به نام او

اقتصاد مهندسی

موسسهٔ آموزش عالی آزاد پارسه

گردآوری مطالب: سینا کیهانیان

www.iedoc.ir

اقتصاد مهندسی؛ ابزاری برای تصمیم‌گیری

در مبحث تصمیم‌گیری[۱]، هدف این است که با استفاده از تحلیل یکسری اطلاعات از بین یکسری گزینه[۲]های تصمیم، مطلوب‌ترین گزینه یا گزینه‌ها را انتخاب نمائیم. اقتصاد مهندسی یک ابزار تحلیلی پرکاربرد در حوزهٔ تصمیم‌گیری می‌باشد و با استفاده از مفاهیم و پارامترهایی که در آن تعریف می‌شود به دنبال اتخاذ بهترین تصمیم است. رایج‌ترین تصمیم‌گیری‌هایی که از اقتصاد مهندسی استفاده می‌نمایند، قبول یا رد کردن پیشنهاداتی است که به سازمان‌ها می‌شود. پیشنهاداتی همچون سرمایه‌گذاری، خرید یا فروش محصولات و غیره.

تصمیم‌گیری در محیط‌های مختلف

برای راحتی نظم تحلیل‌ها، معمولاً محیط‌های متفاوتی که در آنها مسائل تصمیم‌گیری رخ می‌دهد را اینگونه به چهار دسته تقسیم می‌کنند:

تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان

اکثر تکنیک‌های اقتصاد مهندسی که در این نوشته با آنها آشنا خواهیم شد مربوط به چنین حالتی هستند. منظور از شرایط اطمینان این است که ما از اطلاعات مسأله یعنی متغیرها و پارامترهایی که تعریف کرده‌ایم اطمینان داریم و قرار نیست متغیر یا پارامتر غیرمنتظره‌ای که از تأثیرات آن بی خبریم در فرآیند تصمیم‌گیری ما دخالت کند.

تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان

در این حالت برخلاف مورد فوق امکان وقوع هرگونه اتفاق محتمل و یا غیرمنتظره‌ای وجود دارد و اطلاعات ما در زمینهٔ تشخیص تأثیرات آنها کافی نیست. سه تکنیک رایج اقتصاد مهندسی که برای این نوع تصمیم‌گیری‌ها پیشنهاد می‌شوند عبارتند از: آنالیز حساسیت، آنالیز نقطهٔ سر به سری و آنالیز سناریوها که در آینده به تشریح آنها نیز خواهیم پرداخت.

تصمیم‌گیری در شرایط ریسک

در این حالت نیز همانند حالت قبل متغیرهای غیرقابل منتظره‌ای در مسألهٔ ما وجود دارند با این تفاوت که اینبار مقداری اطلاعات از گذشته در رابطه با این متغیرها در اختیار داریم. با توجه به اینکه مقداری اطلاعات مربوط به گذشته از متغیرها در دسترس می‌باشد روش‌های ارزیابی اقتصاد مهندسی که در شرایط اطمینان کارا می باشند برای این نوع تصمیم‌گیری نیز استفاده می‌شوند. علاوه بر آنها روش‌های معروف دیگری که در این نوع تصمیم‌گیری بکار برده می‌شوند عبارتند از درخت تصمیم، روش امید ریاضی، برنامه‌ریزی دینامیک و غیره.

---

[۱] Decision Making

[۲] Alternatives

www.tedoc.ir

تصمیم‌گیری در شرایط تعارض اهداف

در چنین حالتی، تصمیم‌گیرنده مجبور است در محیطی تصمیم‌گیری کند که رقیب وجود دارد. مسلماً تصمیمات گرفته شده متأثر از تصمیماتی خواهد بود که توسط این رقیب اتخاذ خواهند شد و مسلماً تصمیمات رقیب در تعارض با تصمیمات گرفته شده خواهند بود. ازجمله مباحثی که در این نوع محیط‌ها بکار برده می‌شوند می توان به نظریهٔ بازی‌ها اشاره نمود.

انواع هزینه‌ها[۳]

یک تقسیم بندی رایج که برای هزینه‌ها استفاده می‌شود عبارتست از: **هزینه‌های تولیدی** و **هزینه‌های غیرتولیدی**

۱. هزینه‌های تولیدی

این نوع هزینه‌ها را می‌توان به سه دستهٔ اصلی تقسیم نمود:

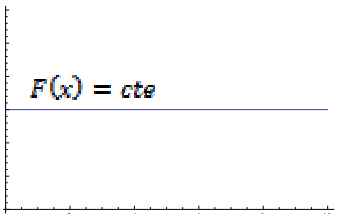
۱. **هزینهٔ مواد**: همانند مواد اولیه یا مواد خام تولیدی
۲. **هزینهٔ کار یا نیروی انسانی**: همانند دستمزد کارکنان تولیدی که بطور مستقیم در تولید دخیل هستند
۳. **هزینه‌های سربار تولید**: این نوع هزینه‌ها تقسیم می شوند به هزینه‌های غیرمستقیم مواد و نیروی انسانی که البته دخالت چندانی در تولید نداشته و مقدار آنها با تغییر مقدار تولید چندان تغییری نمی‌کند.

۲. هزینه‌های غیرتولیدی

این نوع هزینه‌ها می‌توانند به هزینه‌های بازاریابی مانند هزینه‌های تبلیغاتی سازمان‌ها، و یا هزینه‌های اداری همانند هزینه‌های مدیریتی و یا خدماتی در بخش اداری، و یا هزینه‌های سربار همچون مالیات، برق و آب، روشنایی و غیره اطلاق شوند.

اما هزینه‌ها از نوع رفتار در کل به سه دسته تقسیم می‌شوند،

۱. هزینه‌های ثابت[۴]: هزینه‌هایی هستند که به مقدار تولید وابسته نمی‌باشند. یعنی با تغییر مقدار تولید، تغییری در آن‌ها رخ نمی‌دهد. همانند حقوق کارکنان ستادی، هزینهٔ اجارهٔ محل کارخانه، هزینهٔ خدمات، هزینهٔ بیمه و غیره. درواقع اگر متغیر x نشاندهندهٔ مقدار تولید باشد، معادلهٔ ریاضی و نمودار این نوع هزینه‌ها بدین شکل خواهد بود:



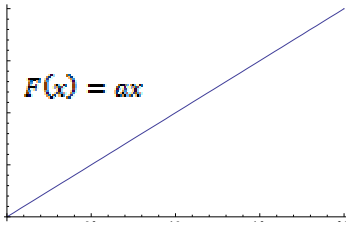
۲. هزینه‌های متغیر[۵]: هزینه‌هایی هستند که با تغییر مقدار تولید، تغییر می‌نمایند. همانند حقوق کارکنان تولیدی، هزینهٔ مواد اولیه و غیره. با اینکه هزینه‌های متغیر می‌توانند هرگونه رفتاری ازجمله خطی یا غیرخطی داشته باشند، برای سادگی صرفاً رفتار خطی

---

[۳] Cost Behaviors
[۴] Fixed Costs

www.iedoc.ir

آنها را درنظر می‌گیریم. بنابراین اگر متغیر x نشاندهندهٔ مقدار تولید باشد، معادلهٔ ریاضی و نمودار این نوع هزینه‌ها بدین شکل خواهد بود:



۳. هزینه‌های شبه متغیر[۶]: هزینه‌هایی هستند که هم ماهیت ثابت و هم ماهیت متغیر دارند. درواقع این نوع هزینه‌ها به چند قسمت تقسیم می‌شوند. قسمتی از آنها ثابت بوده و با تغییر مقدار تولید تغییر نمی‌کنند و قسمتی دیگر متغیر. به عنوان مثال هزینهٔ استهلاک یک ماشین تولیدی هم می‌تواند یک استهلاک ثابت سالیانه داشته باشد و هم یک استهلاک متغیر که به ازای هر واحد تولید برایش تعریف شود، و یا هزینهٔ آب و برق که هم می‌تواند ثابت و مربوط به بخش‌های اداری کارخانه باشد و هم متغیر و مربوط به بخش‌های تولیدی یا هزینهٔ تعمیرات و نگهداری که هم می‌تواندبخش ثابتی مثل هزینه‌های نگهداری از قبل پیش‌بینی شده داشته باشد و هم بخش متغیری مثل رفع خرابی‌هایی که بصورت غیرمنتظره اتفاق می‌افتند. نام‌های دیگر این نوع هزینه‌ها که در مراجع آمده عبارتند از: هزینه‌های مخلوط، مختلط و یا نیمه متغیر. معادلهٔ ریاضی این نوع هزینه‌ها به شکلِ $TC = FC + VC$ مجموع بخش ثابت و متغیر هزینه‌ها می‌باشد.

بنابراین با دانستن ماهیت رفتاری یک هزینه می‌توانیم معادلهٔ ریاضی آن را بنویسیم. از کاربردهای نوشتن معادلهٔ ریاضی هزینه‌ها بدست آوردن نقطهٔ سر به سری تولید است.

نقطهٔ سر به سری تولید: مقداری از تولید است که در آن مجموع درآمدها برابر مجموع هزینه‌ها می‌شود. به عبارت دیگر یعنی نقطه‌ای از تولید که در آن سود صفر است و بسته به معادله‌های درآمد و هزینه با تغییر آن سود مثبت یا منفی می‌شود.

بنابراین برای بدست آوردن نقطهٔ سر به سری تولید کافیست معادلات ریاضی درآمدها و هزینه‌ها را بنویسیم و برابر هم قرار دهیم. در مثال زیر مباحثی که تاکنون مطرح شدند به خوبی مرور می‌شوند.

مثال: کارخانه‌ای دارای هزینه هایی به شرح زیر است،

هزینه های ماهیانه		
هزینه بیمه و مالیات کارکنان	ستادی	۳۰۰۰
	تولیدی (به ازای واحد محصول)	۱۰
اجاره دفتر فروش		۵۵۰۰۰
استهلاک	ماهیانه	۱۵۰۰۰
	تولید (به ازای واحد محصول)	۳
استهلاک ساختمان و تجهیزات		۲۵۰۰۰
حقوق کارکنان ستادی		۳۵۰۰
حقوق کارکنان تولیدی (به ازای واحد محصول)		۱۶
هزینه مواد اولیه (به ازای واحد محصول)		۹
هزینه آب و برق	بخش ستادی	۵۰۰
	بخش تولیدی (به ازای واحد محصول)	۳
هزینه انبار داری (به ازای واحد محصول)		۷

www.iedoc.ir

---

۵ Variable Costs

۶ Semi-Variable or Mixed Costs

الف) مطلوبست تعیین نوع هزینه‌های مذکور (ثابت، متغیر، شبه متغیر).

ب) چنانچه قیمت هر محصول ۱۰۰ واحد باشد، نقطهٔ سر به سر تولید در ماه را بدست آورید.

راه حل: الف) بوضوح هزینه‌هایی که هیچگونه وابستگی به تولید برای آنها تعریف نشده جزو هزینه‌های ثابت فرض می‌شوند، این هزینه‌ها در مثال فوق عبارتند از: اجارهٔ محل، استهلاک ساختمان و تجهیزات و حقوق کارکنان ستادی. هزینه‌هایی که به ازای تولید هر واحد محصول معنا می‌یابند جزو هزینه‌های متغیر به حساب می‌آیند که در مثال فوق عبارتند از: حقوق کارکنان تولیدی و هزینهٔ مواد اولیه. اما هزینه‌هایی که ماهیتی ترکیبی دارند و به دو قسمت ثابت و متغیر تقسیم می‌شوند جزو هزینه‌های شبه متغیر خواهند بود که به وضوح نیز در جدول فوق دیده می‌شوند: هزینهٔ بیمه و مالیات کارکنان، استهلاک ماشین‌آلات و هزینهٔ آب و برق.

ب) همانطور که در مسأله داده شده قیمت هر واحد محصول تولیدی برابر ۱۰۰ می‌باشد یعنی به ازای فروش یک محصول ۱۰۰ واحد درآمد عاید کارخانه می‌شود یا به عبارت دیگر تابع درآمد کارخانه در سطح تولید x برابر $100x$ بود. حال با برابر قرار دادن تابع درآمد و هزینه‌ها نقطهٔ سر به سری تولید را بدست می‌آوریم،

$$100x = 3000 + 10x + 55000 + 15000 + 3x + 25000 + 3500 + 16x + 9x + 500 + 3x + 7x$$
$$\Rightarrow 48x = 102000 \Rightarrow x_{BEP} = 2125$$

بنابراین با تولید ۲۱۲۵ واحد محصول هیچ سودی عاید شرکت نخواهد شد. می‌توان مشاهده نمود که اگر بیشتر از این مقدار تولید شود سود مثبت خواهد شد.

تمرین: کمپانی Ryan یک محصول با قیمت واحد $۱۰ تولید می کند. هزینه های متغیر تولیدی $۲ به ازای هر واحد و هزینه های متغیر مسائل اداری نیز $۲ می باشد. Ryan ماهانه $۱۰۰.۰۰۰ هزینه های ثابت بخاطر تولید و $۱۴۰.۰۰۰هزینه های ثابت بخاطر مسائل اداری متحمل می شود. Ryan تغییراتی را در روش تولید و توزیع محصول خود در نظر گرفته است که باعث می شوند کل هزینه های متغیر (تولیدی و مسائل اداری) به $۳ و کل هزینه های ثابت (تولیدی و مسائل اداری) به $۳۵۰.۰۰۰ تغییر پیدا کنند. البته با اعمال این تغییرات، قیمت فروش هر واحد همان $۱۰ باقی می ماند. اگر تغییرات اعمال شوند، کدامیک از گزینه های زیر صحیح است؟ نقطه سر به سری تولید:

۱) بیشتر از گذشته خواهد شد.

۲) تغییری نخواهد کرد.

۳) کمتر از گذشته خواهد شد.

تمرین: واحد برنامه ریزی تولید شرکتِ ZTL در سال گذشته از سه برنامه تولید آزمایشی مختلف به ترتیب در چهار ماه **ابتدایی** ($0 \le t < 4$)، **میانی** ($4 \le t < 8$) و **پایانی** ($8 \le t < 12$) سال استفاده کرده است. واحد امور مالی نیز در پایان هر فصل گزارش هزینه و درآمد شرکت در آن فصل را برای مدیریت ارسال نموده است. از شما به عنوان مشاور مدیر درخواست شده تا یکی از سه برنامه تولیدی را برای سال آینده انتخاب کنید. مطلوبست اقتصادی ترین برنامه تولید و محاسبه سود تقریبی شرکت در پایان سال آینده.

