، و بازگشت خالص[2]. روش‌هایی که ارزش زمانی پول را منظور می‌کنند شامل نرخ بازگشت تنزیلی وجوه نقد،[3] و ارزش فعلی خالص[4] می‌باشند. فهرست موجود شامل روش دورهٔ زمانی برگشت نزولی وجوه نقد در گردش[5] نمی‌شود، چون به‌ندرت به کار می‌رود. از طرف دیگر روش بازگشت خالص به‌طور گسترده مورد استفاده قرار نمی‌گیرد ولی دارای ویژگی‌های مفیدی است که ترکیب آن با سایر روش‌ها را تضمین می‌کند. جدول ۸ ـ ۲ نتایج بررسی‌های اخیر در مورد استفاده از این روش‌ها را در تحلیل‌های اقتصادی نشان می‌دهد.

جدول ۸ ـ ۲ بیان می‌دارد که تفاوت‌های روش شناختی بین شرکت‌های بزرگ و کوچک وجود دارد و همچنین نشان می‌دهد که شرکت‌های بزرگ معمولاً بیش از یک روش را به کار می‌گیرند.

1- Payback Period
2- Net return
3- Discounted cash flow rate of return
4- Net present worth
5- Discounted cash flow payback period

جدول ۸ ـ ۲ استفاده از مقادیر سودآوری†

روش ارزیابی	درصد استفاده	
	شرکت‌های کوچک	شرکت‌های بزرگ
دورهٔ زمانی بازپرداخت	۴۳	۵۲
بازگشت سرمایه	۲۲	۳۴
ارزش خالص فعلی	۱۶	۸۰
نرخ بازگشت گردش	۱۱	۷۸
وجوه نقد نزولی		

† E. J. Farragher, R. T. Kleiman, and A. P. Sahu, *Eng. Econ.*, 44(2): 137 (1999).

روش‌هایی که ارزش زمانی پول را در نظر نمی‌گیرند

در روش‌هایی که ارزش زمانی پول را در نظر نمی‌گیرند مهم نیست در ارزیابی‌ها از چه برنامهٔ زمانی برای استهلاک استفاده شود. بنابراین برای سهولت معمولاً از روش استهلاک خط مستقیم استفاده می‌کنند. هر دورهٔ زمانی استهلاک که معادل یا کمتر از دورهٔ زمانی ارزیابی باشد برای ارزیابی‌ها مناسب است، اگرچه برای تعیین مالیات بر درآمد باید از دورهٔ زمانی بازیابی مشخص شده توسط قانون درآمد داخلی[1] (IRS) استفاده کرد.

بازگشت سرمایه (ROI). این روش محاسبهٔ سودآوری به‌صورت نسبت سود به‌سرمایه گذاری تعریف می‌شود. اگرچه امکان استفاده از روش‌های مختلف سود و سرمایه وجود دارد، ولی معمول‌ترین آنها به کارگیری سود خالص و کل سرمایه گذاری است که به‌صورت زیر بیان می‌گردد:

$$ROI = \frac{N_p}{\mathcal{T}} \qquad (۸ ـ ۱ \text{ الف})$$

در این‌رابطه، ROI بازگشت سالانهٔ سرمایه گذاری است که به‌صورت کسر یا درصد سالیانه بیان می‌شود، N_p سود خالص سالانه و $\mathcal{T}$ کل سرمایه گذاری است. این تعریف با روشی که مقادیر m_{ar} در جدول ۸ ـ ۱ تعریف شده توافق دارد. بعضی اوقات از سود ناخالص قبل از پرداخت مالیات و یا گردش وجوه نقد به‌جای سود خالص استفاده می‌کنند. به‌جای کل سرمایه گذاری می‌توان از سرمایه گذاری ثابت نیز استفاده نمود. سیاست‌های شرکت یا ارجحیت مورد نظر تحلیل‌گر منبع، تعیین‌کنندهٔ گزینهٔ انتخابی خواهد بود.

سود خالص یک پروژه در سال‌های مختلف معمولاً یکسان نیست. در این حالت هیچ سالی لزوماً

1- Internal Revenue Service

بیانگر کل عمر پروژه نخواهد بود؛ بنابراین علاوه‌بر این، چنانچه به‌هنگام اجرای پروژه، سرمایه گذاری افزایش یابد، در این صورت سرمایه گذاری کل هم دستخوش تغییر می‌گردد.

سئوالی که مطرح می‌شود این است که در معادلهٔ (۸ ـ ۱ الف) چه مقداری به‌عنوان سود خالص در نظر گرفته شود. راهکار پیشنهادی به کار بردن ROI متوسط در طول عمر پروژه است که از معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$ROI= \frac{(1/N)\sum_{j=1}^{N}(N_{p,j})}{\sum_{j=-b}^{N}(\text{₮}_j)} \qquad (۸ ـ ۱ ب)$$

در رابطهٔ فوق، N دورهٔ زمانی ارزیابی، $N_{p,j}$ سود خالص در سال j ، b- سالی است که در آن اولین سرمایه گذاری پروژه انجام شده و نسبت به‌زمان راه‌اندازی که زمان صفر در نظر گرفته می‌شود محاسبه می‌گردد، و ₮_j کل سرمایه گذاری در سال jام است. توجه کنید که منظور از $j > 0$ هر زمانی پس از اولین سرمایه گذاری است، ₮_j ممکن است گاهی صفر باشد و یا در مقایسه با سرمایه گذاری اولیه کوچک باشد، و در نتیجه مخرج کسر برابر کل سرمایه گذاری اولیه و معادله ۸ ـ ۱ ب به‌صورت زیر ساده می‌شود:

$$ROI= \frac{(1/N)\sum_{j=1}^{N}(N_{p,j})}{\text{₮}} = \frac{N_{p,ave}}{\text{₮}} \qquad (۸ ـ ۱ ج)$$

که $N_{p,ave}$ مقدار متوسط سود خالص در دورهٔ ارزیابی است.

مقدار ROI به‌دست آمده از هریک از سه معادلهٔ قبل را می‌توان مستقیماً با m_{ar} داده شده یا انتخاب شده از جدول ۸ ـ ۱ مقایسه کرد. اگر ROI بیشتر یا برابر با حداقل نرخ بازگشت قابل قبول باشد آنگاه پروژهٔ نرخ بازگشت رضایت‌بخشی خواهد داشت. اگر این‌چنین نباشد در نتیجه پروژه قابل قبول نبوده و سرمایه گذاری از طریق وام‌گیری یا سرمایه گذاری شرکتی مناسب نیست.

مدت زمان بازپرداخت. مدت بازپرداخت یا دورهٔ زمانی بازپرداخت معیار سودآوری است که عبارت است از مدت زمان لازم برای بازپرداخت کل سرمایه گذاری. در این محاسبات معمولاً از سرمایه گذاری ثابت اولیه و گردش وجوه نقد سالانه استفاده می‌شود. بنابراین

$$PBP= \frac{V+A_x}{A_j} \qquad (۸ ـ ۲ الف)$$

PBP مدت زمان بازپرداخت برحسب سال، V هزینهٔ ثابت تولید، A_x هزینه‌های ثابت غیرتولیدی، $V+A_x$ سرمایه گذاری ثابت و A_j گردش وجوه نقد سالانه است. PBP بیانگر زمان لازم برای ایجاد

گردش وجوه نقد معادل با سرمایه گذاری ثابت اولیه است. با عنایت به‌این حقیقت که معمولاً گردش وجوه نقد سال به‌سال تغییر می‌کند این سئوال مطرح می‌شود که کدام مقدار سالانه را باید به کار برد. می‌توان یک سال خاص را انتخاب کرد، یا متوسط مقادیر A_j را به کار برد تا معادلهٔ زیر به‌دست آید:

$$PBP = \frac{V + A_x}{(1/N)\sum_{j=1}^{N}(A_j)} = \frac{V + A_x}{(A_j)_{ave}} \qquad (۸ـ۲ب)$$

PBP به‌دست آمده از معادلهٔ ۸ـ۲ الف یا ۸ـ۲ ب، باید با PBP حاصل از حداقل نرخ بازگشت قابل قبول مقایسه شود. چون $V + A_x$ تقریباً برابر $0.85\mathrm{T}$[†] و $(A_j)_{ave}$ برابر با $m_{ar}\mathrm{T} + 0.85\mathrm{T}/N = N_{p,ave} + d_{j,ave}$ است:

$$PBP = \frac{0.85\mathrm{T}}{m_{ar}\mathrm{T} + 0.85\mathrm{T}/N} = \frac{0.85}{m_{ar} + 0.85/N} \qquad (۸ـ۲ج)$$

وقتی مدت بازپرداخت یک پروژه کمتر یا معادل با مقدار مرجع به‌دست آمده از معادلهٔ ۸ـ۲ ج باشد، پروژه رضایت‌بخش است.

بازپرداخت خالص[1]. از دیگر معیارهای اندازه گیری سودآوری آن است که مقدار گردش وجه نقد بیشتر از مقدار لازم برای تأمین حداقل نرخ بازگشت قابل قبول و بازیابی کل سرمایه باشد. این مقدار با کم کردن مقدار کل درآمد به‌دست آمده در وضعیت حداقل نرخ بازگشت قابل قبول و یا کل سرمایه گذاری از کل جریان پول به‌دست می‌آید. هریک از این مقادیر بیانگر کل مقدار به‌دست آمده در طول مدت دورهٔ ارزیابی است. بازپرداخت خالص از معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$R_n = \sum_{j=1}^{N}(N_{p,j} + d_j + rec_j) - \sum_{j=-b}^{N}\mathrm{T}_j - m_{ar}N\sum_{j=-b}^{N}\mathrm{T}_j \qquad (۸ـ۳الف)$$

R_n بازگشت سرمایه بر حسب دلار، rec_j دلارهای بازیابی شده از سرمایهٔ عملیاتی و فروش دارایی‌های فیزیکی (تجهیزات، ساختمان‌ها، زمین، و غیره) در سال j ام است. با توجه به‌اینکه مجموع d_j به‌اضافهٔ مجموع مقادیر بازیابی شده برابر کل سرمایه گذاری و یا مجموع تعداد T_j است معادله به‌صورت زیر

---

† با فرض اینکه سرمایهٔ عملیاتی برابر $0.15\mathrm{T}$ باشد مقدار ۰/۸۵ به‌دست آمده است.

1- Net Return

ساده می‌شود:

$$R_n = \sum_{j=1}^{N} (N_{p,j} - m_{ar}\left(N \sum_{j=-b}^{N} \text{Ŧ}\right) \qquad (۸-۳ب)$$

وقتی طرفین معادله بر N تقسیم شود:

$$R_{n,ave} = N_{p,ave} - m_{ar}\text{Ŧ} \qquad (۸-۳ج)$$

طرف راست معادله (۸ ـ ۳ الف)، (۸ ـ ۳ ب)، یا (۸ ـ ۳ ج) کل گردش وجه نقد منهای مقدار پول لازم برای بازپرداخت کل سرمایه گذاری و همچنین بیانگر درآمدهایی است که در پایین‌ترین نرخ قابل قبول پیش‌بینی شده‌اند. مقدار مثبت R_n نشان می‌دهد که گردش وجه نقد پروژه عملاً بزرگتر از مقدار مورد نیاز برای بازپرداخت سرمایه است و میزان برگشت به‌اندازه‌ای است که کمترین نرخ قابل قبول را تأمین کند. بنابراین، چنانچه نرخ به‌دست آمده بزرگتر یا بیشتر از حداقل نرخ قابل قبول باشد، نشان‌دهندهٔ سودآوری است. اگر R_n برابر صفر شود نشان می‌دهد که پروژه در حال بازپس دادن سرمایه گذاری بوده و مقدار m_{ar} را تأمین می‌کند. این نتیجه بیانگر نرخ قابل قبولی برای پروژه است. ولی مقدار منفی R_n نشان می‌دهد که میزان بازگشت سرمایه در پروژه کمتر از m_{ar} بوده و بیانگر نرخ‌گذاری نامطلوب می‌باشد. هر چند این روش به‌طور گسترده استفاده نمی‌شود ولی معیار مفیدی برای بهینه‌سازی به‌شمار می‌رود.

مثال ۸ ـ ۱ محاسبهٔ معیارهای سودآوری بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول

بخش تحقیقات یک شرکت بزرگ متخصص در تولید مونومر و پلیمر، محصول جدیدی را تولید و فرموله کرده است. آزمون‌های اولیه نشان داده که این محصول از قابلیت و قدرت چسبندگی و آب‌بندی بسیار مطلوبی برخوردار است و برای به‌هم چسباندن قطعات قدیمی و جدید سیمانی قابل استفاده است. شرکت مزبور پیش‌بینی می‌کند در صورتی که مطالعات مربوط به‌جزییات محصول و بازاریابی با موفقیت انجام شود و خیلی زود وارد بازار شود، یک بازار اساسی و بدون رقیب در عرصهٔ ساخت و تعمیر را نصیب خود خواهد کرد.

مطالعات مقدماتی انجام شده است. پارامترهای اقتصادی تخمین زده شده برای پروژه شامل موارد زیر است:

تولید با ظرفیت ۱۰۰ درصد = 2×10^6 kg/yr

کل سرمایه گذاری فرآیند ناپیوسته = ۲۸ میلیون دلار

سرمایه گذاری ثابت = ۲۴ میلیون دلار

سرمایه گذاری عملیاتی = ۴ میلیون دلار

مجموع هزینه‌های متغیر تولید در ظرفیت کامل = ۵ میلیون دلار در سال

مجموع هزینه‌های ثابت (بدون استهلاک) = ۱ میلیون دلار در سال

سیاست‌های ارزیابی شرکت به‌صورت زیر است:

دورهٔ زمانی بازیابی ۵ سال در نظر گرفته شود، قرارداد نیم‌ساله، استهلاک MACRS با کل روش‌های ارزیابی، از سرمایه‌گذاری عملیاتی و ارزش قراضه صرفه‌نظر کنید، نرخ مالیات بر درآمد را ۳۵ درصد در سال در نظر بگیرید.

دورهٔ زمانی ارزیابی را ۱۰ سال در نظر بگیرید؛ مبنای محاسبات را ۵۰ درصد نرخ خروجی در سال اول، ۹۰ درصد سال دوم، ۱۰۰ درصد در سال‌های بعد قرار دهید.

فرض کنید کل سرمایه‌گذاری در زمان صفر انجام گیرد.

به‌دلیل بالا بودن ضریب خطر، حداقل بازگشت قابل قبول طبق استاندارد سودآوری در ارزیابی اولیه اقتصادی ۳۰ درصد در سال است.

قیمت فروش محصول را که برای به‌دست آوردن m_{ar} لازم است با استفاده از روش‌های بازگشت سرمایه، دورهٔ زمانی بازگشت و بازگشت خالص به‌دست آورید.

■ حل:

ابتدا مقادیر مورد استفاده در محاسبات مربوط به‌معیار ارزیابی را محاسبه کنید.

خلاصهٔ اطلاعات اقتصادی به کار رفته در تحلیل سودآوری

	سال										
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	جمع
الف) درصد زمان عملیات	۵۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
ب) نرخ تولید، $10^6kg/yr	۱	۱/۸	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱۸/۸
ج) کل هزینه‌های متغیر $10^6/yr	۲/۵	۴/۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴۷
د) کل هزینه‌های ثابت (به‌جز استهلاک)، $10^6/yr	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰
ه) استهلاک، $10^6/yr†	۴/۸	۷/۷	۴/۶	۲/۸	۲/۷	۱/۴	۰	۰	۰	۰	۲۴
ی) کل هزینهٔ تولید، (ج + د + ه)، $10^6/yr	۸/۳	۱۳/۲	۱۰/۶	۸/۸	۸/۷	۷/۴	۶	۶	۶	۶	۸۱

† سرمایه‌گذاری ثابت ۲۴ میلیون دلار که در ضریب‌های MACRS از جدول ۷ ـ ۹ ضرب شده است.

بازگشت سرمایه

برای این روش معادلهٔ (۸ ـ ۱ ج) به کار می‌رود؛ بنابراین ابتدا متوسط سود خالص را حساب کنید:

$$N_{p,ave}= \frac{1}{10}[p(18.8)-81](1-0.35)(10^6)=(1.222p-5.265)(10^6)$$

که p قیمت واحد محصول برحسب $/kg است. بنابراین $\mathrm{T} = \$28\times10^6$

$$ROI= 0.30= \frac{(1.222p-5.265)(10^6)}{28\times10^6}$$

با حل کردن معادله برحسب p :

$$p= \frac{0.30(28)+ 5.265}{1.222} = \$11.18/kg$$

دورهٔ زمانی بازگشت

PBP مربوط به ROI ، ۳۰ درصد از معادلهٔ (۸ ـ ۲ ج) به‌دست می‌آید:

$$PBP= \frac{0.85}{0.3+ 0.85/10} = 2.21 \text{ سال}$$

حال از معادلهٔ (۸ ـ ۲ ب) استفاده کنید:

$$2.21= \frac{(24)(10^6)}{p(1.222)(10^6)-(5.265)(10^6)+(2.4)(10^6)}$$

با حل این معادله برحسب p :

$$p= \frac{24/2.21+ 2.865}{1.222} = \$11.23/kg$$

بازگشت خالص

بازگشت خالص از معادلهٔ ۸ ـ ۳ الف به‌دست می‌آید. دقت کنید اگر نرخ بازگشت ثابت باشد قیمت محصول باید به‌میزانی تعیین شود که نرخ بازگشت خالص برابر با صفر شود. بنابراین،

$$0= p(12.22)(10^6)-(52.65)(10^6)+(24)(10^6)-(28)(10^6)-(0.30)(10)(28)(10^6)$$

با حل این معادله برحسب p :

$$p= \frac{52.65-24+ 28+ 84}{12.22} = \$11.51$$

به‌طور خلاصه، از این سه روش نتایج مشابهی به‌دست نمی‌آید، ولی میزان خطای تخمین را هر سه

رعایت می‌کنند. براساس نتایج به‌دست آمده قیمت محصول در محدودهٔ $11.2/kg تا $11.50/kg پیشنهاد مناسبی است، با این فرض که ارزش زمانی پول در نظر گرفته نشود.

روش‌هایی که ارزش زمانی پول را در نظر می‌گیرند

روش‌هایی که ارزش زمانی پولی را در نظر می‌گیرند عبارتند از: ارزش خالص فعلی و نرخ نزولی بازگشت وجوه نقد. این روش‌ها قدرت به‌دست آوردن پول سرمایه گذاری شده به‌وسیلهٔ روش‌های نزولی توصیف شده در فصل ۷ را توضیح می‌دهند. همان‌طور که در جدول ۸ ـ ۲ نشان داده شده، این روش‌ها بیشتر توسط شرکت‌های بزرگ به کار می‌روند. ارزش افزودهٔ بازار، یکی از روش‌های متداول است که معادل روش ارزش خالص فعلی است†، بنابراین در اینجا در مورد آن بحث نمی‌شود.

ارزش خالص فعلی. ارزش خالص فعلی (NPW) عبارت است از کل ارزش فعلی گردش‌های وجوه نقد منهای کل ارزش فعلی سرمایه گذاری، که با معادلهٔ زیر بیان می‌شود

$$NPW = \sum_{j=1}^{N} PWF_{cf,j}\left[(s_j - c_{oj} - d_j)(1-\Phi) + rec_j + d_j\right] - \sum_{j=-b}^{N} PWF_{v,j}\,\text{Ŧ} \qquad (۴ـ۸)$$

NPW ارزش خالص فعلی، $PWF_{cf,j}$ ضریب انتخابی ارزش فعلی (از جدول ۷ ـ ۳، ۷ ـ ۴ یا ۷ ـ ۵) برای گردش وجه نقد در سال jام، s_j ارزش فروش در سال j، c_{oj} کل هزینهٔ محصول بدون استهلاک، $PWF_{v,j}$ ضریب ارزش فعلی مناسب برای سرمایه گذاری در سال jام، Ŧj کل سرمایه گذاری در سال jام است. همراه با ضرایب ارزش فعلی، یک نرخ درآمد هم به‌صورت نرخ نزولی به کار رفته، مشارکت داده شده است. بنابراین ارزش خالص فعلی مقدار پولی است که مازاد بر بازپرداخت کل سرمایه گذاری و درآمدهای حاصل از سرمایه گذاری، با نرخ نزولی به کار رفته در محاسبات ضریب ارزش فعلی، به‌دست آمده باشد.

نرخ نزولی مناسب برای استفاده در روش مرکب کردن گسسته[1]، عبارت است از حداقل نرخ بازگشت قابل قبول یا m_{ar} که از ابتدا به‌عنوان استاندارد ارزیابی انتخاب شده است. برای مرکب کردن پیوسته، نرخ اسمی به کار رفته از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$r_{ma} = \ln(1 + m_{ar}) \qquad (۵ـ۸)$$

که r_{ma} کمترین نرخ اسمی برای مرکب کردن پیوسته است.

† J. C. Hartman, *Eng. Econ.*, 45(2): 158(2000).

1- Discrete compounding

ارزش خالص فعلی، ارزش زمانی پول معادل با بازگشت خالص تعریف شده در معادلهٔ (۸ ـ ۳) است. اگر ارزش خالص فعلی مثبت باشد آنگاه نرخ برگشت پروژه بزرگتر از نرخ نزولی (درآمد) به کار رفته در محاسبات خواهد بود. در مقایسهٔ سرمایه گذاری‌ها، هرچه ارزش خالص فعلی بیشتر باشد به‌همان اندازه سرمایه گذاری مناسب‌تر است. اگر ارزش خالص فعلی برابر با صفر باشد، نرخ برگشت پروژه منطبق با نرخ نزولی خواهد بود. در هریک از این حالات، پروژه در مقایسه با m_{ar} انتخابی، مطلوب تلقی خواهد شد. اگر ارزش خالص فعلی کمتر از صفر باشد، نرخ پروژه نسبت به‌مقدار m_{ar} استاندارد نامناسب به‌شمار خواهد رفت.

نرخ نزولی برگشت وجوه نقد†. نرخ نزولی برگشت وجه نقد یا DCFR[1] عبارت است از مقدار برگشت حاصل از یک سرمایه گذاری، که در آن تمام سرمایه گذاری‌ها و وجوه نقدی به‌صورت نزولی محاسبه می‌شوند. با صفر قرار دادن NPW به‌دست آمده از معادلهٔ ۸ ـ ۴ و حل کردن آن برحسب نرخ نزولی که در رابطهٔ حاصل صدق می‌کند، می‌توان نرخ نزولی برگشت وجوه نقد را به‌دست آورد. بنابراین،

$$0=\sum_{j=1}^{N} PWF_{cf,j}[(s_j-c_{oj}-d_j)(1-\Phi)+rec_j+d_j]-\sum_{j=-b}^{N} PWF_{v,j}\,\text{Ŧ}_j \qquad (۸ ـ ۶)$$

DCFR تنها زمانی اهمیت می‌یابد که نرخ‌های پروژه به‌طور مناسب با مقدار m_{ar} به کار رفته در محاسبهٔ ارزش فعلی مقایسه شود. واضح است که اگر NPW محاسبه‌شده برابر صفر باشد، m_{ar} یا r_{am} به کار رفته همان DCFR است. البته اگر NPW بزرگتر از صفر باشد، DCFR باید از طریق معادلهٔ ۸ ـ ۶ محاسبه شود. چون نرخ نزولی با نمادهای مختلف ظاهر می‌شود، معمولاً امکان حل معادلهٔ نرخ نزولی به‌صورت تحلیلی وجود نداشته و باید از روش‌های حل تکراری استفاده کرد. به‌عنوان راهنما، نرخ بازگشت گردش وجه نقد نزولی باید بزرگتر از m_{ar} یا r_{am} در نظر گرفته شود. بنابراین مقادیر m_{ar} یا r_{am} استفاده شده یک نقطهٔ شروع خوب خواهند بود. اگر NPW مناسب باشد، DCFR لزوماً مناسب بوده و نرخ بازگشت سرمایهٔ واقعی خواهد بود. دو روش ارزش خالص فعلی و DCFR تقریباً همیشه با هم به کار می‌روند.

---

† نام‌های دیگر این روش عبارتند از: نرخ بازگشت داخلی internal rate of return، شاخص سوداوری profitability index، نرخ بازگشت بهره interest rate of return، نرخ بازگشت واقعی true rate of return، نرخ بازگشت سرمایه گذار investor's rate of return.

1- Discounted Cash Flow Rate of Return

مثال ۸ ـ ۲ محاسبهٔ معیارهای سودآوری با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول

با استفاده از همان اطلاعات اقتصادی و سیاست‌های شرکت که در مثال ۸ ـ ۱ ارایه شده، با استفاده از گردش وجه نقد گسسته در پایان سال و مرکب شدن گسسته، ارزش محصول را طوری تعیین کنید که نرخ بهرهٔ مرکب گسسته ۳۰ درصد در سال به‌دست آید. اگر قیمت محصول ۱۱/۵۰ دلار در نظر گرفته شود، میزان نرخ نزولی برگشت وجوه نقد را محاسبه کنید.

■ **حل:**

از آن‌رو که جریانات نقدینه سال به‌سال تغییر می‌کنند، بنابراین باید ضریب کاهش یک سال، یا ضریب ارزش فعلی را برای هر سال به کار برد. باید از ضریب کاهش جدول ۷ ـ ۳ یعنی $(P/F,i,j)=(1+i)^{-j}$ استفاده کرد. چون کل سرمایه گذاری در زمان صفر صورت گرفته، $PWF_{0,j}$ برابر ۱ است. از آنجا که نرخ کاهش ثابت است، ارزش خالص فعلی باید صفر باشد، و می‌توان از معادلهٔ (۸ ـ ۶) استفاده کرد. با جایگزینی نرخ‌های تولید در این معادله نتیجهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$0=\sum_{j=1}^{N}(1+i)^{-j}\{[p(P_{r,j})-c_{oj}-d_j](1-\Phi)+d_j\}-\text{₮}$$

که P_r نرخ تولید برحسب kg/yr است.

توجه داشته باشید که $(c_{oj}+d_j)$ کل هزینهٔ محصول در سال j است. به‌علت ثابت بودن p می‌توان این معادله را به‌شکل ساده‌تر نوشت:

$$0=p\sum_{j=1}^{N}p_{r,j}(1+i)^{-j}(1-\Phi)-\sum_{j=1}^{N}(c_{oj}+d_j)(1+i)^{-j}(1-\Phi)+\sum_{j=1}^{N}d_j(1+i)^{-j}-\text{₮}$$

با حل آن p به‌دست خواهد آمد:

$$p=\frac{\text{₮}+\Sigma_{j=1}^{N}(c_{oj}+d_j)(1+i)^{-j}(1-\Phi)\;\Sigma_{j=1}^{N}-[d_j(1+i)^{-j}]}{\Sigma_{j=1}^{N}[P_{r,j}(1+i)^{-j}(1-\Phi)]}$$

هر یک از این مجموع‌ها در جدول زیر محاسبه شده است؛ سطرهای الف، ب، ج، از جدول ۸ ـ ۱ به‌دست آمده است.

خلاصهٔ اطلاعات اقتصادی‌به کار رفته در تحلیل سودآوری NPW

	سال										جمع
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	سطر
الف) نرخ تولید 10^6kg/yr	۱	۱/۸	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱۸/۸
ب) کل هزینهٔ محصول 10^6/yr	۸/۳۱	۱۳/۱۸	۱۰/۶۱	۸/۷۷	۸/۷۶	۷/۳۸	۶	۶	۶	۶	۸۱
ج) استهلاک 10^6/yr	۴/۸	۷/۶۸	۴/۶۱	۲/۷۷	۲/۷۶	۱/۳۸	۰	۰	۰	۰	۲۴
د) $(1+0.3)^{-j}$	۰/۷۶۹	۰/۵۹۲	۰/۴۵۵	۰/۳۵۰	۰/۲۶۹	۰/۲۰۷	۰/۱۵۹	۰/۱۲۳	۰/۰۹۴	۰/۰۷۳	۳/۰۹
و) (الف) (د) (۰/۶۵) 10^6kg/yr	۰/۵۰۰	۰/۶۹۲	۰/۵۹۲	۰/۴۵۵	۰/۳۵۰	۰/۲۶۹	۰/۲۰۶	۰/۱۵۹	۰/۱۲۲	۰/۰۹۵	۳/۴۴
ه) (ب) (د) (۰/۶۵) 10^6/yr	۴/۱۵	۵/۰۸	۳/۱۳	۲/۰۰	۱/۵۳	۰/۹۹	۰/۶۲	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۲۸	۱۸/۶۳
ی) (د) (ج)، 10^6/yr	۳/۶۹	۴/۵۵	۲/۱۰	۰/۹۷	۰/۷۴	۰/۲۹	۰	۰	۰	۰	۱۲/۳۴

با جایگزینی این مقادیر در معادلهٔ قبل می‌توان قیمت فروش را به‌دست آورد.

$$p=\frac{(28)(10^6)+(18.63)(10^6)-(12.34)(10^6)}{(3.44)(10^6)}=\$9.97/kg$$

این مقدار به‌میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر از قیمت‌های فروش $11.2/kg تا $11.50/kg به‌دست آمده در مثال ۸ ـ ۱ است که در آن ارزش زمانی پول در نظر گرفته نشده است. اگر این محاسبات با در نظر گرفتن استهلاک به‌روش خط مستقیم برای ۱۰ سال و به‌میزان $۲/۴\times۱۰^۶$ دلار در سال تکرار شود قیمت حاصل ۱۱/۴ دلار برای هر کیلوگرم می‌شود که با مقادیر محاسبه شده در مثال ۸ ـ ۱ توافق کامل دارد. به‌همین دلیل، این مقدار کمتر اساساً ناشی از بازیابی بیشتر استهلاک در سال‌های اولیه است پس به‌طور متوسط نسبت به‌درآمد فروش یا کل هزینهٔ محصول کمتر کاهش پیدا کرده است. بنابراین سهم آن در گردش وجوه نقد نسبتاً بیشتر است.

برای تعیین نرخ برگشتی نزولی وجه نقد هنگامی که قیمت محصول $11.5/kg در نظر گرفته شود لازم است معادلهٔ (۸ ـ ۶) تکرار گردد. برای به‌دست آوردن مقادیر لازم، دوباره از اطلاعات ارایه شده در مثال ۸ ـ ۱ استفاده شده که در جدول زیر آمده است:

خلاصهٔ اطلاعات اقتصادی‌به کارگرفته شده در تحلیل سودآوری DCFR

	سال										جمع
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	سطر
الف) نرخ تولید، 10^6kg/yr	۱	۱/۸	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱۸/۸
ب) درآمد فروش، (الف) ($11.50/kg) 10^6/yr	۱۱/۵	۲۰/۷	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۱۶/۲
ج) کل هزینهٔ محصول، 10^6/yr	۸/۳۱	۱۳/۱۸	۱۰/۶۱	۸/۷۷	۸/۷۶	۷/۳۸	۶	۶	۶	۶	۸۱
د) (ج) ـ (ب) 10^6/yr$	۳/۱۹	۶/۹۲	۱۲/۳۹	۱۴/۲۳	۱۴/۲۴	۱۵/۶۲	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۳۴/۶
ه) استهلاک 10^6/yr$	۴/۸	۷/۶۸	۴/۶۱	۲/۷۷	۲/۷۶	۱/۳۸	۰	۰	۰	۰	۲۴

با جایگزینی در معادلهٔ (۸ ـ ۶):

$$0 = -(28\times10^6) + 0.65\sum_{j=1}^{N}(s_j - c_{oj} - d_j)(1+i)^{-j} + \sum_{j=1}^{N} d_j(1+i)^{-j}$$

برای سهولت، معادله را بر ۲۸×۱۰^۶ تقسیم می‌کنیم بنابراین درجهٔ همهٔ جملات یک می‌شود. مشخص است وقتی قیمت محصول $9.97/kg باشد، i= 0.3 این مجموع را برابر صفر می‌کند، پس در این مورد i باید بزرگتر از ۰/۳ باشد. با شروع از i= 0.3 با چند بار تکرار i= 0.3603 به‌دست می‌آید که خطای سمت راست معادلهٔ کمتر از ۰/۰۰۱ است. بنابراین با قیمت $11.50/kg ، DCFR ، ۰/۳۶ درصد است.

■

انتخاب یک روش سودآوری

برای تصمیم‌گیری‌های اقتصادی بسیار توصیه می‌شود روش ارزش خالص فعلی با روش نرخ برگشت نزولی وجوه نقد ترکیب شود. این روش‌ها نه‌تنها کل اطلاعات مربوط به‌سایر روش‌ها را شامل می‌شوند، بلکه ارزش زمانی پول را نیز در نظر می‌گیرند. به‌همین دلیل در مقایسه با روش‌هایی که در آنها ارزش زمانی پول در نظر گرفته نمی‌شود، تصویر واقعی‌تری از درآمدها نسبت به‌سرمایه گذاری به‌دست می‌آید.

می‌توان اثرات مالیات بر درآمد را در تمام روش‌های ارزیابی دخالت داد و دلیلی برای در نظر نگرفتن آن وجود ندارد. مالیات بر درآمد بر سود خالص و گردش وجه نقد شرکت تأثیرگذار است، ولی بر سرمایه گذاری تأثیری ندارد. بنابراین مالیات‌ها تمام معیارهای بازگشت را نسبت به‌سرمایه گذاری

تحت تأثیر قرار می‌دهند و تمام پنج معیار سودآوری را که در اینجا بررسی می‌شد در بر می‌گیرد. جدول ۸ ـ ۳ مقادیر تأثیرگذار بر مالیات بر درآمد را نشان می‌دهد.

جدول ۸ ـ ۳ تعاریف مربوط به‌وضعیت مالیات بر درآمد برای ارزیابی سودآوری

درآمد = کل درآمد
سود خالص = درآمد - کل هزینه‌ها - مالیات بر درآمد
کل هزینه = هزینه‌های نقدی + استهلاک
مالیات بر درآمد = (درآمد - کل هزینه‌ها)(نرخ مالیات)
گردش وجه نقد = سود خالص + استهلاک
گردش وجه نقد = (نرخ مالیات) (استهلاک) + (نرخ مالیات - ۱) (هزینه‌های نقدی) - (نرخ مالیات - ۱) (درآمد)
گردش وجه نقد = استهلاک + (نرخ مالیات - ۱) (کل هزینه‌ها) - (نرخ مالیات - ۱) (درآمد)

در مواردی که نرخ مالیات ۳۵ درصد است:
یک دلار درآمد (به‌صورت درآمد فروش یا پس‌انداز) گردش وجه نقدی معادل با ۰/۶۵ دلار دارد.
یک دلار هزینه‌های نقدی (برای مواد اولیه، نیروی انسانی، و ...) خروج گردش وجه نقدی معادل با ۰/۶۵ دلار دارد.
یک دلار استهلاک ورود گردش وجه نقدی معادل با ۰/۳۵ دلار خواهد داشت.

توصیه می‌شود کل فرصت‌های سرمایه گذاری که در حال بررسی هستند با استفاده از یک روش سودآوری با یکدیگر مقایسه شوند. چون هر یک از روش‌های بحث‌شده دارای مزایا و معایبی هستند؛ امتحان نتایج به‌دست آمده از هریک از تحلیل‌های اقتصادی منطقی به‌نظر می‌رسد. البته امکان مقایسه یکسری از سرمایه گذاری‌ها با هریک از روش‌های سودآوری مورد بحث وجود داشته و می‌توان جایگزین‌های متفاوتی را که بسته به‌روش ارزیابی توصیه شده‌اند را پیدا نمود†. اگر این سئوال مطرح شود که برای تصمیم‌گیری نهایی از کدام روش استفاده شود، باید روش ارزش خالص فعلی را به کار برد، چون این روش خاص بهترین روش برای محاسبهٔ عوامل مؤثر بر سودآوری سرمایه است.