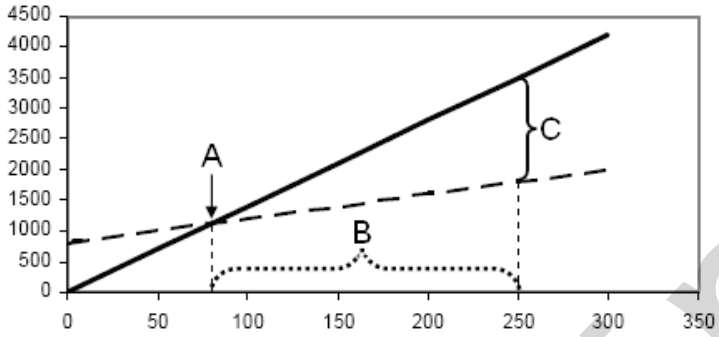
اطلاعات هزینه و درآمد شرکت به شرح زیر است:

تابع درآمد:
$$\begin{cases} 40x & 0 \le t < 3 \\ 38x & 3 \le t < 6 \\ 42x & 6 \le t < 9 \\ 35x & 9 \le t < 12 \end{cases}$$

تابع هزینه:
$$\begin{cases} 23x+9 & 0 \le t < 3 \\ 8x+12 & 3 \le t < 6 \\ 10x+10 & 6 \le t < 9 \\ 3x+14 & 9 \le t < 12 \end{cases}$$

www.iedoc.ir

تمرین: کارخانه **ABC** هر واحد قطعهٔ خود را **۱۴$** می فروشد و هزینه متغیر آن **۴$** به ازای هر واحد می باشد. مجموع هزینه های ثابت **۸۰۰$** است. فرض کنید ظرفیت تولید **۲۵۰** قطعه باشد. نمودار هزینه این کارخانه به شرح زیر است:



نقطه A، و مناطق B و C هرکدام چه معنایی دربردارند؟

بهره[۷] و نرخ بهره

بهره، هزینهٔ در دسترس داشتن پول برای استفاده از آن است. نرخ بهره که آن را در مراجع معمولاً با نماد i یا IR[۸] نمایش می‌دهند، درصدی از پول است که متناوباً به پول اعمال شده و مقادیر پول را افزایش می‌شود. درواقع این مفاهیم از آنجا برمی‌خیزند که در دنیای امروزی، پول نیز یک کالا به حساب می‌آید و همانطور که کالاهای دیگر خریده شده و فروخته می‌شوند، پول نیز چنین ارزشی را دارا می‌باشد. البته پول به خودی خود مطلوبیتی ندارد. یا باید با استفاده از آن کالایی خریداری کرد که در اینصورت مطلوبیت آن از جنس مصرفی بوده و یا باید آن را سرمایه‌گذاری نمود که در اینصورت مطلوبیت آن از جنس ایجاد درآمد خواهد بود. مثلاً زمانی که شما ۱۰۰ تومان از پول خود را در یک بانک با نرخ بهرهٔ ۵٪ سالیانه سرمایه‌گذاری نمائید، سالیانه ۵ تومان بهره به پول شما اضافه خواهد شد و موجودی پول شما در بانک در سال آینده ۱۰۵ تومان خواهد بود. درواقع شما پولتان را در اختیار بانک قرار داده‌اید تا از آن در پروژه‌های دیگر استفاده نماید و این بهره هزینه‌ای است که بانک در ازای پولی که در اختیارش گذاشته شده می‌پردازد.

اما از طرفی دیگر پولی که به مطلوبیت تبدیل نشود هزینه در پی خواهد داشت. درواقع بابت تبدیل نکردن آن به مطلوبیت متحمل هزینه‌ای با عنوان هزینهٔ نگهداری پول می‌شویم که از جنس فرصت از دست رفته است. زیرا پولی که به مطلوبیت تبدیل نشود می‌توانسته به یک کالا تبدیل و یا سرمایه‌گذاری شود و بهمراه خود بهره داشته باشد. بعد از آشنایی با مفهوم ارزش زمانی پول در بخش بعدی بیشتر به این مفاهیم می‌پردازیم.

ارزش زمانی پول[۹]

ارزش زمانی پول نشاندهندهٔ همان بهره در طی زمان می‌باشد. ارزش زمانی پول می‌گوید: ارزش پول در طی زمان کاهش می‌یابد. این بدین معنی است که بهتر است هرچه زودتر پول خود را به مطلوبیت تبدیل کنیم زیرا با توجه به وجود بهره هرچه زمان می‌گذرد به مقدار پول اضافه می‌شود. به عبارتی دیگر پول، پول می‌سازد.

---

۷ Interest

۸ Interest Rate

۹ Time Value of Money

www.tedoc.ir

به عنوان مثالی ساده فرض کنید شما فروشندهٔ یک کالا با قیمت ۱۰۰ واحد هستید، طبق ارزش زمانی پول به صرفه است کالایتان را به آن مشتری بفروشید که حاضر است هرچه زودتر قیمت کالا را بپردازد زیرا اگر مثلاً الان کالایتان را بفروشید ۱۰۰ واحد را در بانک مثال قسمت قبلی سرمایه‌گذاری کرده و در سال آینده ۵ واحد به پول شما اضافه خواهد شد اما اگر کالایتان را یک سال دیگر بفروشید این ۵ واحد بهره را از دست داده‌اید. برعکس اگر شما خریدار آن کالا باشید مایلید یک سال دیرتر پول را بپردازید زیرا می‌توانید آن را در بانک سرمایه‌گذاری کرده و بعد از یک سال هم کالا را داشته باشید و هم ۵ واحد پول اضافی. البته تصمیم‌گیری‌ها در شرایط مختلف و باوجود پارامترهای دیگر، با هم تفاوت دارند. به عنوان مثال اگر قیمت کالای مذکور متأثر از یک نرخ تورم باشد امکان دارد بر اساس مقادیر مختلف نرخ بهرهٔ بانک و نرخ تورم جامعه تصمیمات افراد تغییر یابند. اگر نرخ تورم برابر ۸٪ سالیانه و نرخ بهرهٔ بانک برابر ۶٪ سالیانه باشد، خریدار تصمیم خواهد گرفت همین الان کالا را خریداری نماید زیرا در سال آینده قیمت آن به ۱۰۸ واحد افزایش خواهد یافت درصورتی که پول سرمایه‌گذاری شدهٔ خریدار تنها ۶ واحد بهره بهمراه خواهد داشت. به عبارت دیگر در یک محیط اقتصادی متأثر از نرخ تورم، با تأخیر انداختن خرید یک کالا، توانایی خرید ما کاهش می‌یابد. خریدار مجبور است برای جبران این کاهش، در بانکی سرمایه‌گذاری کند که دارای نرخ بهره‌ای بیشتر از نرخ تورم قیمت‌هاست.

نکات:

۱. زمان همانند پول یک منبع محدود است
۲. ارزش پول با گذشت زمان در حال کاهش است.
۳. پول به خودی خود هیچگونه مطلوبیتی ندارد و برای ایجاد ارزش افزوده یا باید به کالا تبدیل شده یا سرمایه‌گذاری شود.
۴. به عبارت دیگر منفعت یک سرمایه‌گذار در گردش سرمایهٔ او می‌باشد.
۵. مفهوم توانائی پول در ایجاد مطلوبیت و مفهوم نرخ تورم، دو عامل اساسی در تعبیر ارزش اقتصادی پول در طول زمان هستند.[۱۰]
۶. بهره هزینهٔ استفاده از سرمایه است. به همین دلیل که به آن هزینهٔ سرمایه نیز می‌گویند.
۷. افراد مختلف با توجه به شرایط مختلفی که در آن کار می‌کنند انتظار نرخ بهره‌های مختلفی دارند.
۸. نرخ بهرهٔ سالیانه تعریف شده برای یک فرد یا یک بنگاه اقتصادی به این سوال پاسخ می‌گوید که از نظر آن فرد یا بنگاه اقتصادی چه مبلغ پول در سال آینده دارای ارزشی معادل مقدار مشخصی از پول است که در حال حاضر داریم؟ صرف نظر از تفاوت شرایط، درهرصورت این مبلغ باید بیش از مقدار پول الان بوده تا بتواند جبران تورم و حداقل هزینهٔ کرایهٔ پول را نماید.

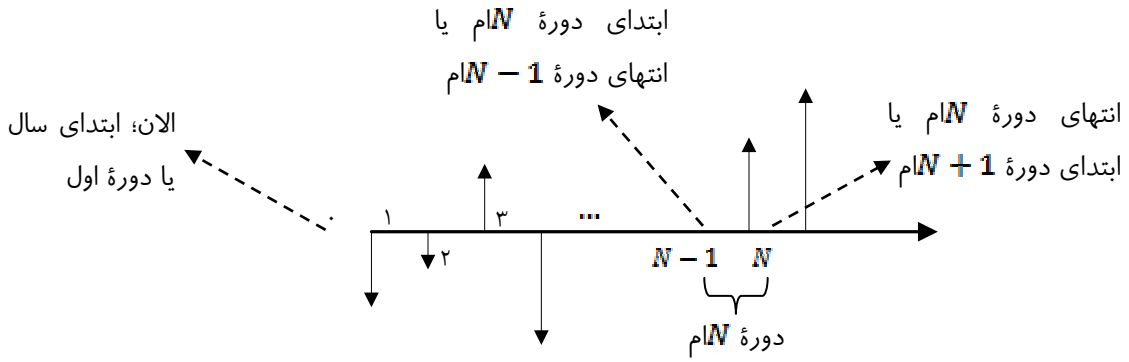
فرآیند مالی[۱۱] (جریان نقدی)

فرآیند مالی برای هر پروژه‌ای رسم می شود و ابزار پایه و مناسبی است برای انجام تحلیل‌های اقتصاد مهندسی. فرآیند مالی بخوبی مفاهیم ارزش زمانی پول و بهره را نیز در خود حفظ می‌کند. فرآیند مالی تشکیل شده از یک محور زمان که با توجه به افق برنامه‌ریزی پروژهٔ مورد بررسی (سالیانه، ماهیانه، فصلی و غیره) دوره‌های مربوطه روی آن شماره‌گذاری می‌شوند. هرنوع دریافتی بالای محور بصورت یک کمان به سمت بالا رسم شده و هرنوع پرداختی بصورت یک کمان به سمت پائین. شکل زیر نشاندهندهٔ مثالی از فرآیند مالی یک پروژه است که در آن منظور از ابتدا و انتهای یک دوره به خوبی مشخص شده است. فرض کنید اعداد یا دوره‌ها نشاندهندهٔ سال باشند.

[۱۰] برای آسان بودن کار، در ۸۰٪ تحلیل‌های مطرح شده در اقتصاد مهندسی مقطع کارشناسی از نرخ تورم و مالیات صرف نظر می‌نمایند.

[۱۱] Cash Flow

www.tedoc.ir



درواقع موارد فوق قراردادهایی است که در رسم و تحلیل فرآیند مالی باید رعایت شوند. برای مثال وقتی می‌گوئیم شرکتی در سال سوم ۱۰۰ واحد در بانک سرمایه‌گذاری کرده است باید یک کمان با برچسب ۱۰۰ به سمت پائین دقیقاً روی عدد 3 رسم کنیم. البته برای آسانی تحلیل‌ها شکل‌های استانداردی برای رفتار دریافت‌ها و پرداخت‌های اقتصادی با نام **فاکتورهای مالی** (نقدی) تعریف می‌شوند که در چند بخش بعدی با آنها نیز آشنا می‌شویم.

فرآیند مالی را بصورت جدول نیز نمایش می‌دهند، بطور مثال همانند جدول زیر،

سال						
جریان مالی	−40	−20	+40	−60	...	+70

اصل تعادل اقتصادی[۱۲]

با درنظر داشتن مفاهیم ارزش زمانی پول و بهره می‌توان گفت ارزش اقتصادی مقادیر مختلف پول در دوره‌های مختلف باهم برابر و یا معادل یکدیگرند. برای مثال اگر شما ۱۰۰ واحد پول را در بانکی با نرخ بهرهٔ ۸٪ سالیانه سرمایه‌گذاری کنید، موجودی پول شما در سال آینده ۱۰۸ واحد خواهد بود و طبق اصل تعادل اقتصادی ۱۰۰ واحد پولِ الان شما معادل ۱۰۸ واحد پول در سال آینده است. نکتهٔ دیگری که این مفهوم دربردارد این است که درواقع یک فرآیند مالی نوشته شده برای یک پروژه قابل تبدیل به بینهایت شکل دیگر است که هرکدام از این فرآیندهای مالی قابل تبدیل به یکدیگرند و بنابراین از نظر اقتصادی معادل یکدیگر شناخته می‌شوند.

نرخ بازگشت سرمایه، ROR[۱۳]

۱. ROR درصدی از سرمایهٔ اولیه است که بصورت سود در دوره‌ای مشخص عاید سرمایه‌گذار می‌شود.

۲. ROR درصدی از مجموع اصل و فرع[۱۴] تمام پرداختی‌ها در یک دوره است که بصورت اصل و فرع دریافتی‌ها در همان دوره به ما بازگشته‌اند.

۳. ROR زمانی مطرح است که سوددهی یک پروژه مدنظر باشد. اما نرخ بهره یا IR برای زمانی است که مثلاً با مسألهٔ قرض گرفتن از یک بنگاه اقتصادی تحت یک نرخ مشخص و بازپرداخت قرض به صورت‌های مختلف روبرو باشیم (یا سپرده‌گذاری در بانک)

۴. بنابراین ROR همراه با مفهوم ریسک است اما نرخ بهره یا IR مفهوم ریسک را دربرندارد.

۵. نام دیگری که برای مفهوم ROR بکار می‌برند نرخ بازگشت سرمایهٔ داخلی یا IRR است.

---

[۱۲] Economic Equivalence

[۱۳] Rate of Return

[۱۴] اصل و فرع: مقداری که نرخ بهره روی آن اعمال شده است.

www.iedoc.ir

۶. ROR همان نقطهٔ سر به سری نرخ بهره یا i^* در فرآیند مالی یک پروژه است که در آن ارزش فعلی یک پروژه صفر می‌باشد، به عبارت دیگر:

$$PW(ROR)=PW(i^*)=PW_{\text{دریافت‌ها}} - PW_{\text{پرداخت‌ها}} = 0$$

حداقل نرخ جذب کننده، MARR[۱۵]

۱. MARR حداقل نرخ بازگشت سرمایه‌ایست که سرمایه‌گذار مایل است پروژه‌ای که در آن سرمایه‌گذاری می‌کند، داشته باشد.

۲. بنابراین MARR مقداری است که توسط سرمایه‌گذار یا مدیر پروژه تعیین می‌شود.

۳. MARR حداقل نرخی است که سرمایه‌گذار را تشویق به سرمایه‌گذاری می‌کند.

۴. MARR تقریباً معادل هزینهٔ تأمین سرمایه برای سرمایه‌گذار است.

۵. همواره MARR بزرگتر یا مساوی نرخ بهرهٔ پایه (هزینهٔ سرمایه) انتخاب می‌گردد.

۶. یک پروژه زمانی اقتصادی تلقی می‌شود که $ROR \geq MARR$. یا سرمایه‌گذار در پروژه‌هایی که بیش از یا برابر با MARR نرخ بازگشت سرمایه داشته باشند تمایل به سرمایه‌گذاری دارد.

۷. اگر ROR=MARR نیز پروژه اقتصادی فرض می‌شود زیرا حداقل نرخ جذب کنندهٔ سرمایه‌گذاری تأمین گشته است.

۸. ROR خصوصیت یک پروژه است که از فرآیند مالی آن پروژه محاسبه می‌شود اما MARR خصوصیت سرمایه‌گذار و متأثر از توانایی سرمایه‌گذار در تأمین سرمایه و درجهٔ ریسک پذیری وی است.

۹. MARR متأثر از سطح عمومی نرخ بهره، تورم و ریسک موجود در طرح‌هاست و بسته به شرایط افراد و شرکت‌ها متفاوت می‌باشد.

www.iedoc.ir

[۱۵] Minimum Attractive (or Acceptable) Rate of Return

تست‌های تألیفی

۱ـ کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

۱) دریافت زودتر پول بهتر از دریافت دیرتر آن است.

۲) پرداخت زودتر پول بهتر از پرداخت دیرتر آن است.

۳) دریافت دیرتر پول بهتر از دریافت زودتر آن است.

۴) ب و ج

حل : گزینه ۱ صحیح است.

زیرا با توجه به مفهوم ارزش زمانی پول، ارزش پول در طول زمان در حال کاهش است. بنابراین دریافت زودتر و همینطور پرداخت دیرتر به نفع تصمیم‌گیرنده است.