مثال ۸ ـ ۳ مقایسهٔ سرمایه گذاری‌های مختلف از طریق روش‌های گوناگون سودآوری

شرکتی دارای سه نوع سرمایه گذاری جایگزین است. از آن‌رو که این سه سرمایه گذاری برای یک نوع واحد می‌باشند و خدمات یکسانی ارایه می‌کنند، تنها یکی از سرمایه گذاری‌ها پذیرفتنی است. عوامل خطر برای هر

† این حالت در مثال ۸ ـ ۳ مورد بررسی قرار گرفته است.

سه مورد یکسان است. سیاست‌های شرکت، براساس موقعیت اقتصادی فعلی، حداقل بازگشت سالانه را برای سرمایه‌گذاری‌های غیرضروری ۱۵ درصد سرمایه‌گذاری اولیه بعد از پرداخت مالیات قرار داده است. (به‌این معنی که سرمایه‌گذاری‌های منطقی و یکسانی وجود دارند که پس از پرداخت مالیات، ۱۵ درصد بازگشت خواهد داشت). همچنین سیاست‌های شرکت، استفاده از استهلاک خط مستقیم را در طول دورهٔ سرمایه‌گذاری با در نظر گرفتن ارزش قراضه توصیه کرده است. برای محاسبهٔ ارزش زمانی پول، لازم است از روابط گردش وجوه نقد پیوسته و مرکب شدن پیوسته استفاده شود. از قیمت زمین و هزینه‌های پیش از راه‌اندازی می‌توان صرفه‌نظر کرد.

با استفاده از اطلاعات زیر معیارهای ارزیابی سودآوری زیر را تعیین کنید:

الف) نرخ بازگشت سرمایه

ب) مدت زمان بازپرداخت

ج) بازگشت خالص سرمایه

د) ارزش خالص فعلی

ه) نرخ برگشت نزولی وجوه نقد

شمارهٔ سرمایه گذاری	کل سرمایه گذاری ثابت اولیه	سرمایه گذاری عملیاتی	ارزش قراضه در پایان عمر مفید	عمر مفید، سال	درآمد سالانه پس از پرداخت مالیات†
۱	۱۰۰۰۰۰ دلار	۱۰۰۰۰ دلار	۱۰۰۰۰ دلار	۵	به‌جدول سالانه مراجعه کنید††
۲	۱۷۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۷	۴۲۰۰۰ دلار (ثابت)
۳	۲۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۸	۴۸۰۰۰ دلار (ثابت)

† این مورد عبارت است از درآمد سالانه منهای کل هزینه‌ها به‌جز استهلاک.

†† برای سرمایه‌گذاری ۱، گردش درآمدهای سالانه پروژه عبارت است از: سال اول ۳۰۰۰۰ دلار، سال دوم ۳۱۰۰۰ دلار، سال سوم ۳۶۰۰۰ دلار، سال چهارم ۴۰۰۰۰ دلار، سال پنجم ۴۳۰۰۰ دلار

■ **حل:**

مقادیر دلاری در این راه‌حل عموماً تا سه رقم اعشار گرد شده‌اند.

الف) بازگشت سرمایه. این مقدار به کمک معادلهٔ ۸ ـ ۱ ج، $ROI = N_{p,ave}/\mathcal{T}$ به‌دست می‌آید.

سرمایه گذاری ۱

$N_{p,j}$ درآمد پس از پرداخت مالیات (استهلاک در نظر گرفته نشده) منهای $0.65\,d_j$ است.

سال	$\mu(0.65)d_j$ درآمدهای سالانه، $	$N_{p,j}$
۱	۳۰۰۰۰ -(۱۰۰۰۰۰ - ۱۰۰۰۰)(۰/۶۵)/۵	۱۸۳۰۰ دلار
۲	۳۱۰۰۰ - ۱۱۷۰۰	۱۹۳۰۰
۳	۳۶۰۰۰ - ۱۱۷۰۰	۲۴۳۰۰
۴	۴۰۰۰۰ - ۱۱۷۰۰	۲۸۳۰۰
۵	۴۳۰۰۰ - ۱۱۷۰۰	۳۱۳۰۰
		۱۲۱۵۰۰ دلار

$$N_{p,ave}= \frac{121500}{5} = \$24300/yr$$

برای سرمایه گذاری ۱، $ROI= (24300)(100)/110000= 22/2$ ، درصد در سال است. این ROI بیشتر از m_{ar} است بنابراین سرمایه گذاری ۱ قابل قبول است.

سرمایه گذاری ۲

برای سرمایه گذاری ۲،

$$N_{p,ave}= \$42000 - \frac{(170000-15000)(0.65)}{7} = \$27600$$

$$ROI= \frac{(27600)(100)}{180000} = 15.3\%/yr$$

سرمایه گذاری ۲ قابل قبول است چون ROI بیشتر از m_{ar} است.

سرمایه گذاری ۳

برای سرمایه گذاری ۳،

$$N_{p,ave}= \$48000 - \frac{(210000-20000)(0.65)}{8} = \$32560$$

$$ROI= \frac{(32560)(100)}{225000} = 14.5\%/yr$$

این بازگشت سرمایه کمتر از m_{ar} یعنی ۱۵ درصد در سال است. بنابراین سرمایه‌گذاری ۳ قابل قبول نیست.

ب) مدت زمان بازگشت. مدت زمان بازگشت به کمک معادلهٔ ۸ ـ ۲ ب و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$PBP = \text{سرمایه گذاری ثابت}/(N_{p,ave}+ d_{j,ave})$$

مقدار مبنا برای PBP به‌وسیلهٔ معادله (۸ ـ ۲ ـ ج) به‌صورت $PBP= 0.85/(m_{ar}+ 0.85/N)$ براساس نسبت متداول سرمایه گذاری ثابت به کل سرمایه گذاری تعریف می‌گردد؛ البته می‌توان نسبت‌های ویژه را برای این موقعیت تخمین زده و برای هر حالت به کار برد.

سرمایه گذاری ۱

مقدار مبنا برای PBP : سال 2.74 =0.91/(0.15+ 0.91/5)

$$PBP= \frac{100000}{24300+18000} = 2.36 \text{ سال}$$

مدت زمان بازگشت کمتر از مقدار مبنا است، بنابراین سرمایه گذاری ۱ قابل قبول است.

سرمایه گذاری ۲

برای سرمایه گذاری ۲، مقدار مبنا سال 3.31 =0.94/(0.15+ 0.94/7) PBP=

$$PBP= \frac{170000}{27600+22140} = 3.41 \text{ سال}$$

که ۲۷۶۰۰ دلار متوسط گردش وجه نقد سالانه، و ۲۲۱۴۰ دلار مقدار استهلاک بازیابی‌شدهٔ سالانه در سرمایه‌گذاری دوم است. این PBP بزرگتر از مقدار مبنا است بنابراین سرمایه گذاری ۲ قابل قبول نیست.

سرمایه گذاری ۳

مقدار مبنا برای سرمایه گذاری ۳ برابر است با سال ۳/۴۹ =(۰/۹۳ + ۰/۱۵)/ ۰/۹۳

$$PBP= \frac{210000}{32560+23750} = 3.72 \text{ سال}$$

این مقدار بیشتر از مقدار مبنا است، پس سرمایه گذاری ۳ قابل قبول نیست.

ج) بازگشت خالص. از معادلهٔ (۸ ـ ۳ ب) بازگشت خالص $R_n= \Sigma_{j=1}^{N} (N_{p,j}) - m_{ar}NT$ به‌دست می‌آید.

سرمایه گذاری ۱

$$R_n= 24300(5)-(0.15)(5)(110000)= \$39000$$

این مقدار مثبت است بنابراین سرمایه گذاری ۱ قابل قبول می‌باشد.

سرمایه گذاری ۲

$$R_n= 27600(7)-(0.15)(7)(180000)= \$4200$$

این مقدار مثبت می‌باشد بنابراین سرمایه گذاری ۲ قابل قبول است.

سرمایه گذاری ۳

$$R_n= 32560(8)-(0.15)(8)(225000)= -\$9500$$

این مقدار منفی است، در نتیجه سرمایه گذاری ۳ قابل قبول نیست.

د) ارزش خالص فعلی

سرمایه گذاری ۱

به‌علت تغییر سال به‌سال درآمد، ارزش خالص فعلی که از معادلهٔ ۸ ـ ۴ به‌دست می‌آید، می‌تواند برای سرمایه گذاری ۱ به‌صورت زیر ساده شود:

$$NPW = -\mathrm{T} + \sum_{n=1}^{N} PWF_j(N_{p,j} + d_j + rec_j)$$

PWF_j که قرار است در این حالت به کار رود برای جریانات نقدینهٔ ثابت و پیوستهٔ یک سالهٔ جدول ۷ ـ ۵ است؛ $(P/\overline{P},r,j)=[(e^{r}-1)/r]e^{-rj}$. مقدار PWF_j برای بازیابی برابر است با $(P/F,r,j)=e^{-rj}$. از معادلهٔ (۸ ـ ۵)، $r=r_{am}=\ln 1.15=0.1398$ ؛ همان‌طور که قبلاً تعیین شد d_j برابر 18000/yr دلار است و rec_j بازیابی هزینهٔ عملیاتی به‌اضافهٔ ارزش قراضه که به‌میزان ۲۰۰۰۰ دلار در پایان سال پنجم است. ارزش فعلی گردش وجوه نقد در جدول زیر محاسبه شده است.

سال	$N_{p,j}$	d_j	rec_j	$[(e^{r}\mu 1)/r]e^{-rj}$	ارزش فعلی
۱	۱۸۳۰۰	۱۸۰۰۰	۰	۰/۹۳۳	$۳۳۹۰۰
۲	۱۹۳۰۰	۱۸۰۰۰	۰	۰/۸۱۱	۳۰۳۰۰
۳	۲۴۳۰۰	۱۸۰۰۰	۰	۰/۷۰۵	۲۹۹۰۰
۴	۲۸۳۰۰	۱۸۰۰۰	۰	۰/۶۱۳	۲۸۴۰۰
۵	۳۱۳۰۰	۱۸۰۰۰	۰	۰/۵۳۳	۲۶۳۰۰
				e^{-rj} †	
پایان سال	۰	۰	۲۰۰۰۰	۰/۴۹۷	۹۹۰۰
پنجم					۱۵۸۷۰۰ دلارجمع

† چون بازیابی سرمایه گذاری عملیاتی و ارزش قراضه در پایان سال پنجم انجام می‌شود، به‌جای ضریب کاهش e^{-rj} از $[(e^{r}-1)/r]e^{-rj}$ استفاده می‌شود.

بنابراین ارزش خالص فعلی برابر ۱۱۰۰۰۰ – ۱۵۸۷۰۰ دلار، یا ۴۸۷۰۰ دلار است. چون این مقدار مثبت است لذا سرمایه گذاری ۱ قابل قبول می‌باشد.

سرمایه گذاری ۲

ارزش فعلی را می‌توان با استفاده از سری‌های ثابت و پیوستهٔ جدول ۷ ـ ۵ محاسبه کرد؛

$$PWF=(P/A,r,N)=[(e^{rN}-1)/r](e^{rN})$$

مقدار بازیابی برابر ۲۵۰۰۰ دلار، و ضریب کاهش e^{-rN} است.

برای سرمایه گذاری ۲، گردش وجه نقد سالانه به‌صورت زیر است:

$$\text{گردش وجه نقد} = 42000 + \frac{(155000)(0.35)}{7} = \$49750$$

در نتیجه،

$$\text{ارزش فعلی} = 49750(4.465) + 25000(0.376) = \$231500$$

و ارزش خالص فعلی،

$$NPW = 231500 - 180000 = \$51500$$

این مقدار مثبت است، بنابراین سرمایه گذاری ۲ قابل قبول است.

سرمایه گذاری ۳

ارزش فعلی سرمایه گذاری ۳،

$$\text{گردش وجه نقد} = 49000 + \frac{(190000)(0.35)}{8} = \$57300/\text{yr}$$

$$\text{ارزش فعلی} = (57300)(4.815) + (35000)(0.326) = \$287400$$

و ارزش خالص فعلی برابر است با: دلار ۶۲۴۰۰ = ۲۲۵۰۰۰ - ۲۸۷۴۰۰ . به‌دلیل مثبت بودن این مقدار، سرمایه گذاری ۳ قابل قبول است.

ه) نرخ بازگشت نزولی جریان نقدینه. DCFR مقداری از r است که به‌ازای آن ارزش خالص فعلی صفر می‌شود. محاسبهٔ آن با تکرار بر روی r انجام می‌گردد.

سرمایه گذاری ۱

DCFR برای سرمایه گذاری ۱ مقداری از r است که مجموع ارزش‌های فعلی در جدول قبل را برابر ۱۱۰۰۰۰ دلار، کل سرمایه گذاری، می‌کند. با فرض مقادیر مختلف بزرگتر از ۰/۱۴ برای r و محاسبهٔ مجموع ارزش‌های فعلی مقدار r= 0.33 به‌دست می‌آید. بنابراین نرخ بازگشت نزولی جریان نقدینهٔ سرمایه گذاری ۱ برابر با ۳۳ درصد است.

سرمایه گذاری ۲

به‌دست آوردن DCFR برای این حالت ساده‌تر است زیرا می‌توان از یکسری ضریب مرکب استفاده کرد، ولی باز هم نیاز به‌تکرار دارد. برای این سرمایه گذاری مقدار ۲۲/۶ درصد در سال به‌دست می‌آید؛ که قابل قبول نیز می‌باشد.

سرمایه گذاری ۳

از این سرمایه گذاری مقدار DCFR ، ۲۱/۵ درصد در سال به‌دست می‌آید، و این مقدار در مقایسه با استاندارد ۱۴ درصد سالیانه قابل قبول است.

به‌طور خلاصه، سرمایه گذاری ۱ براساس تمام ۵ معیار ارزیابی سودآوری پذیرفتنی است، سرمایه گذاری ۲ با تمام معیارها به‌جز دورهٔ بازپرداخت قابل قبول بوده، و سرمایه گذاری ۳ بر مبنای روش‌های ارزش خالص فعلی و نرخ برگشت نزولی گردش وجه نقد قابل پذیرش است. سرمایه گذاری ۳ براساس معیارهایی که ارزش زمانی پول را در نظر نمی‌گیرند یعنی بازگشت سرمایه، دورهٔ بازپرداخت، و بازگشت خالص پذیرفتنی نیست. حتی وقتی از یک استاندارد مورد قبول با هریک از این معیارها استفاده شود، این نتایج متفاوت به‌وجود می‌آید. این موضوع که روش‌ها همواره نتایج مشابهی به‌بار نمی‌آورند عجیب نیست، زیرا در تعریف معیارهای سودآوری از مقادیر مختلفی استفاده می‌شود.

■

ارزش خالص فعلی (شامل نرخ برگشت نزولی جریان نقدی) به‌عنوان مناسب‌ترین روش ارزیابی و تعیین سودآوری توصیه شده است چرا که بیشترین عوامل مؤثر بر سودآوری را در خود دارد.

تأثیر تورم بر تحلیل سودآوری

تورم[1] عبارت است از افزایش قیمت کالاها و خدمات با گذشت زمان و کاهش تورم[2] عبارت است از کاهش قیمت‌ها. تورم بر مقدار پول لازم برای خرید کالاها و خدمات تأثیر می‌گذارد، ولی تأثیری بر ارزش زمانی پول ندارد. ارزش زمانی پول حاصل قدرت درآمد پول بوده و مربوط به‌مقدار پول موجود است و به‌مقدار مورد نیاز ربطی ندارد.

تورم به‌صورت درصد یا کسری از تغییر قیمت یک کمیت با زمان اندازه گیری می‌شود و تقریباً در کل دنیا به‌صورت درصد در سال که به‌طور سالانه مرکب می‌شود بیان می‌گردد. بنابراین تورم یک نرخ سالانه مؤثر است. تأثیر تورم بر قیمت محصول یا خدمات با رابطهٔ زیر نشان داده می‌شود:

$$(\text{قیمت در سال صفر})(1+i')^{j} = \text{قیمت در سال } j \text{ام} \qquad (۸-۷ \text{الف})$$

برای مرکب شدن سالانه یا مرکب شدن پیوسته:

$$(\text{قیمت در سال صفر})(e^{r'j}) = \text{قیمت در سال } j \text{ام} \qquad (۸-۷ \text{ب})$$

که i' نرخ سالانهٔ تورم، j تعداد سال، و r' مقدار اسمی برای مرکب شدن پیوسته مربوط به i' است. همان‌طور که در فصل ۷ توضیح داده شد، $r'=\ln(1+i')$ اثرات تورم بر ارزیابی پروژه را می‌توان به‌بهترین وجه با بررسی اثر آن قبل و بعد از زمان صفر پروژه بررسی کرد.