۲ـ در یک کارخانهٔ تولید کفش کدامیک از هزینه‌های زیر جزو هزینه‌های مستقیم تولیدی به حساب می‌آیند؟

I: هزینهٔ چسب II: هزینهٔ چرم III: هزینهٔ موجودی

۱) فقط III ۲) I و II ۳) II و III ۴) فقط II

حل : گزینه ۳ صحیح است.

۳ـ کدام‌یک از گزینه‌های زیر می‌توانند جزو گروه هزینه‌های مخلوط (هزینه‌های شبه متغیر یا نیمه متغیر) به حساب بیایند:

۱) هزینه‌هایی که صرفاً ثابت نیستند. ۲) هزینه‌های مشاوره‌ای

۳) هزینه‌های سربار کارخانه ۴) همهٔ موارد

حل : گزینه ۴ صحیح است.

هزینه‌های مخلوط به هزینه‌هایی اطلاق می‌شود که ترکیبی از هزینه‌های ثابت و متغیر باشند. بنابراین گزینهٔ (الف) صحیح است. همینطور هزینه‌های مشاوره‌ای و هزینه‌های سربار کارخانه می‌توانند به هر دو شکل ثابت و متغیر تعبیر شوند. بنابراین گزینه‌های (ب) و (ج) نیز صحیح‌اند.

٤ـ کدام‌یک از هزینه‌های زیر مفهوم ارزش زمانی پول را بطور مستقیم در خود دارا می‌باشد؟

۱) هزینه‌های مخلوط ۲) هزینهٔ نگهداری سرمایه ۳) هزینه‌های تولیدی ۴) همهٔ موارد

حل : گزینه ۲ صحیح است.

طبق ارزش زمانی پول، در واقع بابت سرمایه‌گذاری نکردن پول خود در جایی که به پول ما بهره می‌بخشد، متحمل هزینه‌ای می‌شویم که با عنوان هزینه نگهداری پول یا سرمایه به آن اطلاق می‌گردد.

۵ـ یک پروژه کدام‌یک از مشخصه‌های زیر را باید داشته باشد تا پروژه‌ای اقتصادی خطاب شود؟

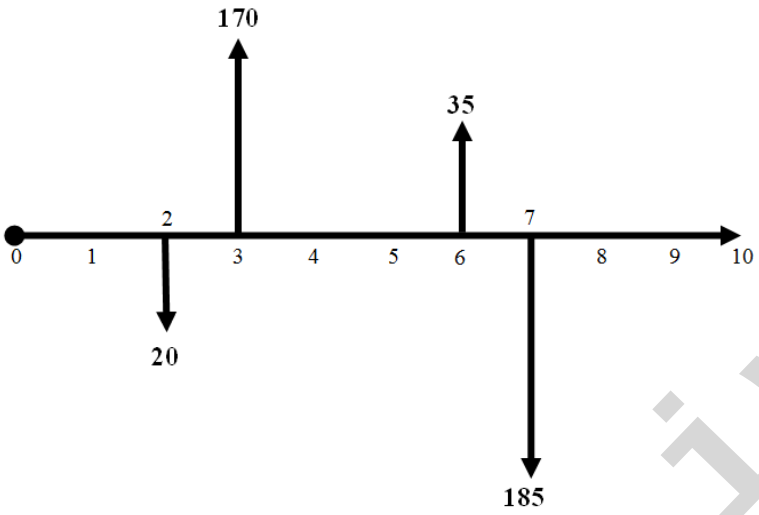
۱) $ROR > 0$ ۲) $ROR \geq 0$ ۳) $ROR \geq i$ ۴) هیچکدام

حل : گزینه ۴ صحیح است.

لزوماً پروژه‌ای که دارای نرخ بازگشت سرمایهٔ مثبت باشد اقتصادی نیست. درواقع برای اقتصادی بودن یک پروژه باید نرخ بازگشت سرمایهٔ بدست آمده از حداقل نرخ جذب کنندهٔ تعریف شده توسط مدیریت بزرگتر یا مساوی باشد یعنی $ROR \geq MARR$.

www.iedoc.ir

٦ـ کدام گزینه در مورد مقدار نرخ بازگشت سرمایهٔ داخلی در فرآیند مالی زیر صحیح است؟



۱) IRR>۰ ۲) IRR<۰ ۳) IRR=۰ ۴) نمی‌توان اظهار نظر کرد.

حل : گزینه ۳ صحیح است.

سودی که از سال دوم به سوم بدست آمده، در سال ششم به هفتم از دست رفته است بنابراین هیچگونه بازگشت سرمایه‌ای نداشته‌ایم.

www.iedoc.ir

نمادهای استاندارد (پارامترها) و فاکتورهای مالی

۱. ارزش فعلی[۱۶] P

۲. ارزش آینده[۱۷] یا ارزش نهایی F

۳. سری یکنواخت[۱۸] A

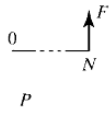
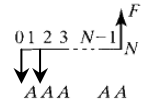
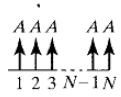
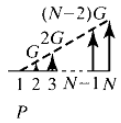
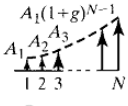
۴. شیب یکنواخت[۱۹] G

۵. سری هندسی[۲۰] A_1

فاکتورهای مالی: فرمول‌های مورد استفاده برای فاکتورهای مالی همراه با شکل‌های مربوطه در جدول زیر آمده‌اند.

www.iedoc.ir

[۱۶] Present Worth
[۱۷] Future Worth
[۱۸] Uniform Series
[۱۹] Uniform Gradients
[۲۰] Geometric Series

Flow Type	Factor Notation	Formula	Excel Command	Cash Flow Diagram
SINGLE	Compound amount (*F/P, i, N*)	$F = P(1+i)^N$	= FV(*i*, *N*, *P*, , 0)	
	Present worth (*P/F, i, N*)	$P = F(1+i)^{-N}$	= PV(*i*, *N*, *F*, , 0)	
EQUAL PAYMENT SERIES	Compound amount (*F/A, i, N*)	$F = A\left[\frac{(1+i)^N - 1}{i}\right]$	= PV(*i*, *N*, *A*, , 0)	
	Sinking fund (*A/F, i, N*)	$A = F\left[\frac{i}{(1+i)^N - 1}\right]$	= PMT(*i*, *N*, *P*, *F*, 0)	
	Present worth (*P/A, i, N*)	$P = A\left[\frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N}\right]$	= PV(*i*, *N*, *A*, , 0)	
	Capital recovery (*A/P, i, N*)	$A = P\left[\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}\right]$	= PMT(*i*, *N*, *P*)	
GRADIENT SERIES	Linear gradient Present worth (*P/G, i, N*) Conversion factor (*A/G, i, N*)	$P = G\left[\frac{(1+i)^N - iN - 1}{i^2(1+i)^N}\right]$ $A = G\left[\frac{(1+i)^N - iN - 1}{i[(1+i)^N - 1]}\right]$		
	Geometric gradient Present worth ($P/A_1, g, i, N$)	$P = \begin{cases} A_1\left[\frac{1-(1+g)^N(1+i)^{-N}}{i-g}\right] \\ A_1\left(\frac{N}{1+i}\right) \text{ (if } i = g\text{)} \end{cases}$		

نکات:

۱. فاکتورهای تبدیل مربوط به P، F، A و G تنها به i (نرخ بهره) و N (تعداد دوره) بستگی دارند درصورتیکه فاکتورهای مربوط به A_1 (سری هندسی) علاوه بر i و n به نرخ رشد یا g نیز بستگی دارند.

۲. فاکتورهای مربوط به G تنها برای سری‌های حسابی با شیب یکنواخت افزایشی بکار می‌روند که جملهٔ اول سری آنها برابر با همان قدرنسبت سری باشد.

۳. فاکتور $(A/P, i, N)$ ارزش فعلی پرداختی (دریافتی) را به یک سری پرداختی (دریافتی) یکنواخت که یک دوره بعد از دوره‌ای که ارزش فعلی پرداخت (دریافت) شده آغاز می‌گردد و تا N دوره پس از آن ادامه دارد، تبدیل می‌نماید. و برای $(P/A, i, N)$ برعکس.

۴. فاکتور $(A/F, i, N)$ ارزش آیندهٔ پرداختی (دریافتی) را به یک سری پرداختی (دریافتی) یکنواخت که $N-1$ دوره قبل از دوره‌ای که ارزش نهایی پرداخت (دریافت) شده آغاز می‌گردد و تا دوره‌ای که ارزش نهایی پرداخت (دریافت) شده ادامه دارد، تبدیل می‌نماید. و برای $(F/A, i, N)$ برعکس.

www.1edoc.ir

۵. فاکتور $(G/P,i,N)$ ارزش فعلی پرداختی (دریافتی) را به یک سری حسابی با شیب یکنواخت افزایشی از جنس پرداختی (دریافتی) که جملهٔ اول آن (G) دو دوره بعد از دوره‌ای که ارزش فعلی پرداخت (دریافت) شده آغاز می‌گردد و تا $N-1$ دوره پس از آن ادامه دارد، تبدیل می‌نماید. و برای $(P/G,i,N)$ برعکس.

۶. فاکتور $(P/A_1,g,i,N)$ ارزش فعلی پرداختی (دریافتی) را به یک سری هندسی با شیب یکنواخت افزایشی از جنس پرداختی (دریافتی) که جملهٔ اول آن (A_1) یک دوره بعد از دوره‌ای که ارزش فعلی پرداخت (دریافت) شده آغاز می‌گردد و تا N دوره پس از آن ادامه دارد، تبدیل می‌نماید. و برای $(A_1/P,g,i,N)$ برعکس.

۷. اگر نرخ رشد[۲۱] برابر g و نرخ تنزیل برابر r باشد، نرخ واقعی i بصورت زیر بدست می‌آید:

$$1+i=\frac{1+g}{1+r}\Rightarrow i=\frac{g-r}{1+r}$$

۸. توجه کنید که گاهی نرخ بهره می‌تواند مفهوم رشد و نرخ تورم مفهوم تنزیل را داشته باشد و گاهی برعکس. بستگی به این دارد که از چه دیدی به مسأله نگاه کنیم. مثلاً خریداریم یا فروشنده؟

۹. درکل اگر عبارت $1+i$ که در آن i نرخ است در مخرج باشد نشاندهندهٔ مفهوم تنزیل یافن است.

۱۰. فاکتور تبدیلِ A/F فاکتور وجوه استهلاکی و فاکتور F/A فاکتور مرکب سری یکنواخت نیز نامیده می‌شود.

۱۱. فاکتورهای مالی دارای یکسری جدول استاندارد می‌باشند که در این جداول مقادیر فاکتورهای مالی به ازای N و i های مختلف محاسبه شده است. (همانند جدول نرمال استاندارد در آمار و احتمال)

حالت‌های خاص:

۱. زمانی که عمر پروژه نامحدود است، رابطهٔ P و A بدین شکل خواهد بود: $P=A/i$

۲. زمانی که در حالت سری هندسی قدر نسبت (نرخ رشد) و نرخ بهره (نرخ تنزیل) برابر باشند داریم:

$$i=g\Rightarrow(P/A_1,g,i,N)=\frac{N}{1+i}$$

۳. زمانی که پرداخت‌ها یا دریافت‌هایمان بصورت یک سری حسابی با شیب یکنواخت کاهشی باشد، فرآیند مالی آن را بصورت حاصل تفاضل یک سری یکنواخت با مقدار آخرین جملهٔ سری حسابی فوق، و یک سری حسابی با شیب یکنواخت افزایشی می‌نویسیم.

۴. زمانی که پرداخت‌ها یا دریافت‌هایمان بصورت یک سری حسابی با شیب یکنواخت باشند که جملهٔ اول آن سری برابر با قدر نسبت سری نباشد، فرآیند مالی آن را بصورت حاصل جمع یک سری یکنواخت و یک سری حسابی با شیب یکنواخت که جملهٔ اول آن برابر با قدرنسبت سری فوق باشد می‌نویسیم.

تبدیل فاکتورها به یکدیگر:

گاهی تنها تعداد محدودی از فاکتورهای مالی را در اختیار داریم و نیاز داریم با استفاده از آنها مقدار فاکتورهای دیگری که در مسأله بکار برده می‌شوند را محاسبه نمائیم. هرکدام از فاکتورهای مالی نشاندهندهٔ یک رابطه یا فرمول ریاضی هستند. برای مثال منظور از $(F/P,i,N)$ همان نسبتِ $\frac{F}{P}$ می‌باشد، یعنی،

$$\frac{F}{P}=(F/P,i,N)=(1+i)^N$$

---

[۲۱] Growth Rate

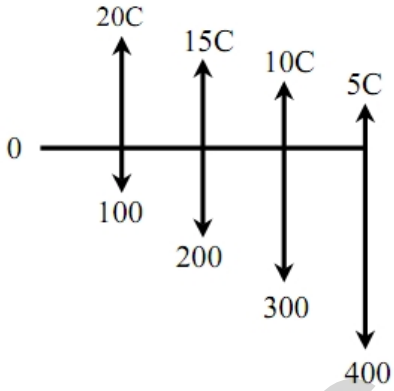
www.tedoc.ir

بنابراین براحتی می‌توان گفت $(F/P,i,N)=\frac{1}{(P/F,i,N)}$، همچنین برای فاکتورهای دیگر.

به همین ترتیب می‌توان گفت،

$$(F/G,i,N)=\frac{F}{G}=\frac{F}{P}\cdot\frac{P}{G}=(F/P,i,N)(P/G,i,N)$$

مثال: اگر $i=12\%$ مقدار C را پیدا کنید.