1- Inflation 2- Deflation

تورم قبل از زمان صفر. تورمی که در حد فاصل زمان تخمین و زمان واقعی صرف هزینه برای تجهیزات و ساخت به‌وجود می‌آید بر مقدار سرمایهٔ لازم برای پروژه تأثیر می‌گذارد. همچنین تورم بر قیمت کل محصول و قیمت فروش آن اثرگذار است. از آنجا که این سه مقدار مقادیر بنیادی برای تحلیل‌های اقتصادی هستند، در تحلیل سودآوری حتماً باید تورم را در نظر گرفت تا بهترین تخمین قیمت امکان‌پذیر باشد. نرخ تورم مورد استفاده باید به‌دقت انتخاب شود. استفاده از شاخص هزینهٔ سرمایه گذاری مثل شاخص CE که در فصل ۶ توضیح داده شد، برای تعیین مقدار تورم سرمایه گذاری منطقی به‌نظر می‌رسد. اما، این نرخ تورم باید نسبت به‌زمانی برون‌یابی و محاسبه گردد که انتظار می‌رود سرمایه گذاری در آن موقع انجام شود. هزینهٔ کل محصول موارد بسیاری را دربر می‌گیرد که می‌توانند به‌درجات مختلف تورم پیدا کنند. در صورت عدم اطلاعات مناسب، می‌توان یک نرخ تورم منفرد را، مثل شاخص کاهش تورم قیمت ناخالص ضمنی محصول[1] که شاخص قیمت مصرف‌کننده† نیز نامیده می‌شود، تا زمان صفر برون‌یابی کرد. از سایر شاخص‌ها که برای مواد شیمیایی و نیروی کار به کار می‌روند نیز می‌توان استفاده کرد. قیمت‌های مواد شیمیایی معمولاً با نرخ معمول تورم افزایش نمی‌یابند. در حقیقت به‌نظر می‌رسد که این قیمت‌ها نسبتاً پایدار بوده، مگر اینکه تغییرات ویژه‌ای در عرضه و تقاضا روی دهد. تورم قیمت‌های مواد اولیه و محصول باید بر مبنای بهترین اطلاعاتی که دراختیار تخمین‌زننده وجود دارد در نظر گرفته شود. گزینهٔ دیگر این است که قیمت فروش به‌طور کلی بدون تورم در نظر گرفته شود، این کار بخصوص برای یک محصول جدید بهترین انتخاب است. از همین راهکار می‌توان برای مواد اولیه نیز استفاده کرد.

مثال ۸ـ۴ تأثیر تورم قبل از زمان صفر

برآورد هزینه‌های پروژهٔ جدید با استفاده از قیمت‌های فعلی صورت گرفته است. در برنامهٔ زمان‌بندی پروژه فرض شده است که عملیات ساخت واقعی ۶ ماه بعد از زمان حاضر آغاز خواهد شد. اولین هزینهٔ ثابت که ۳۰ درصد هزینهٔ کل تخمین زده می‌شود، و میزان تورم آن ۵ درصد در سال است، یک سال بعد از زمان حاضر انجام می‌گیرد؛ و ۷۰ درصد باقیمانده نیز ۵ درصد در سال تورم یافته و ۲ سال بعد از زمان حاضر توسعه می‌یابد. انتظار می‌رود هزینهٔ سرمایه گذاری عملیاتی ۴ درصد در سال تورم پیدا کند و به‌طور کلی طی ۲ سال از زمان حاضر هزینه خواهد شد. برای درآمدهای حاصل از فروش تورمی پیش‌بینی نشده است. کل هزینهٔ تولید به‌جز

1- Gross national product implicit price deflator index

† به‌تحقیقات اخیر مؤسسهٔ تحلیل اقتصادی U. S. Department of Commerce مراجعه کنید.

استهلاک نیز پیش‌بینی می‌شود ۴ درصد در سال تورم پیدا کند. فرض کنید کل نرخ‌های تورم سالانه مرکب شوند. زمان صفر ۲ سال بعد از زمان حاضر در نظر گرفته می‌شود.

هزینه‌های فعلی:

سرمایه گذاری ثابت	۶/۴۵ میلیون دلار
سرمایه گذاری در گردش	۱/۱۴ میلیون دلار
درآمد فروش سالانه	۳/۸۸ میلیون دلار
هزینهٔ سالانهٔ عملیات	۲/۰۵ میلیون دلار (بدون استهلاک)

در زمان راه‌اندازی کارخانه (۲ سال بعد از زمان حاضر)، سرمایهٔ ثابت و سرمایه در گردش تورم یافته را برآورد کنید. هزینهٔ سالانهٔ عملیات را در راه‌اندازی کارخانه تعیین کنید.

■ **حل:**

در حال حاضر سرمایه گذاری ثابت ۶/۴۵ میلیون دلار تخمین زده شده است. ۳۰ درصد سرمایه گذاری که یک سال بعد تورم خواهد یافت به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(6.45\times10^6)(0.30)(1.05)=\$2.03\times10^6$$

۷۰ درصد سرمایه گذاری که باید ۲ سال بعد صورت گیرد با در نظر گرفتن تورم برابر است با:

$$(6.45\times10^6)(0.7)(1.05)^2=\$4.98\times10^6$$

بنابراین کل سرمایه گذاری ثابت ۲ سال بعد از زمان حاضر به‌صورت زیر تورم خواهد یافت:

$$(2.03+4.98)(10^6)=\$7.01\times10^6$$

سرمایه گذاری در گردش در مدت ۲ سال به‌اندازهٔ زیر تورم خواهد یافت:

$$(1.14\times10^6)(1.04)^2=\$1.23\times10^6$$

هزینهٔ سالانهٔ عملیات ۴ درصد در سال تورم می‌یابد. در ظرف ۲ سال، هزینهٔ تخمین‌زده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(2.05\times10^6)(1.04)^2=\$2.22\times10^6$$

■

تورم بعد از زمان صفر. قیمت محصول و تمام هزینه‌های عملیاتی به‌جز استهلاک در مدت زمان عملیات کارخانه به‌دلیل تورم تغییر می‌یابد. این تغییرات، گردش نقدینگی حاصل از کارکرد کارخانه و سودآوری پروژه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال وقتی که کارخانه ساخته شد، سرمایه گذاری انجام شده یک مقدار ثابت بوده که دستخوش تورم نمی‌گردد. سرمایه گذاری‌های جدید ممکن است در طول

زمان اضافه شوند؛ اینها به‌عنوان هزینه‌هایی که بعداً تحمیل شده‌اند در نظر گرفته می‌شوند، ولی آنها نیز در هنگام سرمایه گذاری ثابت هستند. بنابراین هزینه‌های استهلاک که کسری از کل سرمایه گذاری ثابت است در طول زمان ثابت می‌باشند. اگرچه هزینه‌ها ممکن است براساس برنامهٔ زمان‌بندی که برای استهلاک در نظر گرفته شده، با زمان تغییر کند. در حقیقت، قانون مالیات اجازه نمی‌دهد هیچ‌گونه تورمی برای استهلاک در نظر گرفته شود. تنها مقدار پول اولیه که برای سرمایه گذاری ثابت در نظر گرفته می‌شود مستهلک می‌گردد.

به‌منظور درک تأثیر تورم ناشی از شروع به کار کارخانه، معادلهٔ گردش وجه نقد باید مورد بررسی قرار گیرد. براساس معادلهٔ (۶ ـ ۱)، گردش وجه نقد در سال j ام برابر است با:

$$A_j = (s_j - c_{oj})(1 - \Phi) + \Phi d_j \qquad (۸ ـ ۸)$$

اثر تورم بر مقدار پول برحسب دلار با اعمال نرخ تورم در سال صفر، برای به‌دست آوردن مقدار آن در سال j از معادلهٔ ۸ ـ ۷ الف به‌دست می‌آید:

$$A_j = [s_o(1+i')^j - c_{o,o}(1+i')^j](1-\Phi) + \Phi d_j \qquad (۸ ـ ۹)$$

s_o درآمد حاصل از فروش در زمان صفر و $c_{o,o}$ هزینهٔ کل محصول بدون استهلاک در زمان صفر است. استهلاک به‌دلایلی که در بالا به‌آن اشاره شد تورم نمی‌یابد. همان‌طور که معادلهٔ (۸ ـ ۹) نشان می‌دهد، چنانچه نرخ تورم یکسانی در مورد هزینهٔ کل محصول و هزینهٔ فروش در نظر گرفته شود، تورم باعث افزایش این دو می‌شود. بنابراین فرآیندی که در نطقهٔ صفر جریان نقدینهٔ مثبتی دارد، در صورتی که در همهٔ شرایط نرخ تورم یکسانی در نظر گرفته شود، حتی در سال‌های آینده گردش نقدینهٔ مثبت‌تری خواهد داشت. این روش به‌استفاده از دلارهای جاری[1] یعنی مقدار دلارهای مشخص‌شده در سال موردنظر معروف است.

با این حال، معمولاً قدرت خرید جریان نقدینه در زمان صفر اهمیت بیشتری دارد. قدرت خرید در زمان صفر به‌مقدار پول یا تعداد دلارهایی گفته می‌شود که در زمان صفر برای خرید همان مقدار کالای زمان j با A_j دلار می‌توان خریداری کرد. این مقدار را با تقسیم معادلهٔ (۸ ـ ۹) بر $(1+i')^j$ می‌توان به‌دست آورد:

$$\frac{A_j}{(1+i')^j} = A_{j,o} = (s_o - c_{o,o})(1-\Phi) + \frac{\Phi d_j}{(1+i')^j} \qquad (۸ ـ ۱۰)$$

که $A_{j,o}$ قدرت خرید گردش وجه نقد سال j ام در زمان صفر برحسب دلار است. تنها مقداری که در

1- Current dollars

سمت راست معادلهٔ (۸ ـ ۱۰) تحت تأثیر محاسبات زمان صفر قرار می‌گیرد، استهلاک است، زیرا ضریب تورم برای سایر موارد از بین رفته است. توجه کنید که اثر تورم در اینجا کاهش میزان دلار زمان صفر معادل گردش وجه نقد به‌وسیلهٔ مقدار $\Phi d_j[1-(1+i')^{-j}]$ است که برای نرخ تورم ۵ درصد بین ۰ تا ۳ درصد کل سرمایه گذاری متغیر است. در طول عمر ۱۰ سالهٔ پروژه، متوسط این کاهش حدود ۱ درصد ∓ است.

به‌دلیل این اثر کوچک تورم و عدم قطعیت در تخمین نرخ تورم، روش معمول در ارزیابی اقتصادی پروژه صرف‌نظر کردن کلی تورم بعد از زمان صفر یا در نظر گرفتن مقدار ثابت در زمان صفر در تمام آنالیز و بررسی‌هاست. در مواقعی که تورم دو رقمی است این کار توصیه نمی‌شود. روش دیگر در نظر گرفتن یک تحلیل حساسیت با استفاده از نرخ‌های تورم مختلف برای اجزای مختلف درآمد و کل هزینهٔ محصول است. بخصوص متداول است که یک نرخ تورم برای محصول و یک نرخ تورم دیگر برای مواد اولیه در نظر گرفته می‌شود.

مثال ۸ ـ ۵ تورم بعد از زمان صفر

مقادیر فروش و هزینه‌های مشخص‌شده در مثال ۸ ـ ۴ را در زمان صفر به کار برید. فرض کنید استهلاک براساس روش خط مستقیم و به‌مدت ۶ سال بدون ارزش قراضه باشد. همان نرخ تورم مثال ۸ ـ ۴ را به کار برید. نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد است.

الف) سود خالص کل را با تورم سالانه و گردش وجه نقد پروژه را در طول ۸ سال به‌دست آورید.

ب) کل سود خالص و سود خالص سالانه و گردش وجه نقد را در زمان صفر محاسبه کنید.

ج) بدون در نظر گرفتن تورم بعد از زمان صفر سود خالص کل و سالانه و گردش نقدینگی را به‌دست آورید.

د) بازگشت سرمایه را برای سه حالت قبل محاسبه کنید.

■ حل:

در هر سه حالت، استهلاک سالانه برای عمر مفید ۶ سالهٔ پروژه $(7.01\times10^6)/6 = \$\,1.17\times10^6$ است. مقادیر هزینه در زمان صفر برابرند با:

$d_j = \$\,1.17\times10^6$ $\quad c_{o,o} = \$\,2.22\times10^6$ $\quad s_o = \$\,3.88\times10^6$

فرض کنید $\Phi = 0.35$.

الف) سود خالص و گردش وجه نقد برای این شرایط تورم به‌صورت زیر است:

$$N_{p,j}=(s_j-c_{oj}-d_j)(1-\Phi)=[s_o-c_{o,o}(1+i')^j-d_j](1-\Phi)$$

$$A_j=N_{p,j}+d_j$$

ب) سود خالص و گردش وجه نقد برای قسمت (الف) در سال صفر به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$N_{p,j}=\left[\frac{s_j}{(1+i')^j}-c_{o,o}-\frac{d_j}{(1+i')^j}\right](1-\Phi)$$

$$A_j=N_{p,j}+\frac{d_j}{(1+i')^j}$$

ج) سود خالص و گردش وجه نقد با فرض عدم تورم بعد از زمان صفر:

$$N_{p,j}=(s_o-c_{o,o}-d_j)(1-\Phi)$$

$$A_j=N_{p,j}+d_j$$

خلاصهٔ محاسبات سود خالص و گردش وجه نقد برحسب میلیون دلار

سال	s_j	c_{oj}	d_j	مورد (الف)		مورد (ب)		مورد (ج)	
				$N_{p,j}$	A_j	$N_{p,j}$	A_j	$N_{p,j}$	A_j
۰	۳/۸۸	۲/۲۲	۱/۱۷	۰/۳۲	۱/۴۹	۰/۳۲	۱/۴۹	۰/۳۲	۱/۴۹
۱	۳/۸۸	۲/۳۱	۱/۱۷	۰/۲۶	۱/۴۳	۰/۲۵	۱/۳۸	۰/۳۲	۱/۴۹
۲	۳/۸۸	۲/۴۰	۱/۱۷	۰/۲۰	۱/۳۷	۰/۱۹	۱/۲۷	۰/۳۲	۱/۴۹
۳	۳/۸۸	۲/۵۰	۱/۱۷	۰/۱۴	۱/۳۱	۰/۱۲	۱/۱۶	۰/۳۲	۱/۴۹
۴	۳/۸۸	۲/۶۰	۱/۱۷	۰/۰۸	۱/۲۵	۰/۰۶	۱/۰۶	۰/۳۲	۱/۴۹
۵	۳/۸۸	۲/۷۰	۱/۱۷	۰/۰۱	۱/۱۸	۰/۰۱	۰/۹۷	۰/۳۲	۱/۴۹
۶	۳/۸۸	۲/۸۱	۱/۱۶	-۰/۰۶	۱/۱۰	-۰/۰۴	۰/۸۷	۰/۳۳	۱/۴۹
۷	۳/۸۸	۲/۹۲	۰	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۴۸	۰/۴۷	۱/۰۸	۱/۰۸
۸	۳/۸۸	۳/۰۴	۰	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۴۰	۰/۴۰	۱/۰۸	۱/۰۸
(۸-۱)کل	۳۱/۰۴	۲۱/۲۸	۷/۰۱	۱/۸۱	۸/۸۱	۱/۴۷	۷/۵۸	۴/۰۹	۱۱/۱۰

د) برای حالت (الف) :

$$ROI=\frac{100(1.81/8)}{7.01}=3.2\%$$

برای حالت (ب) :

$$ROI=\frac{100(1.47/8)}{7.01}=2.6\%$$

برای حالت (ج) :

$$ROI=\frac{100(4.09/8)}{7.01}=7.3\%$$

تأثیر تورم بر ROI کاملاً واضح است. دلیل آن این است که کلیهٔ هزینه‌ها به‌جز هزینهٔ محصول تورم یافته‌اند. این نتایج اهمیت انجام بررسی‌های حساسیت بر تأثیر نرخ‌های تورم را نشان می‌دهد.

هزینه‌های راه‌اندازی

پس از تکمیل ساخت کارخانه زمان راه‌اندازی فرا می‌رسد، در این هنگام کل واحدها از لحاظ مشخصات عملیاتی و ایمنی مورد بررسی قرار می‌گیرند. زمان راه‌اندازی تا حصول شرایط عملیاتی مورد نظر و کنترل مناسب ادامه می‌یابد. براساس پیچیدگی کارخانه و تجربهٔ مهندسین و کارکنان عملیاتی این دورهٔ زمانی ممکن است بین چند هفته تا یک سال به‌طول انجامد و در این مدت محصول اندکی تولید خواهد شد. در تحلیل کلی هزینه‌ها، هزینه‌های راه‌اندازی فراتر و بالاتر از هزینه‌های عادی عملیاتی و به‌صورت یک‌مرتبه‌ای در اولین سال کارکرد کارخانه در نظر گرفته می‌شود. این هزینه‌های راه‌اندازی ممکن است بین ۵ تا ۲۰ درصد سرمایه گذاری ثابت را تشکیل دهند. معمولاً آن را ۱۰ درصد در نظر می‌گیرند. نرخ تولید در سال اول عملیات یک کارخانهٔ جدید معمولاً به‌میزان کسری از ظرفیت طراحی سالانه تخمین زده می‌شود، زیرا در زمان راه‌اندازی محصولی تولید نمی‌شود، و دورهٔ راه‌اندازی در هر مقطعی از سال ممکن است آغاز شود. در تخمین‌های اقتصادی مقدماتی، معمولاً کسری از نصف ظرفیت سالانه را برای سال اول منظور می‌کنند. البته این کسر تداخل عمیقی با درآمد فروش و هزینه‌های متغیر این دوره دارد، و در صورتی که تاریخ راه‌اندازی دقیقاً مشخص باشد امکان تغییر آن وجود دارد.

در طول راه‌اندازی، گاهی ضرورت ایجاب می‌کند قبل از کارکرد کارخانه با حداکثر ظرفیت طراحی، در تجهیزات تغییراتی به‌عمل آید. هزینه‌های مواد و تجهیزات که بخشی از سرمایه گذاری هستند در زمرهٔ این تغییرات هستند. معمولاً انتظار می‌رود این سرمایه گذاری‌ها نسبتاً اندک باشند و جزو هزینه‌های غیرمترقبه در نظر گرفته شوند؛ در صورت تمایل می‌توانید در این زمینه سرمایه گذاری جداگانه‌ای در برآوردها در نظر گرفته شود. کاهش درآمد محصول ناشی از چنین تغییراتی معمولاً در ظرفیت مجاز ذکرشده در پاراگراف قبل لحاظ می‌شود.

استفاده از صفحهٔ گسترده در محاسبات ارزیابی اقتصادی

شکل ۸ ـ ۱ ساختار یک صفحهٔ گستردهٔ نمونه را برای اجرای محاسبات ارزیابی اقتصادی نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال کاربر صفحهٔ گسترده، اطلاعات اولیه را از صفحات گستردهٔ شکل‌های ۶ ـ ۷ و ۶ ـ ۸ وارد می‌کند. حداقل اطلاعات لازم که باید کاربر وارد کند در بالای شکل ۸ ـ ۱ و موارد ۱، ۹ و ۱۱ آمده است.