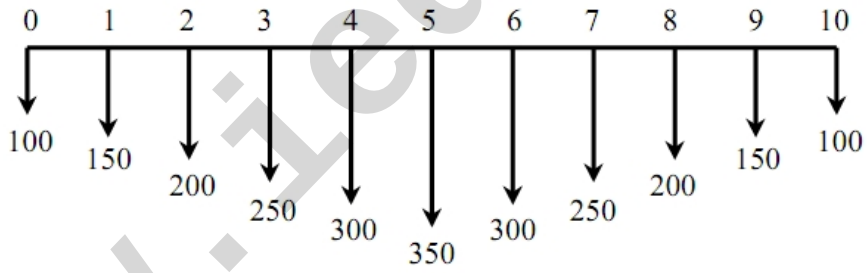


۲۰C(P/A, ۱۲٪, ۴) - ۵C(P/G, ۱۲٪, ۴) = ۱۰۰(P/A, ۱۲٪, ۴) + ۱۰۰(P/G, ۱۲٪, ۴)

۴۰.۱۰۵C = ۷۱۶.۴

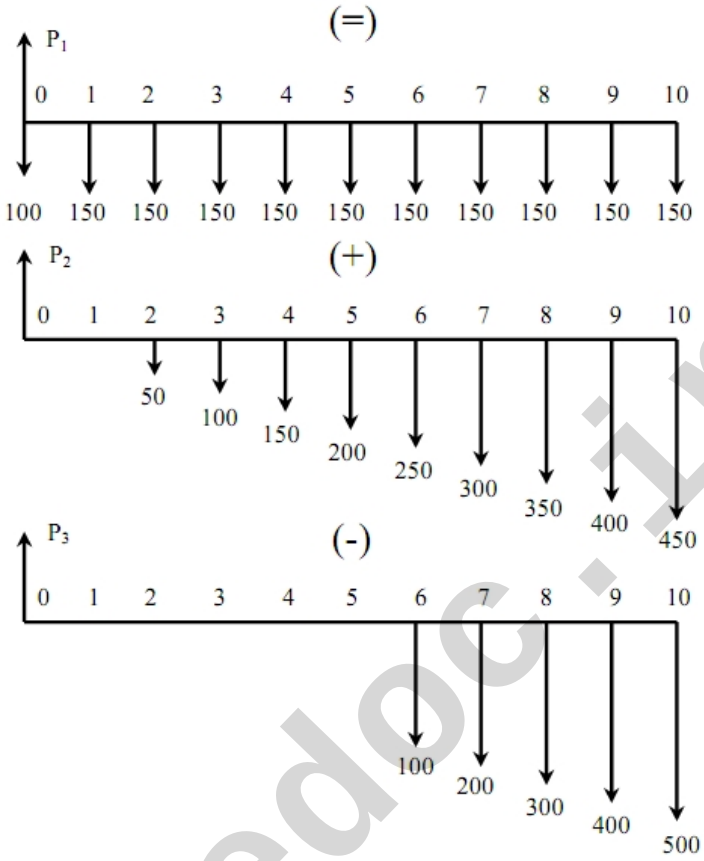
C = ۱۷.۸۶

مثال: ارزش فعلی فرآیند مالی زیر را برای $i=18\%$ بدست آورید.



www.iedoc.ir

راه‌حل: فرآیند مالی فوق را می‌توان بصورت جمع و تفریق فرآیندهای مالی زیر نوست،



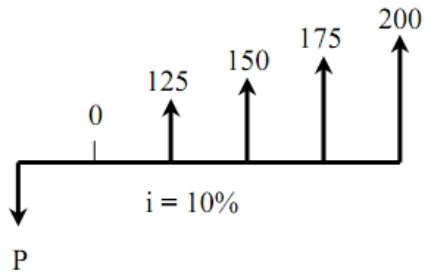
$P_۱ = ۱۰۰ + ۱۵۰(P/A, ۱۸٪, ۱۰) = ۷۷۴.۱۰$

$P_۲ = ۵۰(P/G, ۱۸٪, ۱۰) = ۷۱۷.۶۰$

$P_۳ = ۱۰۰(P/G, ۱۸٪, ۶)(P/F, ۱۸٪, ۴) = ۳۶۵.۳۴$

$P = P_۱ + P_۲ + P_۳ = ۱,۱۲۶.۳۶$

مثال: ارزش فعلی فرآیند مالی زیر را بدست آورید.

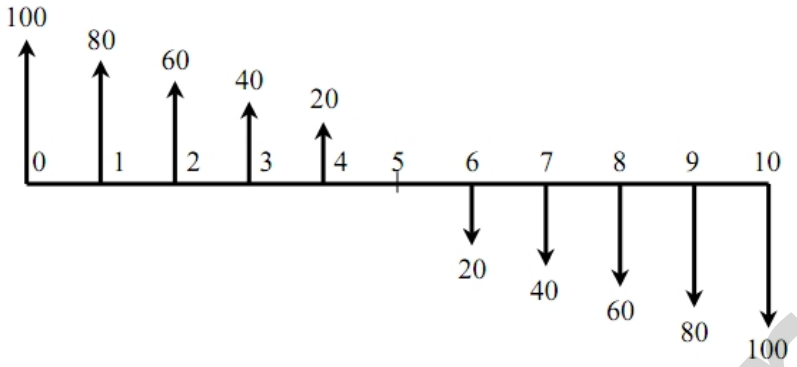


راه‌حل: در فرآیند مالی زیر فعلاً نمی‌توانیم از فاکتور تبریل مربوط به سری حسابی با شیب یکنواخت استفاده کنیم زیرا جملهٔ اول این سری یعنی ۱۲۵ با قدرنسبت سری یعنی ۲۵ برابر نیست. بنابراین باید این فرآیند مالی را بصورت جمع دو فرآیند مالی، که یکی دارای سری یکنواخت با ارزش ۱۰۰ می‌باشد و دیگری سری حسابی با قدرنسبت ۲۵ درنظر بگیریم. داریم،

$P = [۱۲۵(P/A, ۱۰٪, ۴) + ۲۵(P/G, ۱۰٪, ۴)](P/F, ۱۰٪, ۱) = ۴۵۹.۷۳$

www.tedoc.ir

مثال: ارزش فعلی فرآیند مالی زیر را برای $i = 18\%$ بدست آورید.

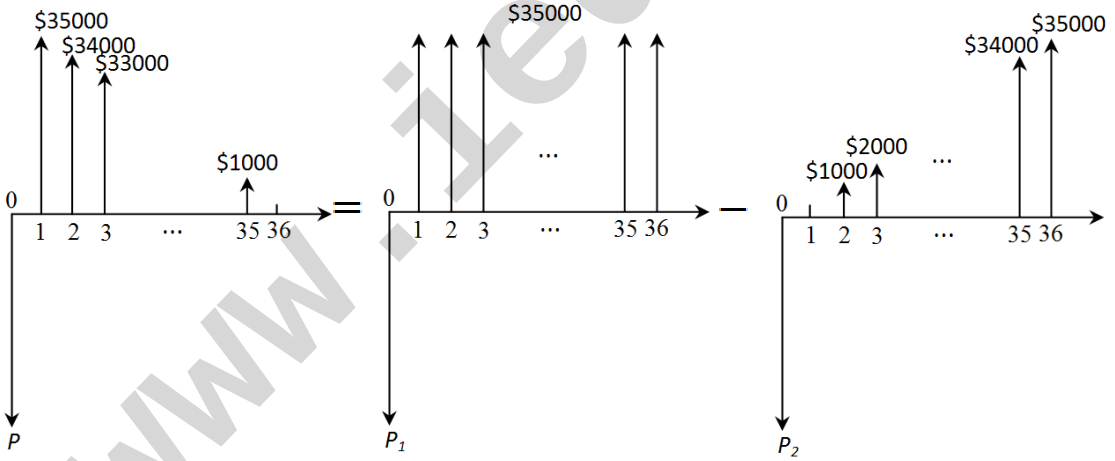


راه‌حل:

$$P = ۱۰۰ + ۸۰(P/A, ۱۸٪, ۱۰) - ۲۰(P/G, ۱۸٪, ۱۰) = ۱۷۲.۴۸$$

مثال: در یک محیط اقتصادی با نرخ بهرهٔ سالیانه ۱۳.۵٪ برای دریافت مبالغی با شروع در انتهای سال اول به مبلغ ۳۵۰۰۰ واحد و کاهش ۱۰۰۰ واحدی در هرسال برای بیشترین زمان ممکن، چند واحد پول را باید در زمان حاضر سرمایه‌گذاری کنیم؟

راه‌حل: فرآیند مالی این مسأله در سمت چپ شکل زیر آمده است؛ برای اینکه بتوانیم با استفاده از فاکتورهای مالی استاندارد این مسأله را حل کنیم باید به جای شیب یکنواخت کاهشی، شیب یکنواخت افزایشی ایجاد کنیم. همانطور که می‌بینید، این فرآیند مالی از تفاضل دو فرآیند مالی زیر بدست می‌آید،

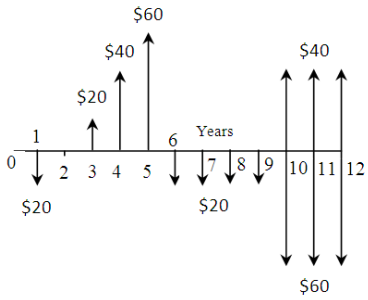


حال براحتی می‌توان مقدار ارزش فعلی فرآیند مالی اصلی را بدین شکل محاسبه نمود،

$$P = P_1 - P_2 = 35000(P/A, 13.5\%, 36) - 1000(P/G, 13.5\%, 36) = 205044$$

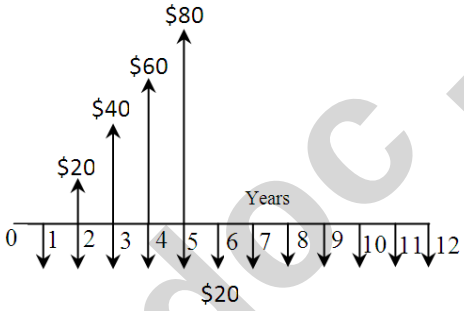
www.iedoc.ir

تست: کمترین تعداد فاکتورهای مالی که می‌توان با استفاده از آنها ارزش فعلی فرآیند مالی زیر را محاسبه نمود چقدر است؟



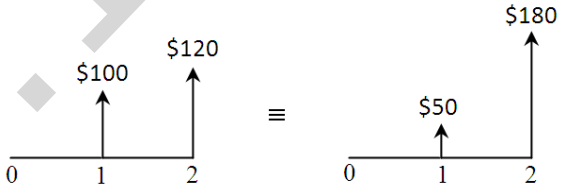
الف) ۵

راه‌حل: گزینهٔ (د) صحیح است. پس از ساده‌سازی جریان مالی سال‌های ۱۰ الی ۱۲ و ایجاد یک سری یکنواخت پرداختی با مبلغ ۲۰ واحد، فرآیند مالی فوق به شکل زیر ساده خواهد شد،



حال با استفاده از یک فاکتور مالی P/A و یک فاکتور مالی P/G ارزش فعلی فرآیند مالی فوق بدست می‌آید.

تست: به ازای چه نرخ بهره‌ای دو فرآیند مالی زیر معادل یکدیگر خواهند بود،



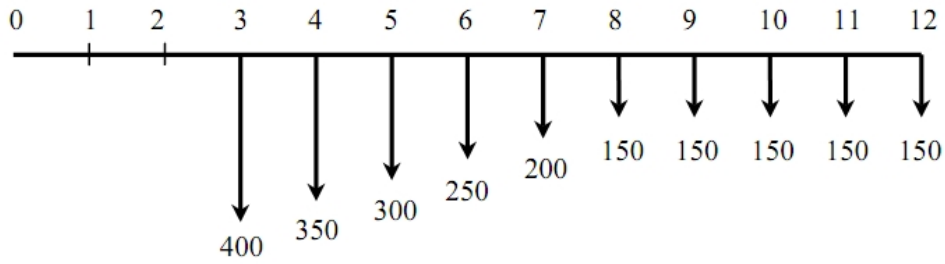
الف) ٪۲۵

راه‌حل: گزینهٔ (ب) صحیح است. یک روش این است که ارزش فعلی این دو فرآیند مالی را با هم برابر قرار دهیم اما با این کار یک معادله از درجهٔ دوم خواهیم داشت. راه‌حل ساده‌تر این است که ارزش هر دو فرآیند مالی را در سال انتهایی با هم برابر قرار دهیم. دراینصورت،

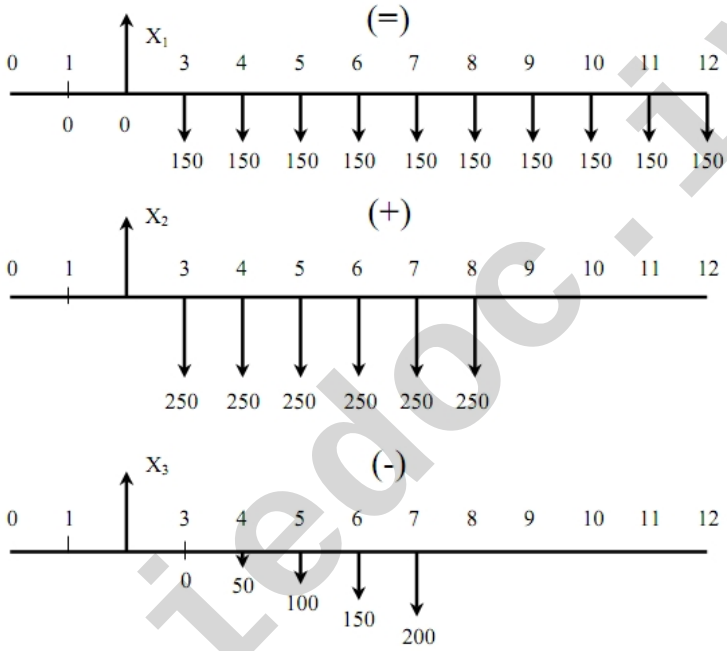
$$120 + 100(1+i) = 180 + 50(1+i) \Rightarrow 1+i = \frac{60}{50} \Rightarrow i = \frac{1}{5} = 20\%$$

www.ieoc.ir

مثال: ارزش سری یکنواخت فرآیند مالی زیر را در $i = 18\%$ پیدا کنید.



راه‌حل: فرآیند مالی فوق را می‌توان بصورت زیر بصورت جمع و تفریق چند فرآیند مالی دیگر نوشت،



$X_1 = ۱۵۰ \ (P/A, ۱۸٪, ۱۰) = ۶۷۴.۱۰$

$X_2 = ۲۵۰ \ (P/A, ۱۸٪, ۵) = ۷۸۱.۷۵$

$X_3 = ۵۰ \ (P/G, ۱۸٪, ۵) = ۲۶۱.۵۵$

$X = X_1 + X_2 - X_3 = ۱,۱۹۴.۳۰$

$P = ۱,۱۹۴.۳۰ \ (P/F, ۱۸٪, ۲) = ۸۵۷.۷۵$

$A = ۸۵۷.۷۵ \ (A/P, ۱۸٪, ۱۲) = ۱۷۸.۹۳$

نرخ سود اسمی و مؤثر

هر نرخ بهره‌ای که در یک مسألهٔ اقتصاد مهندسی تعریف می‌شود دارای دو خصوصیت زیر است:

۱. **دورهٔ ترکیب بهره** (دوره‌هایی که بهره در آنها ترکیب می‌شود)

۲. **دورهٔ تحویل بهره**[۲۲] (دوره‌هایی که در آنها نتیجهٔ بهره‌های ترکیب شده روی موجودی پول قابل رؤیت است)

[۲۲] از این شاخص در مراجع اصلی اقتصاد مهندسی استفاده نشده است و در اینجا صرفاً برای فهم بهتر موضوع آورده شده است.

www.iedoc.ir

مثال: نرخ بانکِ ABC، ۱۵٪ سالیانه است که بطور فصلی مرکب می‌شود. یعنی دورهٔ ترکیب بهره فصلی بوده درصورتیکه دورهٔ تحویل بهره سالیانه است. یعنی سود یا بهرهٔ پول سرمایه‌گذاری شدهٔ شما در بانک هر فصل باتوجه به یک نرخ بهرهٔ مؤثر فصلی (که در ادامه به طرز محاسبهٔ آن اشاره خواهیم نمود) ترکیب شده، و بعد از هرسال مجموع آثار آنها در موجودی بانکی شما دیده می‌شود.
برای انجام محاسبات اینچنینی ابتدا نرخ سود اسمی را محاسبه می‌کنند و سپس با استفاده از آن نرخ سود مؤثر را.

محاسبهٔ نرخ سود اسمی[۲۳] (i_n)

- اگر دورهٔ ترکیب بهره کوچکتر از دورهٔ تحویل بهره باشد، نرخ سود اسمی برابر خواهد بود با نرخ بهرهٔ اعلام شده تقسیم بر حاصل تقسیم دورهٔ تحویل بهره بر دورهٔ ترکیب بهره.
- اگر دورهٔ ترکیب بهره بزرگتر از دورهٔ تحویل بهره باشد، نرخ سود اسمی برابر خواهد بود با نرخ بهرهٔ اعلام شده ضرب در حاصل تقسیم دورهٔ ترکیب بهره بر دورهٔ تحویل بهره.

محاسبهٔ نرخ سود مؤثر[۲۴] (i_e)

۱. همواره نرخ سود مؤثر برای دوره‌های خاص و با توجه به نیاز مسأله محاسبه می‌شود. برای مثال اگر با تعدادی پرداخت‌ها یا دریافت‌های ماهیانه سر و کار داریم، یعنی دوره‌های فرآیند مالی ما ماهیانه هستند، نرخ مؤثر ماهیانه را محسابه می‌کنیم. به عبارتی دیگر **جنس دوره‌ای نرخ مؤثر باید با جنس دوره‌های فرآیند مالی یکسان باشد**.

۲. اگر جنس دوره‌های فرآیند مالی با جنس دورهٔ ترکیب یکسان باشد، $i_n = i_e$. برای مثال اگر دورهٔ ترکیب ماهیانه باشد، آنگاه نرخ سود اسمی ماهیانه همان نرخ سود مؤثر ماهیانه است.

۳. بطور خلاصه اگر مایل باشیم نرخ سود مؤثر دورهٔ Y (i_e^Y) را با استفاده از نرخ سود مؤثر دورهٔ X (i_e^X) محاسبه نمائیم داریم،

$$i_e^Y = (1 + i_e^X)^{\frac{Y}{X}} - 1$$

۴. البته با توجه به نکتهٔ دومِ این قسمت، همواره برای آسانی نرخ سود مؤثر یک دوره مانند Y (i_e^Y) را نسبت به نرخ سود مؤثر دورهٔ ترکیب که برابر با همان نرخ سود اسمی دورهٔ ترکیب است محاسبه می‌کنند. بنابراین اگر X دورهٔ ترکیب باشد داریم،

$$i_e^Y = (1 + i_n^X)^{\frac{Y}{X}} - 1$$

۵. اگر دورهٔ ترکیب پیوسته (لحظه‌ای) باشد، نرخ سود مؤثر از رابطهٔ زیر بدست می‌آید،

$$i_e = \exp(i_n) - 1 = e^{i_n} - 1$$

که در اینجا e همان عدد نپر می‌باشد که تقریباً برابر است با ۲.۷۱۸۲۸۱۸۳

---

[۲۳] Nominal Interest Rate

[۲۴] Effective Interest Rate

www.iedoc.ir

۱. مقدار فاکتورهای مالی در حالت ترکیب پیوسته (لحظه‌ای) نرخ بهره در جدول زیر آمده است،

$(P/F,r,N)^{\infty}$	e^{-rN}
$(F/P,r,N)^{\infty}$	e^{rN}
$(F/A,r,N)^{\infty}$	$\frac{e^{rN}-1}{e^{r}-1}$
$(A/F,r,N)^{\infty}$	$\frac{e^{r}-1}{e^{rN}-1}$
$(P/A,r,N)^{\infty}$	$\frac{e^{rN}-1}{e^{rN}(e^{r}-1)}$
$(A/P,r,N)^{\infty}$	$\frac{e^{rN}(e^{r}-1)}{e^{rN}-1}$
$(P/G,r,N)^{\infty}$	$\frac{e^{rN}-1-N(e^{r}-1)}{e^{rN}(e^{r}-1)^{2}}$
$(A/G,r,N)^{\infty}$	$\frac{1}{e^{r}-1}-\frac{N}{e^{rN}-1}$

۲. در نکتهٔ فوق r همان i_n است. فرمول‌های فوق صرفاً برای راحتی محاسبات ارائه شده‌اند. ولی در کل دو روش برای انجام محاسبات حالت دورهٔ ترکیب پیوسته وجود دارد،

- هم می‌توان طبق نکات قبلی نرخ اسمی را محاسبه نمود و در فرمول نکتهٔ ۵ قرار داد و سپس نرخ مؤثر مورد نظر را در فرمول معمولی فاکتورهای تبدیل قرار داده و محاسبات را انجام داد.
- هم می‌توان بطور مستقیم از جدول نکتهٔ ۶ استفاده نمود.

۳. اگر دورهٔ تحویل در مسأله مشخص نشده باشد بطور پیش فرض آن را سالیانه درنظر می‌گیریم. مثلاً نرخ ٪۱۰ که ماهیانه مرکب می‌شود یعنی نرخ ٪۱۰ سالیانه که بطور ماهیانه ترکیب می‌شود.

۴. هرچه دورهٔ ترکیب کوچکتر از دورهٔ تحویل باشد، نرخ مؤثر دورهٔ تحویل بیشتر خواهد بود. درواقع دراینصورت تعداد دوره‌های مرکب شدن بهره بیشتر خواهد بود و زودتر بهره به پول اضافه می‌شود در نتیجه سود بیشتری نیز عاید می‌گردد.

نکته: نرخ مؤثر همیشه بزرگتر یا مساوی نرخ اسمی است.

مثال: نرخ سود مؤثر سالیانه و ماهیانه را برای نرخ $i=10\%$ سالیانه که بصورت ماهیانه ترکیب می‌شود محابه کنید.

راه‌حل: دورهٔ ترکیب بهره ماهیانه بوده و از دورهٔ تحویل بهره یعنی سالیانه کوچکتر است، بنابراین با توجه به اینکه هرسال ۱۲ ماه است داریم $i_n=\frac{0.1}{12}$. چون دورهٔ ترکیب بهره ماهیانه است بنابراین نرخ سود مؤثر ماهیانه نیز برابر نرخ سود اسمی یعنی $\frac{0.1}{12}$ خواهد بود و

$$i_e^{\text{سالیانه}}=\left(1+\frac{0.1}{12}\right)^{12}-1=0.1047$$

مثال: نرخ سود سالیانه ٪۸ است که بصورت لحظه‌ای مرکب می‌شود، نرخ سود مؤثر فصلی را بدست آورید.

www.iedoc.ir

راه‌حل: ابتدا باید نرخ سود اسمی فصلی را بدست آوریم تا بتوانیم از آن در فرمول ترکیب پیوسته (لحظه‌ای) استفادهع کرده و مقدار نرخ سود مؤثر فصلی را پیدا کنیم. با توجه به اینکه هر سال ۴ فصل است داریم، $i_n^{\text{فصلی}} = \frac{0.08}{4} = 0.02$ و

$$i_e^{\text{فصلی}} = e^{0.02} - 1 = 0.20201$$

نکته: همانطور که می‌بینید در دو مثال فوق، جواب بدست آمده تا دو رقم اعشار مشابه همان نرخ اعلام شده توسط مسأله است. در خیلی از مسائل این اتفاق امکان پذیر است بنابراین همواره بهتر است چنین جواب‌هایی را تا حداقل چهار رقم اعشار محاسبه نمائیم تا تفاوت آنها مشخص شود.

مثال: ارزش فعلی یک سری یکنواخت به مبلغ ۵۰۰ واحد ماهیانه به مدت ۱۰ سال را در شرایطی که $\text{ROR} = 10\%$ سالیانه که فصلی مرکب می‌شود باشد را محاسبه کنید.

راه‌حل: سری یکنواخت مطرح شده در صورت مسأله بصورت ماهیانه است بنابراین جنس دوره‌های مورد بررسی ماهیانه بوده و باید جهت برخورد با آنها نرخ سود مؤثر ماهیانه محاسبه شود. داریم $i_e^{\text{فصلی}} = i_n^{\text{فصلی}} = \frac{0.1}{4} = 0.025$، و

$$i_e^{\text{ماهیانه}} = (1 + 0.025)^{\frac{1}{3}} - 1 = 0.08265$$

حال علاوه بر اینکه در فاکتور مالی تبدیل A به P از نرخ فوق استفاده می‌کنیم بلکه باید تعداد دوره‌ها نیز تعداد همان دوره‌هایی باشند که مورد بررسی می‌باشند یعنی تعداد ماه‌ها که در ۱۰ سال برابر ۱۲۰ ماه خواهند بود و خواهیم داشت،

$$P = 500(P/A, i = 0.08265, N = 120) \approx 37966$$

تست: نرخ بهرهٔ اسمی یک وام که بصورت پیوسته مرکب می‌شود چقدر است، اگر نرخ مؤثر آن برابر با ٪۲۵ باشد؟

۱) $e^{1.25}$ ۲) $e^{0.25}$ ۳) $\ln 1.25$ ۴) $\ln 0.25$

راه‌حل: گزینه ۳ صحیح است.

$$e^r - 1 = 0.25 \Rightarrow e^r = 1.25 \Rightarrow r = \ln 1.25$$

تست: فرض کنید نرخ بهرهٔ سالیانه برابر ٪۵. اگر دورهٔ ترکیب را از ماهیانه به پیوسته تغییر دهیم، نرخ اسمی:

۱) افزایش خواهد یافت

۲) تغییر نخواهد کرد

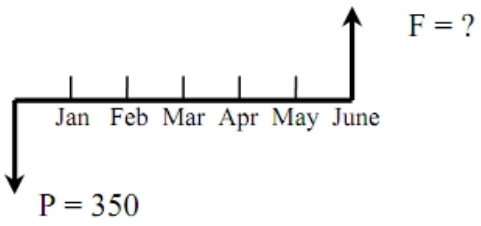
۳) کاهش خواهد یافت

۴) بسته به شرایط می‌تواند کاهش یا افزایش یابد.

راه‌حل: گزینه ۲ صحیح است.

مثال: فرض کنید نرخ بهره ٪۹ است که ماهیانه ترکیب می‌شود. مقدار F و نرخ مؤثر سالیانه را بدست آورید.

www.iedoc.ir



راه‌حل: همانطور که می‌بینید جنس دوره‌های فرآیند مالی فوق ماهیانه است بنابراین برای انجام محاسبات آن از تعداد ماه‌ها و نرخ بهرهٔ مؤثر ماهیانه استفاده می‌کنیم. چون نرخ بهره ٪۹ سالیانه است که ماهیانه ترکیب می‌شود بنابراین نرخ اسمی و مؤثر ماهیانه با هم یکسان و برابر با $\frac{0.09}{12} = 0.0075 = 0.75\%$ می‌باشند که در شش دوره ترکیب می‌شود تا F را نتیجه دهد،

F=۳۵۰(F/P, ۰.۷۵٪, ۶)=۳۶۶.۱۰

حال برای بدست آوردن نرخ مؤثر سالیانه باید به این نکته دقت کنیم که نرخ مؤثر ماهیانه باید ۱۲ سال ترکیب شود تا به مؤثر سالیانه تبدیل شود بنابراین داریم، $i_e = (1 + 0.0075)^{12} - 1 = 9.38\%$.

مثال: یک مهندس جوان می‌خواهد خانه‌ای را خریداری کند اما تنها قادر به انجام پرداخت‌های ۵۰۰ ماهیانه می‌باشد. وام‌های ۳۰ ساله با نرخ بهرهٔ ٪۱۲ که ماهیانه ترکیب می‌شوند موجود می‌باشند. اگر او قادر به پرداخت یکسرهٔ ۵۰۰۰ واحد پولی باشد، گران‌ترین خانه‌ای که می‌تواند خریداری کند چه قیمتی دارد؟

راه‌حل: او می‌تواند یک وام ۳۰ ساله که بازپرداخت‌های ماهیانه‌اش ۵۰۰ واحد پولی است بگیرد و ۵۰۰۰ واحد پولی نیز اضافه بر آن پرداخت کند. بنابراین کافیست مقدار چنین وامی را محاسبه نموده و با ۵۰۰۰ جمع کنیم،

$$i_n^{\text{ماهیانه}} = i_e^{\text{ماهیانه}} = \frac{12\%}{12} = 1\%, \qquad N = 30 \times 12 = 360$$

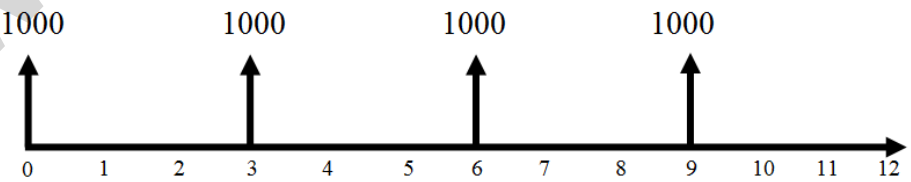
P=۵۰۰(P/A,۱٪,۳۶۰)+۵۰۰۰=۴۸،۶۰۹+۵۰۰۰=۵۳،۶۰۹

مثال: چقدر باید در طرحی که ٪۹ مرکب پیوسته بهره می‌دهد، سرمایه‌گذاری کنیم اگر مایل باشیم ۶۰۰،۰۰۰ واحد پولی در آخر سال دهم دریافت نمائیم؟

راه‌حل: در اینجا نرخ اسمی یا r (i_e) در حالت پیوسته را معمولاً با این نماد نشان می‌دهند) ۰.۰۹ و N=۱۰ بنابراین یا می‌توانیم به سادگی از فرمول معمولی فاکتور تبدیل P/F استفاده نمائیم یا از فرمول‌های خاص حالت ترکیب پیوسته،

$$P = F(P/F, 9\%, 10)^{\infty} = Fe^{-rN} = 600{,}000(0.40657) = 243{,}941.8$$

مثال: ارزش فعلی فرآیند مالی زیر را در $i = 21\%$ که فصلی مرکب می‌شود بدست آورید.



راه‌حل: مسلماً اگر تک تک دریافت‌های فوق را با یک فاکتور P/F به زمان حال بیاوریم وقت گیر خواهد بود. دو روش برای حل این مثال ارائه می‌کنیم.

روش اول: دریافت اول در زمان حال می‌باشد بنابراین عیناً در محاسبهٔ ارزش فعلی بدون تعلق گرفتن هیچگونه بهره‌ای خواهد آمد. همانطور که می‌بینید دریافت‌های دیگر هر ۳ سال یکبار اتفاق افتاده‌اند. بنابراین می‌توان نرخ مؤثر سه سالانه را بدست آورد و براحتی با استفاده از

www.tedoc.ir

فاکتور P/A ارزش فعلی را محاسبه کرد. نرخ اسمی فصلی برابر خواهد با $i_n^{\text{فصلی}} = \frac{21\%}{4} = 5.25\%$ و با توجه به اینکه سه سال، از $3 \times 4 = 12$ فصل تشکیل شده است، نرخ مؤثر سه سالانه برابر است با $(1 + 0.0525)^{12} - 1 = 0.8478 = 84.78\%$ و

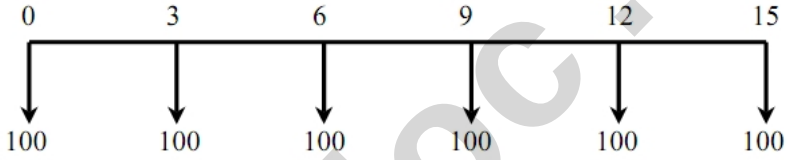
P*=۱۰۰۰+۱۰۰۰(P/A, ۸۴.۷۸٪, ۳)=۱۰۰۰+۹۹۲.۵۳=۱۹۹۲.۵۳

روش دوم: می‌توان هرکدام از دریافت‌ها را به یک سری یکنواخت سه ساله تبدیل نمود. در اینصورت یک سری یکنواخت ۱۲ ساله تشکیل خواهد شد که باز به سادگی با استفاده از فاکتور P/A ارزش فعلی را نتیجه می‌دهد. البته باید توجه داشت چون با استفاده از این روش جنس دوره‌ها سالیانه خواهد بود باید نرخ مؤثر سالیانه را محاسبه و بکار برد. نرخ مؤثر سالیانه برابر خواهد بود با $(1 + 0.0525)^4 - 1 = 0.2271 = 22.71\%$.