تمام اطلاعات تا مورد ۱۱ توسط کاربر وارد می‌شوند، مگر اینکه دارای مقدار پیش فرض باشند.
ورودی‌ها: ظرفیت طراحی، kg/yr (مقدار محصول تولیدشده برحسب روزهای کاری در سال)
حداقل نرخ بازگشت مورد قبول (بعد از پرداخت مالیات، کسر سالانه گسسته در سال)
تعداد سال در دوره
زمانی ارزیابی نرخ
هزینه‌ها را به‌صورت اعداد منفی و درآمدها را به‌صورت اعداد مثبت وارد کنید
اعداد داخل پرانتزها دلالت بر اعداد خط دارند

	مقدار		جمع سطر
	پیش فرض	سال ژام از ۳- تا ۲۰	۳- تا ۲۰
۱. سرمایه‌گذاری ثابت			
۲. سرمایه‌گذاری جاری	۰/۱۷۶ (۱)		
۳. ارزش اسقاطی	۰		
۴. کل سرمایه‌گذاری	(۲+۱)		
۵. سرمایهٔ سالانه	۰		
۶. هزینهٔ راه‌اندازی	۰/۱ (۱)		
۷. نرخ عملیات، درصدی از ظرفیت سالانه	$0, j \leq 0$ $50, j = 1$ $90, j = 2$ $100, j = 3, \ldots, N$		
۸. فروش سالانه، $	۷. فروش در ظرفیت ۱۰۰٪		
۹. هزینهٔ تولید سالانه $			
الف. مواد اولیه			
ب. نیروی کار			
ج. انرژی			
د. تعمیر و نگهداری			
ر. تجهیزات عملیاتی			
ز. امتیازات			
س. کاتالیست‌ها و حلال‌ها			
ش. استهلاک	MACRS		
ص. مالیات‌های دارایی و بیمه			
ض. بهره			
ط. هزینه‌های اضافی کارخانه			
ظ. سایر موارد			
۱۰. کل مرحلهٔ ۹	محاسبه‌شده		
۱۱. هزینه‌های عمومی سالانه			
الف. اداری			
ب. توزیع و بازاریابی			
ج. تحقیق و توسعه			
د. سایر موارد			
۱۲. کل مرحلهٔ (۱۱)	محاسبه‌شده		
۱۳. کل هزینهٔ تولید			
۱۴. سود ناخالص سالانه			
۱۵. سود خالص سالانه			
۱۶. جریان پول عملیاتی سالانه			
۱۷. کل جریان پول سالانه			
۱۸. متوسط بازگشت سرمایه			
۱۹. دورهٔ زمانی بازپرداخت			
۲۰. بازگشت خالص			
۲۱. ضریب لزول			
۲۲. ارزش فعلی سالانه			
۲۳. ارزش فعلی خالص			
۲۴. نرخ بازگشت گردش وجه‌نقد لزولی			

شکل ۸ ـ ۱

محاسبات ارزیابی اقتصادی با استفاده از صفحهٔ گسترده.

کاربر می‌تواند در صورت لزوم مقادیر پیش‌فرض و روابط بین آنها را اصلاح نماید. در اینجا پنج معیار سودآوری بررسی شده، در زیر صفحهٔ گسترده محاسبه و جدول‌بندی شده است.

سرمایه‌گذاری‌های جانشین

در عملیات‌های صنعتی معمولاً امکان تولید محصولات یکسان از روش‌های مختلف وجود دارد. اگرچه نتایج فیزیکی ممکن است تقریباً یکی باشند، ولی سرمایهٔ لازم و هزینه‌های مربوطه، بسته به‌روش انتخاب شده، ممکن است به‌میزان قابل ملاحظه‌ای متفاوت باشند. همین‌طور، سایر روش‌هایی را که به‌مقدار سرمایه و سیستم‌های عملیاتی متفاوتی نیاز دارند می‌توان برای انجام اشکال دیگر معامله‌های تجاری به کار برد. بنابراین تصمیم‌گیری در این مورد که آیا یک معاملهٔ تجاری خاص نه تنها سودآور، بلکه از میان روش‌های احتمالی کدام یک مطلوب‌ترین خواهد بود، بسیار حایز اهمیت است.

اگر این نکته مشخص شده باشد که هر دلار سرمایه گذاری اضافی یک نرخ بازگشت مناسب دارد، تصمیم‌گیری نهایی در مورد انتخاب بهترین سرمایه گذاری آسان می‌شود. در عمل، معمولاً انتخاب‌های محدودی وجود دارد و سرمایه گذاری‌ها باید براساس مقدار افزایش سرمایه در سرمایه گذاری لازم، با یکدیگر مقایسه شوند.

مثال سادهٔ زیر اصول مقایسهٔ سرمایه گذاری را نشان می‌دهد. یک شرکت شیمیایی به‌منظور اضافه کردن یک واحد تولیدی جدید که نیاز به ۲۰۰۰۰۰ دلار سرمایه گذاری دارد در حال بررسی است. سود سالانهٔ این واحد پس از پرداخت مالیات ۲۴۰۰۰۰ دلار است. سرمایه گذاری دیگری پیشنهاد شده که نیاز به ۲ میلیون دلار سرمایه داشته و سود سالانهٔ آن پس از پرداخت مالیات ۳۰۰۰۰۰ دلار است. اگرچه هر دو پیشنهاد براساس برآوردهای اطمینان‌بخش ارایه شده‌اند، بخش اجرایی شرکت احساس می‌کند که سایر سرمایه گذاری‌های معادل دارای حداقل نرخ بازگشت سالانه پس از پرداخت مالیات ۱۴ درصدی باشند. بنابراین حداقل نرخ بازگشت قابل قبول برای سرمایه گذاری جدید پس از پرداخت مالیات ۱۴ درصد است.

نرخ بازگشت برای واحد ۱۲۰۰۰۰۰ دلاری ۲۰ درصد است و برای سرمایه گذاری دیگر ۱۵ درصد است. هر دو برگشت سرمایه از کمترین مقدار برگشت بیشتر هستند و به‌نظر می‌رسد باید سرمایه گذاری ۲ میلیونی به‌دلیل سود سالانه بیشتر توصیه شود. البته مقایسهٔ دقیق‌تر بین دو پیشنهاد نشان می‌دهد که ۸۰۰۰۰۰ دلار سرمایه گذاری اضافی فقط دارای سود ۶۰۰۰۰ دلار و نرخ بازگشت ۷/۵ درصد است. بنابراین اگر شرکت ۲ میلیون دلار برای سرمایه گذاری داشت، انتخاب پیشنهاد سرمایه گذاری

۱۲۰۰۰۰۰ دلاری بسیار سودآورتر بود، و ۸۰۰۰۰۰ دلار باقیمانده را در سرمایه گذاری دیگری که نرخ برگشت ۱۴ درصد داشته باشد انجام می‌داد.

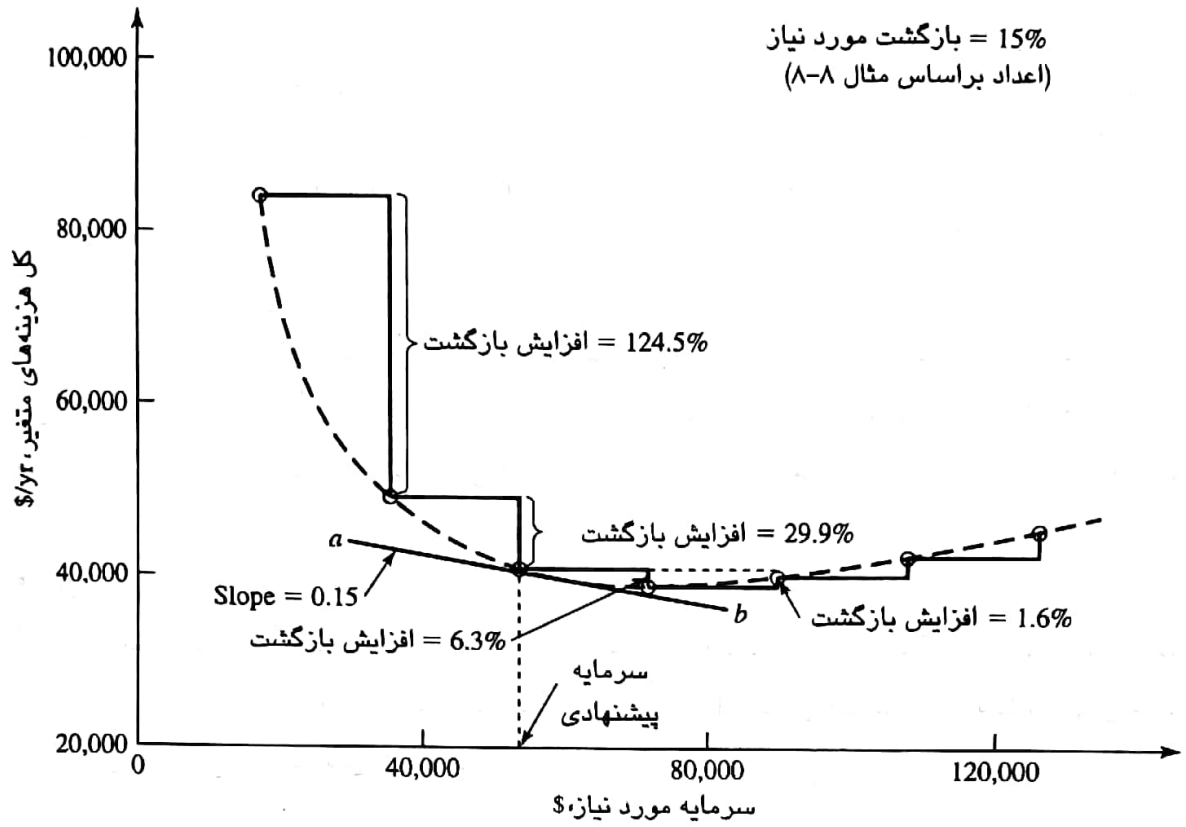
قانون کلی برای مقایسهٔ سرمایه گذاری‌ها را می‌توان به‌این صورت بیان کرد: کمترین سرمایه گذاری که نتایج عملیاتی لازم و نرخ برگشت مورد نظر را بدهد همواره قابل قبول است مگر اینکه دلیل خاصی برای انتخاب سرمایه گذاری که سرمایهٔ اولیه بیشتری دارد وجود داشته باشد. بنابراین هنگامی که سرمایه گذاری‌های مختلفی را می‌توان انتخاب کرد، طرح مبنا طرحی است که نیاز به کمترین سرمایهٔ مورد قبول را داشته باشد. سایر سرمایه گذاری‌ها باید با طرح مبنا مقایسه شوند و سرمایه گذاری اضافی نباید صورت گیرد مگر اینکه نرخ افزودهٔ مورد قبول یا مزایای متمایز دیگری وجود داشته باشد.

روش‌های جانشین به‌هنگام انجام سرمایه گذاری

مهندس طراح گاهی با شرایطی مواجه می‌شود که تنها یک انتخاب در میان سرمایه گذاری‌های مختلف دارد. مثالی برای این مورد طراحی کارخانه‌ای است که نیاز به‌یک سیستم تبخیر دارد. تبخیرکننده باید دارای ظرفیت لازم براساس نیازهای کارخانه باشد ولی چند روش دیگر برای انجام عملیات وجود دارد. تبخیرکنندهٔ یک‌مرحله‌ای کفایت خواهد کرد. اما در صورت استفاده از تبخیرکنندهٔ چندمرحله‌ای، به‌دلیل کاهش مصرف بخار هزینه‌های عملیاتی کمتر می‌شود. تحت این شرایط می‌توان تعداد مراحل بهینه را با مقایسهٔ میزان افزایش صرفه‌جویی توأم با افزایش سرمایهٔ لازم هر مرحلهٔ اضافی را تعیین کرد. نمایش گرافیکی مقایسه این نوع سرمایه گذاری در شکل ۸ـ ۲ نشان داده شده است.

طراح مبنا برای مقایسهٔ سرمایه گذاری‌ها از نوعی که در بند قبل توصیف شد باید حداقل سرمایه گذاری را که نتایج عملی مورد نظر را بدهد داشته باشد. سپس سرمایه گذاری‌ها با طرح مبنا مقایسه می‌شوند و سرمایه گذاری اضافی تنها در صورتی که مزیت خاصی داشته باشد توصیه می‌شود.

پس از مقایسهٔ سرمایه گذاری‌ها، آن دسته از سرمایه گذاری‌ها که سرمایهٔ اولیه بیشتری نیاز دارند فقط با سرمایه گذاری‌های کمتر و مقبول مقایسه می‌شوند. مثالی را در نظر بگیرید که یک سرمایه گذاری ۵۰۰۰۰ دلاری در آن نتیجهٔ مورد نظر را می‌دهد در حالی که سرمایه گذاری‌های دیگری با سرمایهٔ ۶۰۰۰۰ دلار و ۷۰۰۰۰ دلار همان نتایج را با هزینه‌های سالانهٔ کمتر ایجاد می‌کنند. فرض کنید مقایسهٔ بین سرمایه گذاری‌های ۵۰۰۰۰ دلاری و ۶۰۰۰۰ دلاری نشان دهد که سرمایه گذاری ۶۰۰۰۰ دلاری قابل قبول نیست. واضح است که دیگر دلیلی برای بررسی بیشتر سرمایه گذاری ۶۰۰۰۰ دلاری وجود نداشته و کافی است سرمایه گذاری‌های ۵۰۰۰۰ دلاری و ۷۰۰۰۰ دلاری با هم مقایسه شوند. به‌هنگام انتخاب یک سرمایه گذاری از میان سرمایه گذاری‌های دیگر، درک لزوم مقایسهٔ یک سرمایه گذاری با دیگر



شکل ۸ ـ ۲

مقایسهٔ سرمایه‌گذاری‌های مختلف در مواقعی که لازم است برای یک کار خاص سرمایه‌گذاری صورت گیرد و انتخاب‌های محدودی وجود دارد.

سرمایه گذاری‌ها براساس ویژگی متقابل ضروری است به گونه‌ای که بازگشت سرمایهٔ افزوده رضایت‌بخش باشد. مثال ۸ ـ ۶ این موضوع را نشان می‌دهد.

مثال ۸ ـ ۶ تحلیل سرمایه گذاری‌های جایگزین براساس افزایش بازگشت سرمایه

مدیریت یک کارخانه با مقادیر زیادی انرژی که از طریق گازهای زاید هدر می‌روند مواجه شده است. پیشنهاد شده که با بازیابی بخشی از گرمایی که در حال حاضر از بین می‌رود هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهند. چهار مبدل حرارتی مختلف برای بازیابی این گرما طراحی شده‌اند. کل هزینه‌های نصب، عملیات، و هزینه‌های ثابت و همچنین میزان صرفه‌جویی هریک از طرح‌ها محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول زیر آمده است:

	طراحی			
	شماره ۱	شماره ۲	شماره ۳	شماره ۴
کل سرمایه‌گذاری اولیه همراه با نصب، $	۱۰۰۰۰	۱۶۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۶۰۰۰
هزینه‌های عملیاتی، $/yr	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
هزینه‌های ثابت، درصدی از هزینهٔ اولیه در سال	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
ارزش حرارت بازیابی شده، $/yr	۴۱۰۰	۶۳۰۰	۷۳۰۰	۸۸۵۰

طبق سیاست‌های شرکت، نرخ بازگشت سالانهٔ حداقل ۱۵ درصد قبل از پرداخت مالیات بر مبنای سرمایه‌گذاری اولیه برای هر سرمایه‌گذاری غیرضروری در نظر گرفته شده است. تنها یکی از چهار طرح قابل قبول خواهد بود. با استفاده از بازگشت سرمایهٔ قبل از مالیات به‌عنوان مبنا، کدام طراحی باید پیشنهاد گردد؟

■ **حل:**

قدم اول تعیین میزان صرفه‌جویی سالانه برای هر طرح است که به کمک آن درصد بازگشت سالانهٔ سرمایه‌گذاری اولیه تعیین می‌شود. صرفه‌جویی خالص سالانه معادل با مقدار انرژی صرفه‌جویی شده منهای مجموع هزینه‌های عملیاتی و هزینه‌های ثابت است.

طرح ۱

$$\text{صرفه‌جویی سالانه} = 4100 - (0.2)(10000) - 100 = \$2000$$

$$\text{درصد بازگشت سالانه} = \frac{2000}{10000}(100) = 20\%$$

طرح ۲

$$\text{صرفه‌جویی سالانه} = 6300 - (0.2)(16000) - 100 = \$3000$$

$$\text{درصد بازگشت سالانه} = \frac{3000}{16000}(100) = 18.8\%$$

طرح ۳

$$\text{صرفه‌جویی سالانه} = 7300 - (0.2)(20000) - 100 = \$3200$$

$$\text{درصد بازگشت سالانه} = \frac{3200}{20000}(100) = 16\%$$

طرح ۴

$$\text{صرفه‌جویی سالانه} = 8850 - (0.2)(26000) - 100 = \$3550$$

$$\text{درصد بازگشت سالانه} = \frac{3550}{26000}(100) = 13.7\%$$

از آنجا که درصد بازگشت در هریک از سه طرح اول بیشتر از حداقل درصد مورد نیاز شرکت است هریک از این سه طرح را می‌توان انتخاب کرد. حال باید یکی از این سه طرح را انتخاب کرد. یک راه برای انجام این کار استفاده از روش بازگشت سرمایه گذاری مازاد[1] است.

تحلیل و بررسی از طریق بازگشت سرمایهٔ مازاد را می‌توان با مقایسهٔ منطقی مرحله به‌مرحله یک سرمایه گذاری قابل قبول با سرمایه گذاری‌های دیگر انجام داد. اگر طرح ۱ به‌عنوان مبنای شروع در نظر گرفته شود، مقایسهٔ طرح ۲ با طرح ۱ نشان می‌دهد که صرفه‌جویی سالانه برابر ۱۰۰۰ $ = ۲۰۰۰ $ - ۳۰۰۰ $ به‌ازای ۶۰۰۰ دلار سرمایه گذاری بیشتر به‌دست می‌آید. بنابراین درصد بازگشت سرمایهٔ مازاد ۱۶/۷ = (۱۰۰)(۶۰۰۰ / ۱۰۰۰) درصد است. طرح ۲ براساس سیاست‌های شرکت بر طرح اول ارجح است.