A=۱۰۰۰(A/P, ۲۲.۷۱٪, ۳)=۴۹۵.۰۰۸۱

P*=۴۹۵.۰۰۸۱(P/A,۲۲.۷۱٪,۱۲)=۱۹۹۲.۵۳

تست: کدامیک از گزینه‌های زیر به خوبی ارزش سری یکنواخت کل فرآیند مالی زیر را محاسبه می‌کند؟



۱) A = ۱۰۰(A/P, i, ۳) + ۱۰۰(A/F, i, ۳)

۲) A = ۱۰۰(A/P, i, ۱۵)

۳) A = ۱۰۰(A/F, i, ۳) + ۱۰۰(A/F, i, ۱۵)

۴) A = ۱۰۰(A/F, i, ۳) + ۱۰۰(A/P, i, ۱۵)

راه‌حل: گزینه ۴ صحیح است. ایدهٔ این تست همانند مثال قبل می‌باشد.

روش‌های ارزیابی اقتصادی

در این بخش به ابزار تحلیلی اقتصاد مهندسی می‌پردازیم. باری دیگر یادآور می‌شویم این ابزار تنها در شرایط اطمینان کارا می‌باشند. نکتهٔ مهمتر دیگر اینکه **نتیجهٔ تمامی روش‌های ارزیابی اقتصاد مهندسی (به غیر از روش دورهٔ بازگشت سرمایه) با یکدیگر یکسان است**. همینطور **این روش‌ها تنها برای پروژه‌های ناسازگار کاربرد دارند**.

پروژه‌های ناسازگار

m پروژه ناسازگار نامیده می‌شوند هرگاه با انتخاب یکی از پروژه‌ها برای سرمایه‌گذاری، دیگر نتوان $m - 1$ پروژهٔ دیگر را انتخاب نمود. به عبارتی دیگر با اتخاذ تصمیم نسبت به پیاده‌سازی یکی از پروژه‌ها، پیاده‌سازی پروژه‌های دیگر منتفی می‌شود.

۱. روش ارزش فعلی خالص[۲۵]

[۲۵] Net Present Worth Analysis (NPW)

www.iedoc.ir

در این روش ارزش فعلی خالص (تفاضل ارزش فعلی درآمدها یا دریافتی‌ها و هزینه‌ها یا پرداختی‌ها) در حداقل نرخ جذب کننده MARR محاسبه می‌شود. زیرا MARR حداقل نرخی است که برای تصمیم‌گیر یا سرمایه‌گذار جذابیت اقتصادی ایجاد می‌کند بنابراین علامت NPW در حداقل نرخ جذب کننده، تعیین کنندهٔ اقتصادی یا غیراقتصادی بودن طرح یا پروژهٔ پیشنهادی است. به عبارت دیگر،

- اگر $NPW_{MARR} \geq 0$ پروژه اقتصادی است.
- اگر $NPW_{MARR} < 0$ پروژه غیر اقتصادی است.

همانطور که گفته شد این روش‌ها تنها برای پروژه‌های ناسازگار در شرایط اطمینان کارا می‌باشند، بنابراین زمانی باید از آنها استفاده نمائیم که مجبوریم از بین چند طرح یا پروژهٔ پیشنهادی یکی را انتخاب نمائیم.

- در روش NPW پروژه‌ای انتخاب می‌گردد که دارای بیشترین ارزش فعلی خالص باشد.
- در روش NPW، نرخ مورد استفاده برای یافتن مقدار تنزیل یافتهٔ (اصل و فرع) دریافتی‌ها و پرداختی‌ها در زمان حال، حداقل نرخ جذب کننده یا $MARR$ می‌باشد.
- بنابراین حتی اگر در این روش $NPW = 0$، پروژه اقتصادی است، زیرا حداقل نرخ جذب کننده برای سرمایه‌گذاری تأمین گشته است.
- در صورت برابر بودن ارزش فعلی درآمدهای پروژه‌ها، پروژه‌ای که دارای کمترین ارزش فعلی هزینه‌هاست اقتصادی‌ترین پروژه است.
- در صورت برابر بودن ارزش فعلی هزینه‌های پروژه‌ها، پروژه‌ای که دارای بیشترین ارزش فعلی درآمدهاست اقتصادی‌ترین پروژه است.

در بکار گرفتن این روش دو موضوع بسیار حائز اهمیت می‌باشند:

- **عمر مفید طرح‌های پیشنهادی** (زمانی که طرح پیشنهادی برای اتمام نیاز دارد)
- **افق زمانی تصمیم‌گیر** (زمانی که تصمیم‌گیر یا سرمایه‌گذار برای فعالیت خود برنامه‌ریزی کرده است)

نکات روش ارزش فعلی خالص:

۱. اگر عمر پروژه‌ها و افق زمانی تصمیم‌گیر همگی با هم برابر باشند، پروژه‌ای انتخاب می‌گردد که دارای بیشترین ارزش فعلی خالص است.

۲. اگر عمر پروژه‌ها (صرف نظر از برابر بودن یا نبودنشان) بزرگتر از افق زمانی تصمیم‌گیر (مثلاً ۳ سال) باشند باید برآوردی از ارزش اسقاطی دارایی‌های پروژه‌ها در پایان افق تصمیم‌گیری (مثلاً پایان سال سوم) داشته باشیم تا بتوانیم مقایسهٔ NPW را انجام دهیم. به این دلیل که از دید تصمیم‌گیر یا سرمایه‌گذار پروژه در افق زمانی (مثلاً در سال سوم) تمام شده است و باید دارایی‌های مورد استفادهٔ پروژه (مثل ماشین‌آلات کارخانه‌ای یا ابزارآلات) را بفروشد. این برآوردها باید جزو داده‌های مسأله باشد که پس از اعمال آن، دوباره طرحی انتخاب می‌گردد که دارای بیشترین ارزش فعلی خالص است.

۳. اگر عمر پروژه‌ها (صرف نظر از برابر بودن یا نبودنشان) کوچکتر از افق زمانی تصمیم‌گیر (مثلاً ۱۲ سال) باشند، تصمیم‌گیر یا سرمایه‌گذار باید تصمیم بگیرد پروژه‌ها یا طرح‌های جدیدی را اضافه کند تا افق زمانی‌اش تکمیل گردد. برای مثال فرض کنید کارخانه‌ای تا ۱۲ سال (افق زمانی تصمیم‌گیری) نیاز به یک دپارتمان تراشکاری با تجهیزات کامل دارد و دو پروژه‌ها با عمرهای ۱۰ و ۸ به آن پشنهاد شده است. دراینصورت مدیران کارخانه ناچارند پس از اتمام پروژه به فکر اجارهٔ یک دپارتمان تراشکاری باشند زیرا

www.iedoc.ir

هیچکدام از پروژه‌های پیشنهادی تا ۱۲ سال جوابگوی نیاز کارخانه نیستند. فرض کنید هزینهٔ اجارهٔ یک دپارتمان تراشکاری سالیانه ۲۰۰،۰۰۰ واحد پولی باشد، در اینصورت برای انجام تحلیل صحیح، باید از انتهای فرآیندهای مالی هرکدام از پروژه‌های پیشنهادی تا سال ۱۲ام پرداخت یکنواخت سالیانه به مقدار ۲۰۰،۰۰۰ را درنظر گرفت و درنهایت پروژه‌ای را انتخاب نمود که فرآیند مالی آن دارای بیشترین ارزش فعلی خالص است.

۴. اگر تصمیم‌گیر افق زمانی خود را حداکثر مدت لازم برای انجام پروژهٔ پیشنهادی قرار دهد دراینصورت تنها کافیست ارزش فعلی خالص همان فرآیند مالی داده شده را محاسبه و بیشترین را انتخاب نمائیم.

۵. اگر افق زمانی تصمیم‌گیر نامشخص باشد، آن را نامحدود فرض می‌کنند. دو حالت پیش می‌آید،

- عمر پروژه‌های پیشنهادی برابرند.
- عمر پروژه‌های پیشنهادی برابر نیستند.

در حالت اول همانند نکتهٔ اول عمل می‌کنیم. در حالت دوم،

- ک.م.م عمرها را حساب می‌کنیم.
- هرکدام از فرآیندهای مالی را به اندازهٔ مضرب عمر آن در ک.م.م تکرار می‌نمائیم.
- سپس ارزش فعلی خالص هرکدام از این فرآیندهای مالی تکرار یافته را محاسبه می‌نمائیم و بیشترین را به عنوان اقتصادی‌ترین انتخاب می‌نمائیم.
- درواقع در این حالت انگار افق زمانی تصمیم‌گیرنده را برابر با ک.م.م عمر پروژه‌ها درنظر گرفته‌ایم.

مثال: اگر حداقل نرخ جذب کننده برابر با ۱۰٪ باشد با استفاده از روش ارزیابی ارزش فعلی کدامیک از پروژه‌های زیر اقتصادی‌تر است؟

	A	B
هزینهٔ اولیه	۵,۳۰۰	۱۰,۷۰۰
درآمد یکنواخت سالیانه	۱,۸۰۰	۲,۱۰۰
عمر مفید	۴	۸

راه‌حل: با توجه به اینکه عمر پروژه‌ها نابرابر است باید فرآیندهای مالی را در عمرِ ک.م.م عمرها مورد تحلیل قرار دهیم. در اینجا ک.م.م ۴ و ۸، برابر ۸ می‌باشد بنابراین کافیست تنها فرآیند مالی پروژهٔ A را دوبار تکرار نموده و سپس ارزش فعلی خالص آن را با ارزش فعلی خالص B مقایسه نمائیم،

$NPW_A = ۱,۸۰۰(P/A, ۱۰٪, ۸) - ۵,۳۰۰ - ۵,۳۰۰(P/F, ۱۰٪, ۴) = ۶۸۳.۱۰$

$NPW_B = ۲,۱۰۰(P/A, ۱۰٪, ۸) - ۱۰,۷۰۰ = ۵۰۳.۵۰$

$NPW_A > NPW_B$ بنابراین A اقتصادی‌تر است.

www.tedoc.ir

۱. روش ارزش آینده[۲۶]

این روش دقیقاً همانند روش ارزش فعلی است با این تفاوت که ارزش نهایی فرآیندهای مالی یا NFW ها برای تحلیل محاسبه می‌گردند. NPW های بدست آمده در روش ارزش فعلی می‌توانند به سادگی با استفاده از یک فاکتور تبدیل F/P به NFWها تبدیل شوند.

۲. روش ارزش سری یکنواخت خالص سالیانه[۲۷]

این روش کاملاً شبیه روش ارزش فعلی بوده و تنها تفاوت آن در قسمت دوم نکتهٔ ۵ در قسمت قبلی است. یعنی زمانی که عمر پروژه‌ها متفاوت باشند نیازی به محاسبهٔ ک.م.م عمر پروژه‌ها نیست. این مزیتِ روش ارزش یکنواخت انجام تحلیل را برای ما آسان‌تر می‌کند. زمانی کگه عمر پروژه‌ها نبرابر است این روش نسبت به روش ارزش فعلی خالص برتری دارد.

۱. در این روش ارزش یکنواخت درآمدها و هزینه‌ها در کل فرآیند مالی پخش شده و از طریق آن ارزش یکنواخت خالص بدست می‌آید. پروژه‌ای انتخاب می‌گردد که دارای بیشترین ارزش یکنواخت خالص باشد.

۲. در این روش نیز نرخ بهرهٔ مورد استفاده برای انجام تحلیل‌ها حداقل نرخ جذب کننده یا $MARR$ می‌باشد.

۳. این روش صرف نظر از برابر یا برابر نبودن عمر پروژه‌ها تحلیل را انجام می‌دهد.

۴. درصورتیکه عمر حداقل یکی از پروژه‌ها نامحدود باشد از فرمول $P = A/i$ که در بخش‌های قبلی به آن اشاره کردیم استفاده می‌کنیم. بدین شکل که ابتدا ارزش فعلی خالص فرآیند مالی را محاسبه نموده و سپس با استفاده از فرمول فوق آن را به ارزش یکنواخت خالص تبدیل می‌نمائیم.

۳. روش نرخ بازگشت سرمایه[۲۸]

تعادل درآمدها (درآمدهای سالیانه، ارزش اسقاطی و ...) و هزینه‌ها (سرمایهٔ اولیه، هزینه‌های سالیانه و ...) تحت یک نرخ (البته نه همیشه یک نرخ) امکان‌پذیر است که نام آن نرخ (نرخ‌ها) نرخ بازگشت سرمایه می‌باشد.

همانطور که می‌دانیم با محاسبهٔ ROR یک فرآیند مالی یک پروژه و مقایسهٔ آن با MARR می‌توان به اقتصادی یا غیراقتصادی بودن آن پروژه پی برد.

با اینکه می‌توان با برابر قرار دادن اصل و فرع درآمدها و هزینه‌ها در هر نقطهٔ (دورهٔ) دلخواه فرآیند مالی، نرخ بازگشت سرمایه را بدست آورد اما دو روش رایجی که برای محاسبهٔ آن وجود دارد عبارتند از:

۱. روش ارزش فعلی (برابر قرار دادن ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌ها)

۲. روش ارزش سری یکنواخت (برابر قرار دادن ارزش یکنواخت درآمدها و هزینه‌ها)

برای مقایسهٔ اقتصادی چند پروژه با استفاده از روش ROR که همگی آنها دارای نرخ بازگشت سرمایه‌ای بزرگتر یا مساوی از MARR هستند، نمی‌توان گفت پروژه‌ای که دارای بیشترین ROR است اقتصادی‌تر است. بلکه از روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی استفاده می‌کنیم.

نکته: لزوماً پروژه‌ای که بیشترین ROR را دارد اقتصادی‌ترین نیست.

---

[۲۶] Future Worth Analysis (NFW)

[۲۷] Net Equivalent Uniform Annual Worth Analysis (NEUA)

[۲۸] Rate of Return (ROR)

www.iedoc.ir

تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی[۲۹]

در این روش معیار تحلیل، تفاوت بین دو پروژه می‌باشد. ابتدا با استفاده از روش ROR پروژه‌های غیراقتصادی را حذف می‌کنیم تا بتوانیم بین پروژه‌های اقتصادی تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی را انجام دهید. به ازای هر دو پروژهٔ اقتصادی A و B:

۱. اگر $ROR_{B-A} \geq MARR$ آنگاه پروژهٔ B اقتصادی‌تر است.

۲. اگر $ROR_{B-A} < MARR$ پروژهٔ A اقتصادی‌تر است.

۳. اگر $ROR_{B-A} = MARR$ نسبت به انتخاب A یا B بی‌تفاوتیم.

نکته: این روش برای زمانی توصیه می‌شود که عمر پروژه‌ها برابر باشند. درصورتی که عمر پروژه‌ها نابرابر باشند،

- باید همانند روش ارزش فعلی، هرکدام از پروژه‌ها را تا ک.م.م کل عمرها تکرار نمائیم و سپس تفاضل فرآیندهای مالی هردو پروژه را مورد تحلیل قرار دهیم.
- توصیه می‌شود در این حالت از محاسبهٔ روش نرخ بازگشت سرمایهٔ تفاضل دو فرآیند مالی استفاده نشود زیرا به احتمال زیاد به مشکل وجود چند نرخ برخورد خواهیم نمود.
- در این حالت می‌توانیم ارزش فعلی تفاضل دو فرآیند مالی را در حداقل نرخ جذب کننده یا MARR تعریف شده محاسبه کرده، درصورتیکه که نامنفی بود پروژه با هزینهٔ اولیهٔ بیشتر اقتصادی‌تر است و در غیراینصورت پروژه با هزینهٔ اولیه کمتر اقتصادی‌تر خواهد بود.