با مقایسهٔ طرح‌های ۲ و ۳، نرخ بازگشت سالانه ۵ = (۱۰۰)(۴۰۰۰ / ۲۰۰) درصد است. بنابراین طرح ۳ در مقایسه با طرح ۲ غیرقابل قبول بوده و طرح ۲ طرح ارجح خواهد بود. ■

اگر مانند روش بازگشت خالص، بازگشت مورد نیاز برای هر حالت به‌صورت یک هزینه در نظر گرفته شود، با انتخاب نوعی سرمایه گذاری که سود سالانه یا صرفه‌جویی بیشتری در پی دارد می‌توان نتایج یکسانی به‌دست آورد. این موضوع در مثال ۸ ـ ۷ نشان داده شده است.

مثال ۸ ـ ۷ تحلیل سرمایه گذاری‌های دیگر با در نظر گرفتن حداقل بازگشت به‌عنوان هزینه

برای تحلیل سرمایه گذاری جانشین در مبدل‌های حرارتی مثال ۸ ـ ۶، هزینهٔ سالانه برای بازگشت مورد نظر ۱۵ درصد کل سرمایه گذاری اولیه است. بنابراین،

طرح ۱ صرفه‌جویی سالانه بیش از بازگشت لازم برابر است با:

$$2000-(0.15)(10000)=\$\ 500$$

طرح ۲ صرفه‌جویی سالانه بیش از بازگشت لازم برابر است با:

$$3000-(0.15)(16000)=\$\ 600$$

طرح ۳ صرفه‌جویی سالانه بیش از بازگشت لازم برابر است با:

$$3200-(0.15)(20000)=\$\ 200$$

طرح ۴ صرفه‌جویی سالانه بیش از بازگشت لازم برابر است با:

$$3550-(0.15)(26000)=-\$\ 350$$

1- return on incremental investment

از آن‌رو که صرفه‌جویی سالانه برای طرح ۲ از همهٔ طرح‌ها بیشتر است، طرح مذکور پیشنهاد شده و این همان نتایج به‌دست آمده از تحلیل براساس نرخ بازگشت سرمایه گذاری مازاد است.

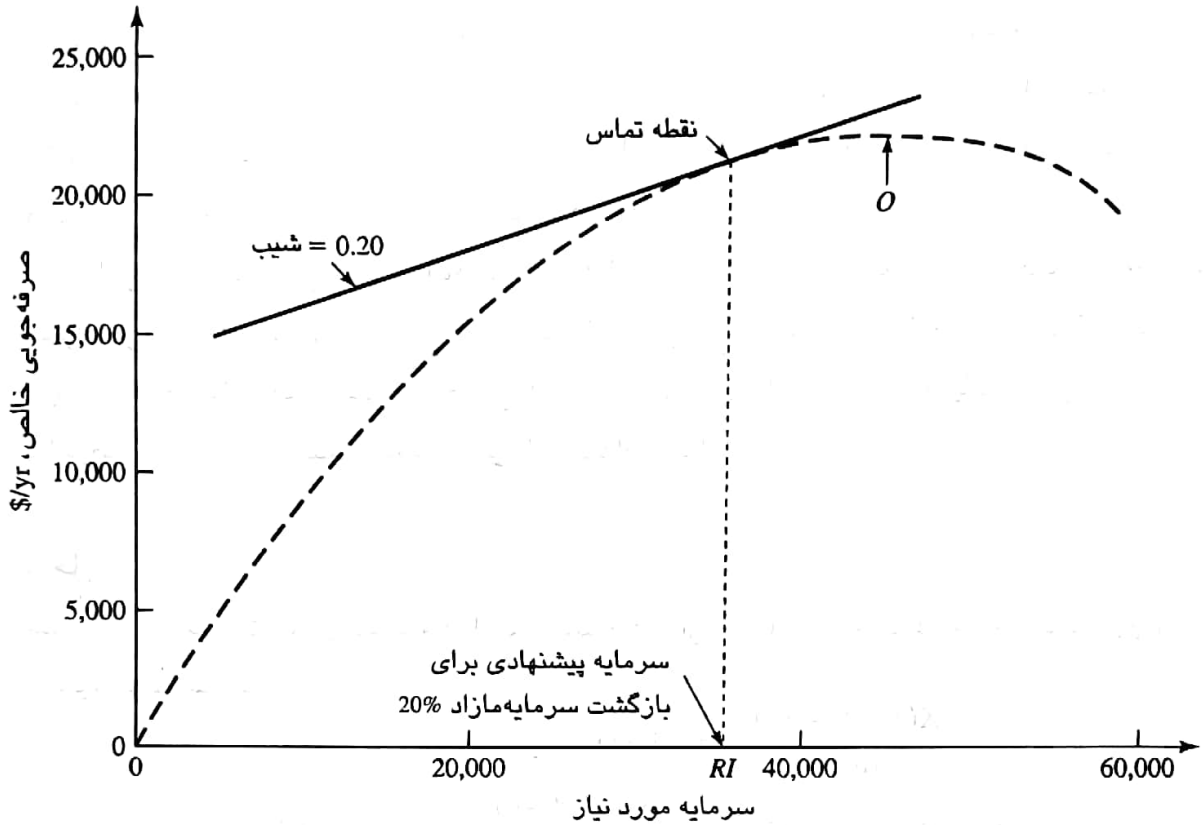
■

دو مثال ساده اخیر، ۸ ـ ۶ و ۸ ـ ۷، برای نشان دادن مفاهیم اساسی مقایسهٔ سرمایه گذاری‌ها به کار برده می‌شوند. این روش براساس روش بازگشت سادهٔ سرمایه اولیه استوار است که در آن از ارزش زمانی پول چشم‌پوشی شده است. اگرچه ممکن است این روش برای تخمین‌های مقدماتی و تقریبی رضایت‌بخش باشد، ولی برای ارزیابی نهایی روش دقیق‌تری لازم است که در آن ارزش زمانی پول و سایر عوامل عملی دیگر، برای اطمینان از بهترین فرصت ممکن برای موفقیت آینده به کار برده شده باشند. روش‌های پیشرفته‌تر از این نوع در بخش‌های بعد ارایه شده است.

تحلیل اقتصادی افزایش اندک در سرمایه

مهندس طراح گاهی با شرایطی مواجه می‌شود که امکان افزایش کوچکی در سرمایه گذاری مقدور است. برای مثال، در طراحی مبدل حرارتی برای بازیابی گرما، افزایش هر متر مربع سطح انتقال حرارت می‌تواند سبب کاهش گرمای هدر رفته گردد؛ ولی مقدار گرمای بازیابی شده در واحد سطح انتقال حرارت با افزایش سطح کاهش می‌یابد. چون سرمایهٔ لازم برای مبدل حرارتی تابعی از سطح انتقال حرارت است، می‌توان نمودار صرفه‌جویی خالص (یا سود خالص حاصل از مبدل حرارتی) را برحسب کل سرمایه گذاری رسم کرد. نتیجهٔ این کار نموداری با شیب ملایم است که در شکل ۸ ـ ۳ نشان داده شده است. نقطهٔ حداکثر صرفه‌جویی خالص که در شکل ۸ ـ ۳ با O نشان داده شده بیانگر شرایط بهینه است. هر چند آخرین افزایش سرمایه گذاری قبل از این نقطه اساساً بازگشتی معادل با صفر درصد دارد. بنابراین براساس مقایسهٔ سایر سرمایه گذاری‌ها، آن سرمایه گذاری توصیه می‌شود که صرفه‌جویی خالص آن کمتر از مقدار حداکثر است.

سرمایه گذاری دقیق که در آن بازگشت مازاد، مقدار معینی است که شیب منحنی صرفه‌جویی خالص برحسب سرمایه گذاری در آن نقطه برابر با بازگشت مورد نظر است. بنابراین یک خط مستقیم با شیبی معادل با بازگشت لازم، مماس بر منحنی صرفه‌جویی خالص برحسب سرمایه گذاری است که آن نقطه بیانگر سرمایه گذاری پیشنهادی است. این خط برای بازگشت سالانهٔ سرمایه گذاری مازاد ۲۰ درصدی در شکل ۸ ـ ۳ نشان داده شده است و سرمایه گذاری پیشنهادی برای این حالت با RI مشخص شده است. اگر یک رابطهٔ تحلیلی برای بیان ارتباط میان صرفه‌جویی خالص و سرمایه گذاری



شکل ۸ ـ ۳

روش گرافیکی به‌منظور تعیین سرمایه‌گذاری برای بازگشت مازاد مورد نظر، هنگامی که سرمایه‌گذاری مازاد به‌صفر میل می‌کند.

وجود داشته باشد، واضح است که می‌توان از طریق قرارداد مشتق صرفه‌جویی خالص نسبت به‌سرمایه گذاری برابر با درصد بازگشت مورد نیاز، سرمایه گذاری پیشنهادی را مستقیماً به‌دست آورد.

روش توصیف‌شده در بند قبل را می‌توان برای منحنی‌های پیوسته نیز به کار برد که به‌صورت منحنی خط‌چین در شکل ۸ ـ ۲ نشان داده شده‌اند. بنابراین خط ab در شکل ۸ ـ ۲ در نقطه‌ای بر منحنی خط‌چین مماس است که بیانگر سرمایه گذاری پیشنهادی در حالت بازگشت مازاد ۱۵ درصدی است.

مثال ۸ ـ ۸ مقایسهٔ سرمایه گذاری برای عملیات مورد نظر با تعداد انتخاب محدود

کارخانه‌ای طوری طراحی شده که باید ۲۰۴۰۰۰ کیلوگرم محلول سود حاوی ۵ درصد وزنی سود تا ۴۰ درصد وزنی در مدت ۲۴ ساعت تغلیظ شود. از تبخیرکننده یک‌مرحله‌ای یا چندمرحله‌ای استفاده خواهد شد، و

سرمایه‌گذاری اولیه برای تبخیرکنندهٔ یک مرحله‌ای که پاسخگوی ظرفیت لازم باشد ۱۸۰۰۰ دلار است. برای افزودن هر مرحله نیاز به‌همین مقدار سرمایه‌گذاری است. عمر کارکرد دستگاه ۱۰ سال برآورد می‌شود و ارزش قراضه هر مرحله پس از عمر مفید آن ۶۰۰۰ دلار تخمین زده شده است. هزینه‌های ثابت منهای استهلاک سالانه ۲۰ درصد سرمایه‌گذاری اولیه است. هزینهٔ بخار $1.32/10kg$ ، و هزینه‌های دفتری، نیروی انسانی، و سایر هزینه‌های دیگر بدون توجه به‌تعداد مراحل تبخیرکننده‌ها ۴۰ دلار در روز است.

اگر X تعداد مراحل تبخیرکننده‌ها باشد، $0.9X$ برابر وزن آب تبخیر شده برحسب کیلوگرم به‌وزن بخار مصرفی برحسب کیلوگرم برای این نوع تبخیرکننده است. فرض کنید کارخانه ۳۰۰ روز در سال کار می‌کند و مالیات بر درآمد ۳۵ درصد است. اگر حداقل بازگشت مورد قبول قبل از پرداخت مالیات در هر سرمایه‌گذاری ۱۵ درصد باشد، از تبخیرکنندهٔ چندمرحله‌ای باید استفاده کرد؟

■ حل:

مبنا: یک روز عملیات. X را تعداد مراحل تبخیرکننده در نظر بگیرید. استهلاک در هر روز کاری (روش خط مستقیم) برابر است با:

$$\frac{X(18000-6000)}{10(300)} = \$4.00X/day$$

$$\text{هزینه‌های ثابت} - \text{استهلاک} = \frac{X(18000)-(0.2)}{300} = \$12.00X/day$$

مقدار آبی که در هر روز تبخیر می‌شود برابر است با:

$$(204000)(0.05)\left(\frac{95}{5}\right)-(204000)(0.05)\left(\frac{60}{40}\right)= 178500\ kg/day$$

$$\text{هزینهٔ بخار} = \frac{(178500)(1.32)}{X(0.9)(1000)} = \$261.80/(X/day)$$

خلاصهٔ هزینه‌های عملیاتی توأم با تعداد مراحل به‌کار رفته

تعداد مراحل X	هزینه‌های بخار برای یک روز	هزینه‌های ثابت منهای استهلاک در یک روز	استهلاک در روز	نیروی انسانی،... در روز	کل هزینه در روز
۱	$۲۶۱/۸	$۱۲	$۴	$۴۰	$۳۱۷/۸
۲	۱۳۰/۹	۲۴	۸	۴۰	۲۰۲/۹
۳	۸۷/۳	۳۶	۱۲	۴۰	۱۷۵/۳
۴	۶۵/۵	۴۸	۱۶	۴۰	۱۶۹/۵
۵	۵۲/۴	۶۰	۲۰	۴۰	۱۷۲/۴
۶	۴۳/۶	۷۲	۲۴	۴۰	۱۷۹/۶

از مقایسهٔ دو مرحله با یک مرحله به‌دست می‌آید:

$$\text{درصد بازگشت} = \frac{(317.8-202.9)(300)(100)(0.65)}{36000-18000} = 124.5\%$$

بنابراین دو مرحله‌ای بهتر از یک مرحله‌ای است.

مقایسهٔ سه‌مرحله‌ای با دو مرحله‌ای:

$$\text{درصد بازگشت} = \frac{(202.9-175.3)(300)(100)(0.65)}{54000-36000} = 29.9\%$$

بنابراین سه مرحله‌ای بهتر از دو مرحله‌ای است.

مقایسهٔ چهار مرحله‌ای با سه مرحله‌ای:

$$\text{درصد بازگشت} = \frac{(175.3-169.5)(300)(100)(0.65)}{72000-54000} = 6.3\%$$

چون حداقل بازگشت ۱۵ درصد است، تبخیرکنندهٔ سه‌مرحله‌ای بهتر از چهارمرحله‌ای است، و تبخیرکنندهٔ چهارمرحله‌ای نیازی به‌بررسی بیشتر ندارد.

با مقایسهٔ تبخیرکنندهٔ سه‌مرحله‌ای و پنج‌مرحله‌ای داریم:

$$\text{درصد بازگشت} = \frac{(175.3-172.4)(300)(100)(0.65)}{90000-54000} = 1.6\%$$

بنابراین سه‌مرحله‌ای بهتر از پنج‌مرحله‌ای است.

از آنجا که کل هزینه‌های روزانه هنگامی که تعداد مراحل از پنج مرحله بیشتر می‌شود افزایش پیدا می‌کند، نیازی برای مقایسه‌های بیشتر نیست.

باید از یک تبخیرکنندهٔ سه‌مرحله‌ای استفاده نمود.

■

جایگزین‌ها

عبارت جایگزین[1]، که در این فصل از آن استفاده شده، به‌نوع سرمایه گذاری خاصی اطلاق می‌شود که در حال حاضر تأسیساتی در آن وجود دارد و ممکن است با جایگزینی آنها با تأسیسات دیگر شرایط بهتری را فراهم سازد. هر چند عوامل نامحسوس می‌تواند تأثیر زیادی بر تصمیم‌گیری در مورد امکانات جایگزین داشته باشند، مهندس طراح باید مفاهیم اقتصادی محسوس را درک کند و برای جایگزینی

1- Replacement

دستگاه یا تأسیسات موجود تصمیم‌گیری کند. دلایل جایگزین کردن به‌دو دستهٔ کلی به‌صورت زیر تقسیم می‌شوند:

۱. برای تداوم عملیات لازم است دارایی موجود جایگزین شده یا تغییر پیدا کند تا عملیات و تقاضا برای خدمات یا تولید برآورده شود.
مثال‌هایی در این زمینه عبارتند از:
الف. دارایی فرسوده شده و دیگر قادر به‌خدمات‌رسانی نیست.
ب. دارایی ظرفیت کافی برای تأمین تقاضای مورد نظر را ندارد.
ج. به‌دلیل تغییر در طراحی یا ملزومات محصول دارایی ناکارا شده و عملکرد آن از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه نیست.
۲. دارایی موجود قادر به‌تأمین محصول یا خدمات مورد نظر می‌باشد، ولی دستگاه یا دارایی مناسب‌تری موجود است که با هزینهٔ کمتری می‌تواند عمل مورد نظر را انجام دهد.

وقتی دلیل جایگزینی از نوع اول باشد، تنها جایگزین ممکن انجام تغییرات لازم و یا خروج از تجارت است. تحت این شرایط تحلیل اقتصادی نهایی به‌مقایسهٔ بین سرمایه گذاری‌های دیگر محدود می‌شود.

تصمیم‌گیری درست دربارهٔ مطلوب بودن جایگزینی دارایی فعلی که قادر به‌تأمین محصول یا خدمات مورد نظر است بستگی به‌درک عمیق از سیاست‌های نظری جایگزینی به‌همراه ملاحظهٔ دقیق بسیاری از عوامل عملی دارد. برای توصیه و پیشنهاد یک تغییر، هزینه‌های عملیاتی دستگاه باید با دستگاهی که در صورت ایجاد تغییر جایگزین می‌شود مقایسه گردد. ملاحظات عملی مثل مقدار سرمایهٔ موجود یا فوایدی که با به‌دست آوردن رقیب حاصل می‌شود نیز ممکن است تأثیر مهمی در تصمیم‌گیری نهایی داشته باشند.

روش‌های ارزیابی سودآوری برای جایگزین‌ها

همان روش‌هایی که قبلاً در این فصل ارایه شد برای تحلیل سودآوری جایگزین‌ها نیز صادق است. ارزش خالص فعلی و روش گردش نزولی وجوه نقد مطمئن‌ترین نتایج را برای حداکثر کردن ارزش کلی یک سرمایه گذاری در آینده ایجاد می‌کنند. اما با این حال، برای تشریح اصول بنیادی تحلیل اقتصادی جایگزینی، روش تحلیل نرخ بازگشت سادهٔ سرمایه گذاری به‌همان اندازه مؤثر است که سایر روش‌ها ارزش زمانی پول را در نظر می‌گیرند. بنابراین به‌منظور کاربرد تصاویر مستقیم بدون تخطی از اصول

مورد بررسی، آنالیز روش‌های تصمیم‌گیری اقتصادی در زمینهٔ جایگزین‌ها، از نرخ بازگشت سالانه بر مبنای سرمایه گذاری اولیه به‌عنوان معیار سودآوری استفاده شده است. عین این اصول برای روش‌های پیچیده‌تر نرخ بازگشت و ارزش خالص فعلی می‌توان از اصول مشابه و یکسانی استفاده کرد فقط کافی است که روش‌های توصیف شده در بخش‌های قبلی این فصل به کار گرفته شوند.

نمونهٔ متداولی از سیاست جایگزینی

مثال زیر نوعی تحلیل اقتصادی را ارایه می‌دهد که در آن نسبت به‌انجام جایگزینی یا عدم آن تصمیم‌گیری می‌شود. یک شرکت از دستگاهی که در ابتدا ۳۰۰۰۰ دلار ارزش داشته استفاده می‌کند. دستگاه به‌مدت ۵ سال کار کرده و در حال حاضر دارای ارزش خالص ۶۰۰۰ دلار است. در زمان نصب عمر مفید دستگاه ۱۰ سال تخمین زده شده بود و ارزش قراضهٔ آن صفر فرض شده است. هزینه‌های عملیاتی ۲۲۰۰۰ دلار در سال است. هم‌اکنون به‌نظر می‌رسد که عمر مفید باقیماندهٔ دستگاه ۳ سال باشد.

پیشنهادی برای جایگزینی این دستگاه با دستگاهی که با طراحی پیشرفته‌تر ساخته شده ارایه گردیده است. قیمت دستگاه پیشنهادی ۴۰۰۰۰ دلار و هزینهٔ عملیاتی آن ۵۰۰۰ دلار در سال است. عمر مفید دستگاه ۱۰ سال و ارزش قراضهٔ آن صفر تخمین زده شده است. هر قطعه از دستگاه قادر است همان کار قبل را انجام داده، و همهٔ هزینه‌ها به‌جز هزینه‌های عملیاتی و استهلاک ثابت می‌ماند. هزینهٔ استهلاک با روش خط مستقیم محاسبه می‌شود. شرکت هیچ سرمایه گذاری غیرضروری انجام نمی‌دهد مگر اینکه نرخ بازگشت سالانه برای سرمایه گذاری حداقل ۱۰ درصد باشد.

دو سرمایه گذاری در این مثال می‌توان انجام داد؛ یکی ادامهٔ استفاده از دستگاه فعلی و دیگری جایگزین کردن آن. برای انتخاب بهترین گزینه، باید کاهش هزینه‌های ناشی از تغییر و تحول و میزان سرمایه گذاری جدید مورد نیاز را در نظر گرفت. تنها هزینه‌های متغیر، هزینه‌های مربوط به‌عملیات و استهلاک هستند. بنابراین هزینه‌های متغیر سالانه برای دستگاه مورد نظر ۴۰۰۰۰/۱۰ $ + ۱۵۰۰۰ $ یا ۱۹۰۰۰ دلار است.

هزینهٔ سالانه ادامهٔ کار با دستگاهی قدیمی، ۳۰۰۰۰/۱۰ $ + ۲۲۰۰۰ $ یا ۲۵۰۰۰ دلار است. با جایگزینی، در سال ۱۹۰۰۰ $ - ۲۵۰۰۰ $ یا ۶۰۰۰ دلار صرفه‌جویی می‌شود. قیمت دستگاه جدید ۴۰۰۰۰ دلار است ولی قیمت فروش دستگاه قدیمی ۶۰۰۰ دلار است؛ بنابراین، برای صرفه‌جویی ۶۰۰۰ دلار در سال نیاز به ۳۴۰۰۰ دلار سرمایه گذاری است. چون این کار مقدار بازگشتی بزرگتر از ۱۰ درصد خواهد داشت لذا بهتر است دستگاه جدید جایگزین گردد.

ارزش دفتری[1] و مقادیر مستهلک نشده

در مثال قبل ارزش دفتری سرمایهٔ موجود ۱۵۰۰۰ دلار در زمان پیشنهاد جایگزین بود. هر چند این حقیقت تأثیری در انجام یا عدم جایگزینی ندارد. ارزش دفتری بر مبنای تخمین‌های قبلی است اما تصمیم‌گیری برای انجام جایگزینی براساس شرایط حال است. تفاوت بین ارزش دفتری و ارزش قابل حصول در هر زمان ارزش مستهلک نشده[2] نامیده می‌شود.

اگرچه ارزش و مقادیر مستهلک نشده جایگاهی در مطالعات مرتبط با جایگزینی ندارد، ولی در برخی روش‌ها باید آن را مدنظر داشت. یک روش برای این افت سرمایه یا بهره، سرمایه گذاری مستقیم آنها در حساب‌های سود و ضرر برای دورهٔ عملیاتی جاری است. وقتی ضرر قابل ملاحظه‌ای اتفاق می‌افتد، این روش ممکن است اثر نامطلوب و نامتعادلی بر سود دورهٔ زمانی فعلی داشته باشد. شرکت‌های زیادی با در نظر گرفتن ذخیرهٔ پولی اضافی خود را در مقابل این اثرات نامطلوب محافظت نموده و ارزش مستهلک نشده را کنترل می‌کنند. این سرمایه با در نظر گرفتن یک مقدار مشخص در هر دورهٔ حسابداری تجمع می‌یابد. وقتی ضررهای ناشی از ارزش مستهلک نشده اتفاق می‌افتد، از محل پس‌انداز آنها را جبران می‌کنند. به‌این ترتیب می‌توان مقادیر مستهلک نشده را بدون تأثیر جدی بر سودهای دوره‌ای کنترل کرد.

سرمایه‌گذاری‌هایی که مبنای مقایسهٔ جایگزینی واقع شده‌اند

سفارش انجام جایگزینی معمولاً با توجه به‌نرخ برگشتی تعیین می‌شود که از طریق سرمایه گذاری ضروری تحقق می‌یابد. بنابراین میزان سرمایه گذاری دارای اهمیت است. تفاوت بین هزینهٔ کل جایگزینی و ارزش خالص قابل وصول سرمایه برابر است با سرمایه گذاری ضروری[3]. بنابراین، به‌منظور اطمینان از صحت سرمایه گذاری، تعیین سرمایه گذاری مربوط به‌جایگزینی اهمیت می‌یابد.

در مطالعهٔ جایگزینی، ارزش خالص قابل وصول[4] سرمایهٔ موجود باید به‌عنوان ارزش بازار آن فرض شود. هر چند ممکن است این مقدار کمتر از قیمت واقعی و قیمتی که مالک در نظر دارد باشد، و بیانگر مقدار سرمایه‌ای است که در صورت جایگزینی دستگاه قدیمی حاصل می‌شود. هر تلاشی برای بالا بردن ارزش یک سرمایهٔ موجود نسبت به‌ارزش قابل وصول آن منجر به‌یک سرمایه گذاری غیراقتصادی می‌شود.

1- Book values
2- Unamortized value
3- Necessary investment
4- Net realizable value

مثال ۸ ـ ۹ یک موقعیت مناسب برای نمایش نتیجهٔ تحلیل اقتصادی جایگزینی

یک واحد تولیدی جدید به‌تازگی توسط یک شرکت نیمه‌غربی ساخته شده و شروع به کار کرده است. اساس فرآیند تولید یک رایانهٔ ویژه به‌منظور کنترل است (به‌نام رایانهٔ OVT) که توسط بخش تحقیقات تهیه شده است. در حال حاضر دستگاه کمتر از یک هفته کار کرده است و عملکرد آن در حال بررسی است. البته یک رایانهٔ جدید (به‌نام NTR) در بازار عرضه شده است. این رایانهٔ جدید به‌راحتی قابل نصب و جایگزینی با رایانهٔ فعلی بوده و به‌دلیل هزینهٔ کمتر تعمیر و نگهداری قادر است همان کنترل فرآیند را با هزینهٔ سالانه بسیار کمتر انجام دهد. اما اگر رایانهٔ جدید نصب شود، رایانهٔ فعلی فاقد ارزش خواهد بود زیرا نمی‌توان استفادهٔ خاصی از آن به‌عمل آورد.

اطلاعات اقتصادی مربوط به‌دو رایانه در زیر نشان داده شده است:

	رایانهٔ OVT	رایانهٔ NTR
هزینهٔ سرمایه‌گذاری، دلار	۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰
عمر مفید تخمینی، سال	۱۰	۱۰
ارزش قراضه در پایان عمر مفید اقتصادی، دلار	۰	۰
هزینه‌های سالانه، دلار	۲۵۰۰۰۰	۵۰۰۰۰

چه توصیه‌ای دربارهٔ جایگزینی رایانهٔ ۲۰۰۰۰۰۰ دلاری با رایانهٔ جدید باید انجام گیرد؟

■ **حل:**

هزینهٔ سالانه قبل از پرداخت مالیات برای رایانهٔ OVT برابر است با هزینهٔ پول نقد به‌اضافهٔ استهلاک یا ۲۰۰۰۰۰۰ / ۱۰ = $۴۵۰۰۰۰ + ۲۵۰۰۰۰.

در صورت نصب رایانهٔ NTR کل سرمایه‌گذاری برای رایانهٔ OVT از بین می‌رود. بنابراین کل سرمایه‌گذاری رایانهٔ NTR ، ۱۰۰۰۰۰۰ دلار است. میزان ذخیرهٔ پس از پرداخت مالیات براساس نرخ مالیات ۳۵ درصدی $۱۹۵۰۰۰ = [(۱۰۰۰۰۰۰ / ۱۰) + ۵۰۰۰۰] – (۰/۶۵)(۴۵۰۰۰۰) خواهد بود.

نرخ بازگشت این سرمایه‌گذاری ۱۹/۵ درصد یا (۱۰۰)(۱۰۰۰۰۰۰ / ۱۹۵۰۰۰) است. این بازگشت سرمایه پس از پرداخت مالیات برای شرکت به‌عنوان یک سرمایه‌گذاری امن، و اگرچه غیرضروری، بسیار رضایت‌بخش است. تحت این شرایط جایگزینی پیشنهاد می‌شود. اگر بازگشت سرمایهٔ رضایت‌بخش نباشد، آنگاه امکان در نظر گرفتن مالیات بر کاهش سرمایه برای رایانهٔ OVT باید بررسی شده و در محاسبات مدنظر قرار گیرد.

به‌دلیل کاهش هزینه برای رایانهٔ NTR ، یک روش ارزیابی سودآوری که ارزش زمانی پول را نیز در نظر می‌گیرد منجر به‌جایگزینی می‌شود، حتی با بازگشت سرمایهٔ بیشتری نسبت به‌روش نرخ بازگشت سرمایه که در حل این مثال به کار برده شد.

■

عوامل عملی در سرمایه‌گذاری جانشین و تحلیل جایگزینی

تمام بحث‌ها تا کنون از نقطه‌نظر تئوری سرمایه گذاری جایگزین و تحلیل جایگزینی صورت گرفته است. در حالی که ملاحظات عملی معینی بر تصمیم‌گیری نهایی تأثیر می‌گذارند. در بیشتر موارد مقدار سرمایهٔ موجود محدود است. در نتیجه انتخاب کمترین سرمایه گذاری که خدمات مورد نظر را تأمین و بازگشت سرمایهٔ لازم را فراهم کند مناسب به‌نظر می‌رسد. هر چند از حیث نظری ممکن است سرمایه گذاری بزرگتر بهتر باشد، ولی بازگشت اضافی، ارزش به‌خطر انداختن بیشتر سرمایهٔ استقراضی و یا تأمین شده از منابع خارجی را ندارد.

دومین عامل عملی که باید مورد توجه قرار گیرد، دقت تخمین‌های به کار رفته در تعیین نرخ بازگشت است. تمام عوامل خطر باید قبل از انجام هر سرمایه گذاری به‌دقت مورد بررسی قرار گیرند و قبل از انجام هر سرمایه گذاری بیشتر از مقدار لازم باید عوامل خطر کاملاً مدنظر قرار گیرند.

شرایط اقتصادی موجود در یک زمان خاص تأثیر عملی مهمی بر تصمیم‌گیری نهایی دارد. در شرایط کسادی و یا زمانی که شرایط اقتصادی بسیار نامطمئن است، باید از سرمایه گذاری بیش از مقدار ضروری خودداری کرد. موقعیت مالیاتی شرکت نیز بر تصمیم‌گیری اثرگذار است.

در تصمیم‌گیری نهایی یک سرمایه گذاری پیشنهادی عوامل نامحسوس فراوانی دخیل هستند. گاهی ممکن است تحریک افکار عمومی از طریق شکل ظاهری دستگاه یا ایجاد تغییرات غیرضروری در محصول نهایی مطلوب به‌نظر برسد. این مزایای تبلیغاتی در تحلیل اقتصاد نظری جایی ندارند، در حالی که در تصمیم‌گیری نهایی مدیریت در انتخاب یک سرمایه گذاری از میان سرمایه گذاری‌های موجود تأثیرگذار می‌باشند.

تعصبات و نظرات شخصی، تمایل به‌نرخ تولید و استاندارد بهتر نسبت به‌رقبا، وجود سرمایهٔ اضافی و اصرار به گسترش کارخانهٔ فعلی عواملی هستند که می‌توانند در تعیین انجام یک سرمایه گذاری نقش داشته باشند. تحلیل‌های نظری از سرمایه گذاری‌های جانشین و جایگزین‌ها را می‌توان برای نمایش دادن تحقق عینی یک سرمایه گذاری پیشنهادی به کار برد. تصمیم نهایی بستگی به‌این نتایج نظری و نیز عوامل عملی دارد که براساس وضعیت موجود تعیین می‌شوند.

فهرست علایم و اختصارات

A_j = گردش وجه نقد در سال j، دلار

A_x = سرمایه گذاری ثابت غیرتولیدی، دلار

$-b$ = سالی که در آن سرمایه گذاری انجام شده، بدون بعد

c_{oj} = کل هزینهٔ تولید بدون استهلاک در سال j، دلار

d_j = هزینهٔ استهلاک در سال j، دلار

DCFR = نرخ نزولی گردش وجه نقد، ۱۰۰/ درصد

i = نرخ بهره بر مبنای طول یک دورهٔ زمانی بهره، ۱۰۰/ درصد

i′ = نرخ سالانهٔ تورم، ۱۰۰/ درصد

j = سال مورد نظر، بدون بعد

m_{ar} = حداقل نرخ بازگشت سالانهٔ قابل قبول، ۱۰۰/ درصد

N = مدت زمان ارزیابی برای تحلیل اقتصادی، سال

N_p = سود خالص سالانه؛ دلار؛ حروف زیرنویس p,ave دلالت بر سود خالص متوسط سالانه دارد؛ حروف زیرنویس p,j سود خالص در سال j را نشان می‌دهد.

NPW = ارزش خالص فعلی، دلار

p = قیمت محصول، کیلوگرم/ دلار

P_r = نرخ تولید، kg/yr

PBP = مدت بازپرداخت، سال

PWF = ضریب ارزش فعلی، در بیشتر موارد بدون بعد

r = نرخ بهرهٔ اسمی برای مرکب شدن روزانه، هفتگی و ماهانه به‌جز سالانه، ۱۰۰/ درصد

r_{ma} = حداقل نرخ بازگشت قابل قبول برای مرکب شدن پیوسته مربوط به m_{ar} ، ۱۰۰/ درصد

r′ = نرخ اسمی بهره برای مرکب شدن پیوسته مربوط به i′ ، ۱۰۰/ درصد

rec_j = بازیافت سرمایهٔ عملیاتی و دارایی‌های فیزیکی در سال j، دلار

R_n = بازگشت خالص، دلار؛ زیرنویس ave بیانگر بازگشت خالص متوسط است

ROI = بازگشت سرمایه، درصد یا ۱۰۰/ درصد

s_j = قیمت فروش در سال j، دلار

$\mathcal{T}$ = کل هزینهٔ سرمایه گذاری، دلار

V = سرمایه گذاری تولیدی، دلار

نماد یونانی

Φ = نرخ مالیات بر درآمد، ۱۰۰/ درصد

مسائل

۸ـ۱ کل پول حاصل قبل از کسر مالیات پس از ۱۰ سال چقدر خواهد بود در صورتی که ۱۰۰۰۰ دلار در یک حساب پس‌انداز با نرخ بهرهٔ ۶ درصد ماهانه مرکب شود؟ چند سال طول می‌کشد تا مقدار سرمایه‌گذاری شده با همان نرخ سود مرکب به‌طور نیم‌سال دو برابر شود؟ در صورتی‌که بهرهٔ مرکب به‌طور پیوسته باشد، کوتاه‌ترین زمان برای دو برابر شدن پول چند سال است؟

۸ـ۲ یک کارخانهٔ شیمیایی پیشنهادی نیاز به‌سرمایه‌گذاری ثابت ۱۰ میلیون دلار دارد. میزان سرمایهٔ عملیاتی مورد نیاز ۲۵ درصد کل سرمایه‌گذاری تخمین زده شده است. استهلاک سالانه نیز ۱۰ درصد سرمایه‌گذاری ثابت برآورد شده است. اگر سود سالانه ۳ میلیون دلار باشد، درصد بازگشت کل سرمایه و مدت بازپرداخت را تعیین کنید.

۸ـ۳ مطالعه بر روی یک سرمایه‌گذاری پیشنهادی انجام شده است. نتایج زیر به‌مدیریت گزارش شده: مدت بازپرداخت ۵ سال است. استهلاک سالانه ۱۰ درصد سرمایه‌گذاری ثابت در سال است؛ و سرمایه‌گذاری ثابت ۸۵ درصد کل سرمایه‌گذاری است. با این اطلاعات، نرخ بازگشت سرمایه را تعیین کنید.