درواقع اگر در حال انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه بین چند پروژهٔ اقتصادی می‌باشیم با استفاده از روش فوق که نوعی مقایسهٔ دودویی است، پروژه‌ها را حذف نموده و به اقتصادی‌ترین پروژه دست می‌یابیم. این تحلیل را می‌توان بصورت ترسیمی نیز انجام داد،

روش ترسیمی تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی برای تحلیل اقتصادی ROR

۱. در این روش یک محور مختصات که در آن ارزش فعلی هزینه‌ها **محور xها** و ارزش فعلی درآمدها **محور yها** را تشکیل می‌دهد بکار برده می‌شود.

۲. هر پروژه با توجه به فرآیند مالی خود و مقدار ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌هایش نشاندهندهٔ یک نقطه در ربع اول است که مؤلفهٔ افقی آن ارزش فعلی هزینه‌هایش و مؤلفهٔ عمودی آن ارزش فعلی درآمدهایش می‌باشد.

۳. خط $NPW = 0$ در این نمودار، همان نصف‌کنندهٔ ربع اول با زاویهٔ 45° یا شیب یک می‌باشد.

۴. روی خط $NPW = 0$، داریم: $ROR = MARR$.

۵. اگر خط واصل از مبدأ به نقطهٔ مشخص کنندهٔ یک پروژه دارای شیبی بزرگتر از یا مساوی یک (شیب خط $NPW = 0$) آن پروژه اقتصادی است.

۶. اگر خط واصل از مبدأ به نقطهٔ مشخص کنندهٔ یک پروژه دارای شیبی کوچکتر از یک (شیب خط $NPW = 0$) آن پروژه غیراقتصادی است.

۷. اگر شیب خط واصل بین دو نقطهٔ متمایز که نشاندهندهٔ دو پروژهٔ متمایز می‌باشند، از یک بزرگتر باشد، پروژه‌ای که دارای ارزش فعلی هزینهٔ بیشتر است اقتصادی‌تر می‌باشد.

---

[۲۹] Extra Investment Analysis

www.tedoc.ir

۸. اگر شیب خط واصل بین دو نقطهٔ متمایز که نشاندهندهٔ دو پروژهٔ متمایز می‌باشند، از یک کوچکتر باشد، پروژه‌ای که دارای ارزش فعلی هزینهٔ کمتر است اقتصادی‌تر می‌باشد.

۹. اگر شیب خط واصل بین دو نقطهٔ متمایز که نشاندهندهٔ دو پروژهٔ متمایز می‌باشند، برابر با یک باشد، نسبت به انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه بین این دو بی‌تفاوتیم.

۱۰. دو نکتهٔ فوق بیانگر همان مفهوم مقایسهٔ ROR_{B-A} و $MARR$ در ابتدای این بخش می‌باشند.

بدست آوردن ROR از طریق معادلهٔ ریاضی

اگر یک فرآیند مالی به شکل زیر داشته باشیم و مایل باشیم نرخ بازگشت سرمایهٔ آن را بدست آوریم می‌توانیم با محاسبهٔ ارزش فعلی هرکدام از جریان‌های مالی آن را به یک معادلهٔ ریاضی به شکل زیر تبدیل نمائیم،

سال						
جریان مالی	$-P$	Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_N

$$-P + Y_1(1+ROR)^{-1} + Y_2(1+ROR)^{-2} + \cdots + Y_N(1+ROR)^{-N} = 0$$

حال با تغییر متغیرِ $X = (1+ROR)^{-1}$، معادلهٔ فوق به یک معادلهٔ خطی درجهٔ N تبدیل می‌شود:

$$-P + Y_1X + Y_2X^2 + \cdots + Y_NX^N = 0$$

۱. پس از حل معادلهٔ فوق و بدست آوردن X با جایگزینی در رابطهٔ $X = (1+ROR)^{-1}$ مقدار (مقادیر) ROR را محاسبه می‌نمائیم.

۲. اگر عمر فرآیند مالی بیش از یک دوره بوده و تغییرعلامت‌های آن بیش از یکی باشد، جواب‌های بدست آمده برای نرخ بازگشت سرمایه نیز بیش از یکی خواهد بود.

۳. برای حل این مشکل از نرخ بازگشت سرمایهٔ خارجی استفاده می‌کنیم.

نرخ بازگشت سرمایهٔ خارجی[۳۰]

۱. در این روش فرض می‌کنیم تصمیم‌گیر یا سرمایه‌گذار می‌تواند درآمدهای مازادِ (درآمدهایی که سبب شده‌اند بیش از یک تغییر علامت در فرآیند مالی وجود داشته باشد) فرآیند مالی خود را در یک موسسهٔ مالی دیگر در خارج از محیط کاری پروژهٔ خود سرمایه‌گذاری نماید.

۲. سرمایه‌گذاری نرخ بازگشت سرمایهٔ متفاوتی با عنوان نرخ بازگشت سرمایهٔ خارجی یا ERR دارد.

۳. از سرمایه‌گذاری این درآمدهای مازاد برای کاهش تغییرعلامت‌ها به یکی استفاده می‌گردد.

۴. پس از کاهش تغییرعلامت‌ها به یک تغییرعلامت در فرآیند مالی ROR منحصر بفرد فرآیند مالی بدست می‌آید. درواقع در اینصورت معادلهٔ ریاضی فرآیند مالی تنها یک ریشهٔ خواهد داشت که آن ROR خواهد بود.

۵. ERR همیشه در اطلاعات مسأله داده می‌شود.

---

۳۰ External Rate of Return (ERR)

www.iedoc.ir

٤. مقایسه تحت نامشخص بودن *MARR*

۱. در این حالت گزینهٔ دیگری با عنوان عدم انتخاب هیچکدام از پروژه‌ها به مسأله اضافه می‌شود و با O مشخص می‌گردد.

۲. در این روش یک شبکه رسم می‌شود که در آن مسیر حرکت از هرکدام از پروژه‌ها به دیگری نشاندهندهٔ نرخ بازگشت سرمایهٔ اختلاف فرآیند مالی پروژهٔ مقصد و فرآیند مالی پروژهٔ مبدأ می‌باشد. مسیرهای با مبدأ O و مقصد پروژه‌های مورد مقایسه نشاندهندهٔ همان نرخ بازگشت سرمایهٔ خود پروژه ها می‌باشند.

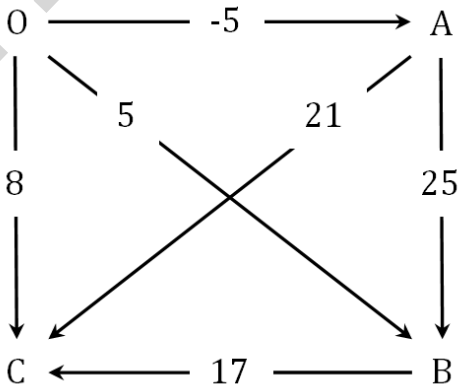
۳. در این حالت جدولی آماده می‌شود تا به محض مشخص شدن یا تخمین *MARR* بتوانیم از سریعاً از طریق آن اقتصادی‌ترین پروژه را انتخاب نمائیم.

مثال: فرض کنید پس از انجام محاسبات مربوط به مقایسهٔ اقتصادی بین سه پروژهٔ A، B و C متوجه شده‌ایم که مقادیر نرخ بازگشت‌های سرمایهٔ آنها و نرخ بازگشت‌های سرمایهٔ اختلافی آنها از قرار زیر است،

پروژه	نرخ بازگشت سرمایه (*ROR*)
A	-٥%
B	٥%
C	٨%

اختلاف پروژه‌ها	نرخ بازگشت سرمایهٔ اختلافی (**ΔROR**)
B-A	٢٥٪
C-B	١٧٪
C-A	٢١٪

در اینصورت شبکهٔ مربوطه به شکل زیر خواهد بود،



حال با استفاده از شبکهٔ فوق می‌توان براحتی نتایج زیر را استخراج نمود،

اقتصادی‌ترین پروژه	شرط
A	**MARR > 25%**
B	**25% ≥ MARR > 17%**
C	**17% ≥ MARR**

www.ieoc.ir

۵. روش نسبت منافع به مخارج B/C [۳۱]

۱. در این روش معیار نسبت (یا از دیدی دیگر تفاضل) منافع پروژه (درآمدها B) به مخارج (هزینه‌ها C) پروژه می‌باشد. اگر $B/C \geq 1$ پروژه اقتصادی است و درغیر اینصورت پروژه غیر اقتصادی است.

۲. معیارِ $B/C \geq 1$ مفهوم نامنفی بودن B-C را می‌دهد. زیرا،

$$\frac{B}{C} \geq 1 \Rightarrow B \geq C \Rightarrow B - C \geq 0$$

۳. ارزش اسقاطی یک هزینهٔ منفی است یعنی عضو گروه هزینه‌ها یا مخارج می‌باشد نه منافع. به عبارت دیگر درصورت وجود ارزش اسقاطی، آن را با علامت منفی در عبارت مخرج کسر B/C همراه با دیگر مخارج می‌آوریم.

۴. دو روش پیشنهادی برای محاسبهٔ نسبت منافع به مخارج، روش ارزش فعلی و روش ارزش یکنواخت می‌باشند، یعنی برای انجام تحلیل فوق و تشخیص اقتصادی بودن یا نبودم پروژه، نسبت B/C را یا برابر $\frac{PW_B}{PW_C}$ یا برابر با $\frac{EUAB}{EUAC}$ درنظر می‌گیریم.

۵. در حالتِ مقایسهٔ بین چند پروژهٔ ناسازگار با استفاده از روش B/C، همانند روش نرخ بازگشت سرمایه باید تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی انجام دهیم یا به عبارتی دیگر معیارمان اختلاف بین پروژه‌ها می‌باشد.

۶. اقتصادی‌ترین پروژه همواره دارای بیشترین نسبت به منافع به مخارج نمی‌باشد بلکه باید اختلاف بین پروژه‌ها را مورد تحلیل قرار داد (تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی).

۷. فرض کنید X و Y دو پروژهٔ ناسازگار باشند که از روش نسبت منافع به مخارج متوجه شده‌ایم که هردو اقتصادی‌اند، دراینصورت،

- اگر $\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{B_Y - B_X}{C_Y - C_X} \geq 1$ آنگاه Y اقتصادی‌تر است.
- اگر $\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{B_Y - B_X}{C_Y - C_X} < 1$ آنگاه X اقتصادی‌تر است.

۸. درکل اگر $\frac{\Delta B}{\Delta C} \geq 1$ طرحی که دارای هزینهٔ اولیهٔ بیشتر است اقتصادی‌تر است.

۹. درکل اگر $\frac{\Delta B}{\Delta C} < 1$ طرحی که دارای هزینهٔ اولیهٔ کمتر است اقتصادی‌تر است.

روش ترسیمی تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی برای تحلیل اقتصادی B/C

۱. خصوصیات این روش (اعم از محورهای مختصات، مؤلفه‌های هر پروژه و مختصات نقطهٔ نشاندهندهٔ هر پروژه) دقیقاً همانند روش ترسیمی برای تحلیل اقتصادی ROR می‌باشد با این تفاوت که خط B/C=۱ جایگزین خط NPW=۰ می‌شود.

۲. درواقع در این روش خط B/C=۱ نصف‌کنندهٔ ربع اول با زاویهٔ 45° می‌باشد و اگر شیب خط واصل از مبدأ به نقطهٔ نشاندهندهٔ یک پروژه بزرگتر یا مساوی یک باشد آن پروژه اقتصادی و درغیر اینصورت غیراقتصادی است.

۳. برای انجام تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی، اگر شیب خط واصل دو نقطهٔ متمایز که نشاندهندهٔ دو پروژهٔ متمایز می‌باشند بزرگتر از یا مساوی یک (شیب خط B/C=۱) باشد پروژه با مخارج بیشتر اقتصادی‌تر است و درغیر اینصورت پروژه با مخارج کمتر اقتصادی‌تر است.

۴. اگر شیب خط واصل بین دو نقطهٔ متمایز که نشاندهندهٔ دو پروژهٔ متمایز می‌باشند، برابر با یک باشد، نسبت به انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه بین این دو بی‌تفاوتیم.

---

[۳۱] Benefit-Cost Ratio

www.iedoc.ir

۶. روش دورهٔ بازگشت سرمایه[۳۲]

۱. دورهٔ بازگشت سرمایه، زمانی است که هزینه‌های سرمایه‌گذاری ما توسط درآمدهای سالیانه جبران (سر به سر) می‌شود.

۲. درواقع دورهٔ بازگشت سرمایه نقطه‌ای از محور زمان فرآیند مالی است که در آن نقطه مجموع درآمدهای سالیانه تا آن نقطه با هزینه‌های سرمایه‌گذاری برابر می‌شود.

۳. آگاهی سرمایه‌گذاران از دورهٔ بازگشت سرمایه نوعی ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاری آنها است.

۴. معمولاً سرمایه‌گذاران تمایل به سرمایه‌گذاری در پروژه‌های کوتاه‌مدت دارند.

۵. در این روش درواقع پروژه‌ای که دارای کوچکترین دورهٔ بازگشت سرمایه باشد (یعنی سریعتر از پروژه‌های دیگر هزینه‌های سرمایه‌گذاری را تأمین نماید) به عنوان اقتصادی‌ترین پروژه انتخاب می‌گردد.

۶. در این روش شاخص مهم دیگری به نام حداکثر دورهٔ بازگشت جذب کننده یا MAPP[۳۳] که توسط سرمایه‌گذار تعیین می‌گردد. اگر دورهٔ بازگشت سرمایه‌ای بزرگتر از MAPP باشد آن پروژه از نظر سرمایه‌گذار غیراقتصادی خواهد بود.

۷. اگر هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه را با P و درآمد مربوط به دورهٔ jام را CF_j درنظر بگیریم، دورهٔ بازگشت سرمایه یعنی n' از رابطهٔ زیر بدست می‌آید،

$$\sum_{j=1}^{n'} CF_j = P$$

۸. اگر درآمدهای سالیانه بصورت یکنواخت و همگی برابر با CF باشند، دراینصورت طبق رابطهٔ فوق داریم،

$$n'CF = P \Rightarrow n' = \frac{P}{CF}$$

معایب:

۱. این روش یک روشِ صرفاً تقریبی است و استفاده از آن توصیه نمی‌شود.

۲. همانطور که از تعریف دورهٔ بازگشت سرمایه برمی‌آید، ارزش زمانی پول (اعمال بهره و محاسبهٔ اصل و فرع درآمدها و هزینه‌ها) در محاسبهٔ آن درنظر گرفته نشده است.

۳. به اتفاقات اقتصادی پس از دورهٔ بازگشت سرمایه اهمیتی داده نمی‌شود. یعنی از آنها در تحلیل صرف نظر می‌گردد.

۴. چون روش صحیحی نمی‌باشد بنابراین لزوماً نتیجهٔ حاصل از آن با روش‌های ارزیابی دیگر اقتصاد مهندسی برابر نخواهد بود.

۵. اگر در این مفهوم روش ارزش زمانی بکار برده شود روش صحیحی خواهد بود و نتایج آن با نتایج دیگر روش‌های ارزیابی اقتصادی یکسان خواهد شد.

٦. روش تجزیه و تحلیل عمر خدمت[۳۴]

۱. همان روش دورهٔ بازگشت سرمایه می‌باشد با این تفاوت که ارزش زمانی پول را در محاسبات درنظر می‌گیرد.

۲. بنابراین عمر خدمت (عمر اقتصادی) همان دورهٔ بازگشت سرمایه می‌باشد با رعایت ارزش زمانی پول.