۸ـ۴ برای پمپ کردن آب از یک منبع دو پمپ در نظر گرفته شده است. قیمت نصب شده و ارزش قراضهٔ این دو پمپ در زیر داده شده است:

	پمپ A	پمپ B
قیمت نصب شده	$۲۰۰۰۰	$۲۵۰۰۰
ارزش قراضه	$۲۰۰۰	$۴۰۰۰

عمر مفید پمپ A ، ۴ سال است. اگر نرخ بهرهٔ مؤثر سالانه ۱۵ درصد باشد عمر مفید پمپ B را طوری تعیین کنید که با پمپ A قابل رقابت باشد. رقابتی بودن مستلزم این است که ارزش نصب شدهٔ پمپ‌ها به‌اضافهٔ هزینهٔ نصب طوری باشد که بهرهٔ کافی در طول عمر دستگاه (با افزودن ارزش قراضه) آنقدر باشد که پمپ با قیمت اولیه جایگزین گردد.

۸ـ۵ یک مبدل حرارتی طراحی شده، و برای واحد عایق‌کاری در نظر گرفته شده است. عایق‌هایی با ضخامت‌های ۰/۰۲۵، ۰/۰۵۱، ۰/۰۷۶ یا ۰/۱۰۲ متر را می‌توان تهیه کرد. اطلاعات زیر برای ضخامت‌های

مختلف عایق تعیین شده است.

	۰/۰۲۵m	۰/۰۵۱m	۰/۰۷۶m	۰/۱۰۲m
انرژی ذخیره‌شده، kJ/s	۸۸	۱۰۲	۱۰۸	۱۱۱
هزینهٔ عایق نصب‌شده	۸۰۰۰ دلار	۱۰۱۰۰ دلار	۱۱۱۰۰ دلار	۱۱۵۰۰ دلار
هزینه‌های ثابت سالانه، درصدی از هزینهٔ نصب	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

ضخامت عایق چقدر باید باشد؟ ارزش گرما $1.5/GJ است. برای هر سرمایه گذاری از این نوع لازم است بازگشت سالانهٔ سرمایه پس از پرداخت مالیات ۱۵ درصد باشد. نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد در سال است. مبدل ۳۰۰ روز در سال کار می‌کند.

۸ـ۶ یک مهندس طراح استفاده از دو پمپ برای انتقال یک محلول خورنده را بررسی می‌کند. اطلاعات مربوط به‌پمپ‌ها به‌صورت زیر است:

	پمپ A	پمپ B
قیمت نصب شده	۱۵۰۰۰ دلار	۲۲۰۰۰ دلار
عمر مفید، سال	۵ دلار	۲ دلار

نرخ بهرهٔ سالانه‌ای را که دو پمپ می‌توانند با هم رقابت کنند را تعیین کنید. از ارزش قراضه صرف‌نظر کنید. برای تعریف رقابتی بودن، به‌مسئلهٔ ۸ ـ ۴ مراجعه کنید. کدام پمپ را پیشنهاد می‌کنید؟

۸ـ۷ یک شرکت برای کل فرآیند به‌یک رآکتور احتیاج دارد. چهار رآکتور طراحی شده است که همهٔ آنها نیاز فرآیند را تأمین می‌کنند. برای این چهار طراحی از اطلاعات زیر استفاده شده است:

	طراحی ۱	طراحی ۲	طراحی ۳	طراحی ۴
سرمایه‌گذاری ثابت	۱۰۰۰۰ دلار	۱۲۰۰۰ دلار	۱۴۰۰۰ دلار	۱۶۰۰۰ دلار
مجموع هزینه‌های ثابت و عملیاتی پس از پرداخت مالیات (کل هزینه‌های دیگر ثابت‌اند)	۳۰۰۰	۲۸۰۰	۲۳۵۰	۲۱۰۰

اگر شرکت نرخ بازگشت ۱۵ درصد پس از پرداخت مالیات را برای سرمایه گذاری‌های غیرضروری در نظر گرفته باشد، کدام سرمایه گذاری باید انتخاب شود؟

۸ـ۸ در طراحی یک کارخانهٔ شیمیایی، هزینه‌ها و درآمدها پس از رسیدن کارخانه به‌نرخ تولید مطلوب به‌صورت زیر است:

کل سرمایه گذاری ثابت	$10000000
سرمایه گذاری عملیاتی	$1000000

فروش سالانه	$8000000/yr
هزینه‌های سالانه	$2000000/yr

با در نظر گرفتن روش استهلاک خط مستقیم در طول ۱۰ سال موارد زیر را تعیین کنید:

الف) بازگشت سرمایهٔ پس از پرداخت مالیات

ب) مدت بازپرداخت

۸ـ۹ ارزش یک انبار موجود ۵۰۰۰۰۰ دلار و ارزش متوسط کالاهای انبار شده ۴۰۰۰۰۰ دلار است. نرخ بیمهٔ سالانهٔ انبار ۱/۱ درصد، و نرخ بیمهٔ کالاهای موجود در انبار ۰/۹۵ درصد است. اگر یک سیستم آتش‌نشانی در انبار نصب شود، هر دو نرخ بیمه به $\frac{۳}{۴}$ نرخ اولیه کاهش می‌یابند. قیمت سیستم آتش‌نشانی نصب شده ۲۰۰۰۰ دلار است. هزینه‌های سالانهٔ اضافی برای نگهداری، نظارت و مالیات ۳۰۰ دلار است. دورهٔ زمانی استهلاک برای سیستم آتش‌نشانی ۲۰ سال است. سرمایهٔ مورد نیاز برای نصب نیز موجود است. انبار هم‌اکنون دارای نرخ بازگشت سرمایه ۸ درصدی است. دلایل خود را برای نصب یا عدم نصب سیستم آتش‌نشانی ارایه کنید.

۸ـ۱۰ یک کارخانهٔ شیمیایی پیشنهادی دارای درآمد و هزینه‌های زیر برحسب میلیون دلار است.

سال	هزینه‌های عملیاتی سالانه (بدون استهلاک)	درآمد سالانه
۱	۴	۷
۲	۵/۶	۱۰
۳	۶/۸	۱۵
۴	۷/۸	۲۰
۵	۸/۸	۲۲/۵
۶	۹/۶	۲۴
۷	۱۰	۲۵

سرمایه‌گذاری ثابت کارخانه ۵۰ میلیون دلار و سرمایه‌گذاری عملیاتی آن ۷/۵ میلیون دلار است. با استفاده از جدول زمان‌بندی استهلاک MACRS با گروه عمر ۵ ساله موارد زیر را تعیین کنید:

الف) گردش وجوه نقد سالانه

ب) ارزش خالص فعلی، با نرخ اسمی نزولی ۱۵ درصد

ج) DCFR

۸ـ۱۱ یک نیروگاه برق بخشی از یک کارخانه را برای تولید برق به‌خود اختصاص داده است. دو جایگزین برای

نیروگاه برق با ظرفیت لازم پیشنهاد شده است. در یکی از آنها از جوش‌آورنده و توربین بخار و در دیگری از توربین گازی استفاده می‌شود. اطلاعات زیر در مورد این دو پیشنهاد ارایه شده است:

	جوش‌آورنده و توربین بخار	توربین گاز
سرمایه‌گذاری اولیه، $	۶۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰
هزینهٔ سوخت در سال، $	۱۶۰۰۰۰	۲۳۰۰۰۰
تعمیر و نگهداری در سال، $	۱۲۰۰۰	۱۵۰۰۰
بیمه و مالیات در سال، $	۱۸۰۰۰	۱۲۰۰۰
دورهٔ بازیابی استهلاک، سال	۲۰	۱۰
ارزش قراضه در پایان عمر مفید، $	۰	۰

کل هزینه‌های دیگر برای دو نیروگاه یکسان است. برای هر دو سرمایه‌گذاری بازگشت ۱۲ درصدی لازم است. یکی از این دو نیروگاه، باید انتخاب شود. کدام‌یک را پیشنهاد می‌کنید؟

۸ـ۱۲ برای ادامهٔ کار یک کارخانهٔ شیمیایی لازم است تأسیسات آن گسترش یابد. دو انتخاب وجود دارد. یکی از آنها توسعهٔ کارخانهٔ موجود می‌باشد. هزینهٔ این توسعه ۱۳۰۰۰۰ دلار است. هزینهٔ نیروی کار اضافی ۱۵۰۰۰۰ دلار در سال، در حالی‌که هزینهٔ اضافی برای استهلاک، مالیات دارایی، و بیمه ۶۰۰۰۰ دلار در سال است. دومین انتخاب نیاز به‌ساخت و کارکرد کارخانه‌ای جدید در ۵۰ مایلی محل کارخانهٔ فعلی است. جذابیت این انتخاب به‌خاطر ارزان‌تر بودن نیروی کار در محل جدید است. کارخانهٔ جدید نیاز به ۲۰۰۰۰۰ دلار سرمایه‌گذاری دارد. هزینهٔ نیروی کار ۱۲۰۰۰۰ دلار در سال است. هزینه‌های اضافی ۲۰۰۰۰ دلار در سال است. بیمهٔ سالانه و مالیات دارایی ۲ درصد سرمایه‌گذاری اولیه می‌باشد. سایر هزینه‌ها به‌جز استهلاک در هر دو مکان یکسان است. اگر حداقل بازگشت قابل قبول برای سرمایه‌گذاری‌های غیرضروری پس از پرداخت مالیات بر درآمد ۳۵ درصدی، ۹ درصد در سال باشد، حداقل دورهٔ بازگشت برای کارخانه در محل دورتر را طوری پیدا کنید که بازگشت مازاد لازم به‌دست آید. ارزش قراضه باید صفر در نظر گرفته شده و از روش خط مستقیم استهلاک استفاده شود.

۸ـ۱۳ یک شرکت شیمیایی در حال بررسی به‌منظور جایگزینی یک رآکتور ناپیوسته با یک رآکتور پیوسته است. واحد قدیمی ۵ سال پیش هنگامی که نو بود ۴۰۰۰۰ دلار ارزش داشت، و استهلاک به‌صورت خط مستقیم با تخمین ۱۰ سال عمر مفید باارزش قراضهٔ نهایی ۱۰۰۰ دلار تخمین زده شده است.

ارزش واحد جدید ۷۰۰۰۰ دلار است. این واحد بدون در نظر گرفتن استهلاک باعث صرفه‌جویی هزینه به‌میزان ۱۵۰۰۰ دلار در سال می‌شود. برای استهلاک از روش خط مستقیم با عمر مفید ۱۰ سال و بدون ارزش قراضه استفاده می‌شود. کلیهٔ هزینه‌ها به‌جز نیروی کار، بیمه، مالیات، و استهلاک برای هر دو واحد یکسان فرض می‌شود. واحد قدیمی را می‌توان در حال حاضر ۵۰۰۰ دلار فروخت. مالیات بر درآمد ۳۵

درصد در سال است. اگر حداقل نرخ قابل بازگشت بعد از پرداخت مالیات برای هر سرمایه گذاری ۱۵ درصد باشد، آیا جایگزینی باید صورت گیرد؟

۸ ـ ۱۴ سرمایه گذاری ثابت برای یک پروژهٔ ۱۰۰۰۰۰۰ دلار و سرمایه گذاری عملیاتی آن ۱۰۰۰۰۰ دلار است. سرمایه گذاری ثابت بر مبنای روش خط مستقیم و در پایان سال پنجم به‌مقدار ارزش دفتری صفر مستهلک می‌شود. درآمد سالانه در این ۵ سال ۵۰۰۰۰۰ دلار است. کل هزینهٔ محصول به‌جز استهلاک سالانه ۱۰۰۰۰۰ دلار است. نرخ کاهش ۱۰ درصد، و نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد است. یک صفحه گسترده از گردش وجه نقد سالانه، گردش وجه نقد نزولی، و ارزش خالص فعلی تهیه کنید. فرض کنید سرمایه گذاری به‌طور یک‌جا در زمان صفر انجام شود. درآمدها و هزینه‌ها به‌طور پیوسته اتفاق می‌افتد و کاهش پیوسته دارند.

حال برای درآمدها و هزینه‌ها یک نرخ تورم ۵ درصدی فرض کنید. مجدداً صفحهٔ گستردهٔ دیگری برای گردش وجه نقد سالانه، گردش وجه نقد نزولی، و ارزش خالص فعلی برای هر سال تهیه کنید.

۸ ـ ۱۵ مالک یک کارخانهٔ ضدیخ، واحد کوچک کنسروسازی را ۱۰ سال پیش به‌قیمت ۵۰۰۰ دلار خریداری کرده است. واحد کاملاً مستهلک شده است ولی مالک معتقد است دستگاه ۵ سال دیگر هم کار مفید انجام خواهد داد. در پایان ۵ سال ارزش قراضه دستگاه صفر خواهد شد. مالک در حال حاضر فرصت خرید یک واحد کنسروسازی بسیار مناسب با قیمت ۶۰۰۰ دلار و عمر مفید ۱۰ سال و ارزش قراضهٔ صفر را دارد. واحد جدید هزینهٔ نیروی کار و نگهداری سالانه را ۱۰۰۰ دلار کاهش داده و هزینه‌های سالانه برای مالیات و بیمه را ۱۰۰ دلار افزایش می‌دهد. تمام هزینه‌ها به‌جز استهلاک بدون تغییر باقی می‌ماند. اگر واحد قدیمی ۶۰۰ دلار فروخته شود، مالک در صورت تصمیم به‌جایگزینی چه بازگشت سرمایه‌ای عایدش می‌شود.

۸ ـ ۱۶ یک مهندس در طراحی کارخانه‌ای باید سیستم پیوسته یا ناپیوسته را انتخاب کند. سیستم ناپیوسته هزینهٔ اولیهٔ کمتری دارد ولی هزینهٔ نیروی کار آن بیشتر است بنابراین هزینهٔ عملیاتی بیشتری دارد. گردش وجه نقد مربوط به‌این تصمیم‌گیری به‌صورت زیر تخمین زده شده است:

	سال		نرخ بازگشت گردش	ارزش خالص
	۰	۱۰ ـ ۱ (پس‌از پرداخت مالیات)	نزولی	فعلی در ۱۰٪
سیستم ناپیوسته	-$ 20000	$ 5600/yr	25%	$ 14400
سیستم پیوسته	-$ 30000	$ 7650/yr	22%	$ 17000

مقادیر داده شده برای نرخ بازگشت نزولی گردش وجه نقد و ارزش خالص فعلی را بررسی کنید. اگر شرکت نیاز به‌حداقل نرخ بازگشت ۱۰ درصد داشته باشد، کدام سیستم را باید انتخاب کرد؟

۸ ـ ۱۷ به‌یک شرکت نفتی اجارهٔ گروهی از چاه‌های نفت که در آنها ذخیرهٔ اولیه رو به‌اتمام است پیشنهاد شده است.

شرط اصلی برای خرید آن است که شرکت نفتی با انجام پروژهٔ کنترل سیل در پایان ۵ سال به‌منظور بازیابی دوم موافقت کند. شرکت نفتی در اواسط پروژه ملزم به‌پرداخت هیچ‌گونه وجهی نخواهد بود. گردش وجوه مربوطه به‌صورت زیر تخمین زده شده است:

سال			نرخ بازگشت گردش	ارزش خالص
۰	۱ـ۴	۵	۶ـ۲۰	وجه نقد نزولی	فعلی در ۱۰٪
۰	$۵۰۰۰۰	-$ ۶۵۰۰۰۰	$۱۰۰۰۰۰	؟	$۲۴۲۰۰۰

به‌جز برای مخارجی که به‌طور یک‌مرتبه در پایان ۵ سال اتفاق می‌افتند، از گردش وجه نقد ثابت و پیوسته استفاده شده است. برای تمام گردش وجوه نقد از کاهش ۱۰ درصدی پیوسته استفاده شده است. ارزش خالص فعلی را بررسی کنید. آیا اجاره و پروژهٔ سیل مورد قبول واقع شده است؟ این پیشنهاد چگونه برای هیأت مدیرهٔ شرکت که آن را درک کرده و آن را سیاست خود برای ارزیابی پیشنهادها با استفاده از روش نرخ بازگشت گردش وجه نقد قرار داده باید ارایه شود؟

۸ـ۱۸ یک فرآیند با سرمایه گذاری قابل استهلاک ۱۰۰ میلیون دلار باید در مدت ۳ سال ساخته شود. در هنگام راه‌اندازی، ۲۰ میلیون دلار سرمایهٔ عملیاتی لازم است. انتظار می‌رود کارخانه مدت ۱۰ سال کار کند. در ظرفیت کامل کارخانه انتظار می‌رود در سال سوم و سال‌های بعد از آن درآمد حاصل از فروش ۱۵۰ میلیون دلار در سال باشد. در طول سال‌های اول و دوم عملیات پیش‌بینی می‌شود درآمد حاصل از فروش به‌ترتیب ۵۰ و ۷۰ درصد درآمد فروش سال سوم و سال‌های بعد از آن باشد. هزینه‌های عملیاتی در سال‌های اول و دوم مشابه سال سوم و سال‌های بعد از آن است. فرض کنید نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد باشد. سال سوم را به‌عنوان مبنا انتخاب نمایید. تعیین کنید:

الف) نرخ بازگشت سرمایه پس از پرداخت مالیات

ب) دورهٔ زمانی بازپرداخت

۸ـ۱۹ فرض کنید ساخت کارخانه مسئلهٔ ۸ـ۱۸ در سال اول به ۲۰ میلیون دلار، در سال دوم به ۳۰ میلیون دلار، و در سال سوم به ۵۰ میلیون دلار سرمایه نیاز دارد. ارزش خالص فعلی سالانه و کل ارزش خالص فعلی پروژه را به‌دست آورید. فرض کنید هزینه‌های ساخت در طول ۳ سال ساخت پیوسته باشد. از گردش وجه نقد ثابت و پیوسته، و کاهش نزولی استفاده کنید.