---

[۳۲] Payback Period

[۳۳] Minimum Attractive (or Acceptable) Payback Period

[۳۴] Service-Life Analysis

www.iedoc.ir

۳. نتیجهٔ آن با نتیجهٔ دیگر روش‌های ارزیابی اقتصادی یکسان است.

۴. در این روش نیز باید عمر خدمت بدست آمده با MAPP مقایسه گردد.

۵. عمر خدمت از رابطهٔ زیر بدست می‌آید،

$$\sum_{j=1}^{n'} CF_j(P/F, i\%, j) = P$$

۶. در این روش برخلاف روش دورهٔ بازگشت سرمایه، پارامترهای مهمی همچون ارزش اسقاطی در محاسبات درنظر گرفته می‌شوند.

۷. بدلیل دشوار بودن حل معادلهٔ فوق، معمولاً برای بدست آوردن جواب تقریبی آن از روش **درون‌یابی خطی** استفاده می‌کنند.

درون‌یابی خطی

۱. از موارد کاربرد مهم درون‌یابی خطی در اقتصاد مهندسی زمانی است که به فاکتور تبدیلی برخورد می‌کنیم که مقدار آن در جدول استاندارد فاکتورهای مالی داده نشده است. زیرا مقادیر محاسبه شده در جدول استاندارد ارائه شده برای فاکتورهای مالی به ازای N و i های خاصی محاسبه شده است. بنابراین با توجه به حاضر بودن یا نبودن N یا i فاکتور مالی که میل به دانستن مقدار آن هستیم، در جدول درون‌یابی را انجام می‌دهیم.

۲. کاربرد درون‌یابی خطی برای بدست آوردن عمر خدمت از این قرار است که ابتدا بعد از چند بار امتحان کردن اعداد صحیح برای N در معادلهٔ بوجود آمده برای عمر خدمت، دو عدد صحیحی که به ازای آنها تغییر علامت در معادله ایجاد می‌شود، درون‌یابی خطی را انجام داده و مقدار تقریبی عمر خدمت را بدست می‌آوریم.

مثال: فردی ۱۰،۰۰۰ واحد پولی را به مدت ۱۰ سال در بانک پس‌انداز می‌کند. در طی پنج سال اول نرخ بهرهٔ اسمی دریافت شده توسط فرد ٪۹ که بصورت ماهیانه ترکیب می‌شود است. پس از آن سیاست بهرهٔ بانک تغییر کرده و برای پنج سال دوم نرخ بهرهٔ اسمی ٪۶ که بصورت فصلی ترکیب می‌شود توسط او دریافت می‌گردد.

الف) در آخر ۱۰ سال چقدر پول در حساب این فرد خواهد بود.

ب) نرخ بازگشت سرمایهٔ را برای سرمایه‌گذاری این فرد را حساب کنید.

راه‌حل: الف) در انتهای پنج سال اول،

$$F = ۱۰,۰۰۰\ (F/P, ۷۵٪, ۶۰) = ۱۵,۶۶۰.۰۰$$

در انتهای پنج سال دوم،

$$F = ۱۵,۶۶۰(F/P, ۵۰\%. ۲۰) = ۱۷,۳۰۴.۳۰$$

ب)

$$۱۰,۰۰۰(F/P, i, ۱۰) = ۱۷,۳۰۴.۳۰ \Longrightarrow (F/P, i, ۱۰) = ۱.۷۳۰۴$$

www.iedoc.ir

گرچه معادلهٔ فوق را می‌توان با اعمال توابع لگاریتمی حل نمود، اما می‌توان از درون‌یابی خطی نیز جواب تقریبی برای آن بدست آورد،

$i = ۵٪ \Longrightarrow (F/P, i, ۱۰) = ۱.۶۲۹$

$i = ۶٪ \Longrightarrow (F/P, i, ۱۰) = ۱.۷۹۱$

بنابراین مقدار i مورد نظر بین ٪۵ و ٪۶ می‌باشد،

$$\frac{6\% - 5\%}{1.791 - 1.629} = \frac{i - 5\%}{1.7304 - 1.629} \Longrightarrow i = 5.64\%$$

www.iedoc.ir

www.iedoc.ir

مراجع

۱. Chan S. Park, ***Fundamentals of Engineering Economics***, Prentice-Hall, ۲۰۰۴

۲. Engineering Economics Exercises, Oxford University Press

۳. دکتر محمدمهدی اسکونژاد، ***اقتصاد مهندسی؛ ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی***، چاپ بیست و هشتم، انتشارات صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، ۱۳۸۶

۴. دکتر حمیدرضا گل‌مکانی، ***اقتصاد مهندسی***، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (واحد تفرش)، ۱۳۸۷

www.iedoc.ir

به نام او

اقتصاد مهندسی

www.tedoc.ir

موسسهٔ آموزش عالی آزاد پارسه

گردآوری مطالب: سینا کیهانیان

استهلاک [۱]

تعریف: کاهش ارزش یک دارایی ثابت[۲] در طی زمان است، که معمولاً ناشی از "منسوخ شدن" یا "فاسد شدن" تدریجی آن دارایی می‌باشد.

*استهلاک برای دارایی‌هایی تعریف می‌شود که خاصیت یا قابلیت مستهلک شدن[۳] را داشته باشند.

*اگر یک دارایی خصوصیات زیر را داشته باشد قابلیت مستهلک شدن را دارد:

۱ـ در کسب و کار استفاده شود یا برای تولید درآمد نگهداری شود.

۲ـ عمر خدمت (عمر مفید) آن محدود و بیشتر از یک سال باشد.

۳ـ چیزی باشد که فاسد می‌شود یا به‌طور کامل استفاده می‌شود یا منسوخ می‌شود یا به دلیل اثرات طبیعی ارزش خود را از دست می‌دهد.

نکته‌ها:

۱ـ استهلاک می‌تواند به‌صورت اختلاف ارزش دارایی موجود با یک دارایی فرضی ایده‌آل و استاندارد[۴] از همان نوع نیز تعریف گردد. (به همین دلیل پیشرفت تکنولوژی یکی از دلایل وجود استهلاک است)

۲ـ بهترین روش استهلاک روشی است که بیشترین ارزش فعلی خالص را داشته باشد.

۳ـ به عبارت دیگر، انتخاب یک روش استهلاک مناسب باعث افزایش ارزش فعلی خالص و یا نرخ بازگشت سرمایه می‌شود.

۴ـ موجودی، قابلیت مستهلک شدن را ندارد.

۵ـ زمین، قابلیت مستهلک شدن را ندارد، زیرا عمر خدمت آن محدود نیست.

۶ـ ساختمان‌ها، ماشین‌آلات، تجهیزات، دستگاه‌ها و دارایی‌های غیرقابل لمس[۵] مثال‌هایی برای دارایی‌هایی هستند که قابلیت مستهلک شدن را دارند.

۷ـ مفهوم استهلاک و مفهوم نرخ مالیات با هم ترکیب شده و روش ارزیابی اقتصادی کامل و جامع‌تری با عنوان "تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از مالیات" را بوجود می‌آورند.

۸ـ برای انجام محاسبات مربوط به مالیات، محاسبه مقدار استهلاک ضروری است.

دلایل وجود استهلاک:

۱ـ پیشرفت تکنولوژی

۲ـ فرسودگی ماشین‌آلات یا ساختمان‌ها

۳ـ تغییرات مقررات عمودی مربوط به ماشین‌آلات یا ساختمان‌ها

۴ـ تغییر در مقدار نوع سرویس لازم (مثل تغییر شدید تقاضا)

---

[۱] - Depreciation

[۲] - Fixed assets

[۳] - Depreciable property

[۴] -دارایی فرضی ایده‌آل و استاندارد (State of the Art): دارایی که بروزترین و جدیدترین تکنولوژی و کامل‌ترین رویه‌ها در ساخت آن به‌کار گرفته شده است.

[۵] -دارایی های غیرقابل لمس (Intangible properties): دارایی‌هایی هستند که ارزش دارند ولی از نظر فیزیکی قابل رویت یا لمس نیستند، مانند کپی رایت

www.tedoc.ir

۵ـ اثرات طبیعی و غیرطبیعی ممکن است باعث تعویض دارایی شود (مثل ایجاد خسارات)

ارزش دفتری[۶]

تعریف: تفاوت ارزش یا هزینه اولیه (قیمت) دارایی با مجموع مبالغ استهلاک تا یک دوره برابر است با ارزش دفتری آن دارایی در آن دوره.

* ارزش دفتری یک دارایی یا کالا در زمان خرید برابر با قیمت خرید یا هزینه اولیه آن است.

* یعنی علاوه بر این‌که در هر دوره به مقدار استهلاک مشخص شده (که لزوماً برای همه دوره‌ها یکسان نیست) از ارزش دارایی کاسته می‌شود، آن دارایی در هر دوره دارای ارزشی است، که مقدار آن همان ارزش دفتری می‌باشد. بنابراین ارزش دفتری در طول زمان کاهش می‌یابد.

* اگر در یک دوره خاص تصمیم به فروش دارایی خود کنیم، قیمت فروش آن دارایی (درآمد حاصل از فروش آن یا ارزش آن) برابر با ارزش دفتری آن در آن دوره خاص است.

ارزش اسقاطی[۷]

تعریف: ارزش دفتری یک دارایی در آخر عمر مفید (عمر خدمت) آن برابر با ارزش اسقاطی آن دارایی است.

* ارزش اسقاطی یک هزینه از نوع منفی است نه درآمد.

* به عبارت دیگر ارزش اسقاطی جز منفی هزینه‌هاست، یعنی با این‌که در فرآیند مالی در بالای محور زمان رسم می‌شود و همانند دریافتی رفتار می‌کند اما در تحلیل‌ها در گروه هزینه‌ها قرار می‌گیرد.

* مثلاً در روش نسبت منافع به مخارج (B/C) ارزش اسقاطی در مخرج با علامت منفی ظاهر می‌شود.

استهلاک انباشته[۸]

تعریف: مجموع استهلاک محاسبه شده برای یک دارایی از زمان خرید تا یک دوره خاص را، استهلاک انباشته تا آن دوره می‌نامند.

روش‌های محاسبه مقدار (مقادیر) استهلاک

* برای سادگی دوره استهلاک را سالیانه در نظر می‌گیرند.

نمادهای مورد استفاده

D= مقدار استهلاک سالیانه

P= هزینه اولیه دارایی (قیمت خرید آن)

SV= ارزش اسقاطی دارایی

N= عمر مفید (عمر خدمت یا عمر استهلاک) دارایی

BV_m= ارزش دفتری دارایی در سال m ام

---

۶ - Book Value (BV)

۷ - Salvage Value (SV)

۸ - Accumulated Depreciation

www.iedoc.ir

* معمولا مقادیرِ SV,P و N داده می‌شوند و با استفاده از ترکیبی از آن‌ها، بسته به روش مورد استفاده برای محاسبه استهلاک می‌توان مقدار (مقادیر) استهلاک سالیانه را به‌دست آورد.

روش خط مستقیم[۹]

۱ـ ساده‌ترین روش است.

۲ـ رفتار استهلاک را خطی در نظر می‌گیرد.

۳ـ مقدار استهلاک در هر دوره ثابت است و از فرمول زیر پیروری می‌کند:

$$D = \frac{P - SV}{N}$$

۴ـ در این روش نرخ استهلاک[۱۰] ثابت و برابر با $\frac{1}{N}$ است.

۵ـ در این روش ارزش دفتری دوره m ام از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$BV_m = BV_{m-1} - D_m \quad \text{یا} \quad BV_m = P - \sum_{j=1}^{m} D_j = P - mD$$

۶ـ در نکته سوم، می‌توان ارزش اسقاطی یا SV را به شکل زیر نوشت که با توجه به نکته پنجم همان فرمول ارزش دفتری در سال Nام (عمر مفید دارایی) می‌باشد:

$$SV = P - ND = BV_N$$

روش جمع ارقام سنوات[۱۱]

۱ـ شاخص مورد استفاده در این روش، SYD یا جمع اعداد شمارهٔ سال‌ها تا عمر مفید دارایی است.

$$SYD = 1 + 2 + 3 + \cdots + N = \frac{N(N+1)}{2}$$

۲ـ در این روش نرخ استهلاک برابر با ضریبی متغیر و مشخص از نسبتِ $\frac{1}{SYD}$ است.

۳ـ مقدار استهلاک در این روش ثابت نبوده و از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$D_m = \frac{n - m + 1}{SYD}(P - SV)$$

۴ـ در این روش مقدار استهلاک در سال اول بیشترین مقدار را دارد و با نرخ استهلاک که در هر دوره متفاوت است کاهش می‌یابد و در سال آخر کمترین مقدار را دارد.

۵ـ در این روش ارزش دفتری دوره m ام از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$BV_m = BV_{m-1} - D_m \quad \text{یا} \quad BV_m = P - \sum_{j=1}^{m} D_j$$

---

[۹] - Straight Line (SL)

[۱۰] - Depreciation rate

[۱۱] - Sum of year's Digits (SYD)

www.iedoc.ir

$$=P-\left[\frac{m\left(n-\frac{m}{2}+0.5\right)}{SYD}\right](P-SV)=P-\left[\frac{mn-\frac{m(m-1)}{2}}{SYD}\right](P-SV)$$

۶ـ مقدار ارزش دفتری سال آخر در این روش نیز برابر با ارزش اسقاطی می‌شود.

تست: ارزش دفتری یک دارایی با ارزش اولیه P، ارزش اسقاطی SV و عمر مفید ۲۰ سال در صورت استفاده از روش خط مستقیم (SL) برای محاسبه استهلاک در پایان سال پانزدهم، چقدر است؟

۱) $BV_{15}=0.25P+0.75SV$

۲) $BV_{15}=0.25P-0.75SV$

۳) $BV_{15}=0.75P+0.25SV$

۴) $BV_{15}=0.75P-0.25SV$

حل: گزینه ۱ صحیح است.

داریم:

$$BV_m=\left(1-\frac{m}{N}\right)P+\frac{m}{N}SV$$

زیرا

$$BV_m=P-mD=P-m\left(\frac{P-SV}{N}\right)$$
$$=\left(1-\frac{m}{N}\right)P+\frac{m}{N}SV$$

بنابراین: $BV_{15}=\left(1-\frac{15}{20}\right)P+\frac{15}{20}SV=0.25P+0.75SV$

تست: فردی تصمیم دارد یک ماشین فرز دست دوم با قیمت اولیه ۴۵۰۰۰ واحد برای کارخانه خود خریداری کند. ارزش اسقاطی این ماشین فرز ۴۰۰۰ واحد و عمر مفید آن ۸ سال است. نسبت مقدار استهلاک سال سوم به پنجم چقدر است؟ (فرض کنید روش محاسبه استهلاک SYD باشد)

۱) $\frac{2}{3}$

۲) $\frac{1}{2}$

۳) $\frac{3}{2}$

۴) $\frac{1}{4}$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

روش اول (روش تستی): چون روش مورد استفاده SYD است بنابراین حتماً استهلاک سال سوم بزرگتر از استهلاک سال پنجم است و نسبت آن‌ها بزرگتر از یک خواهد بود. بنابراین تنها گزینه ۳ می‌تواند صحیح باشد.

روش دوم:

$$\frac{D_3}{D_5}=\frac{\frac{8-3+1}{SYD}(P-SV)}{\frac{8-5+1}{SYD}(P-SV)}=\frac{6}{4}=\frac{3}{2}$$

همان‌طور که می‌بینید نیازی به محاسبه SYD و $P-SV$ نبود.

تست: در تست قبل مقدار استهلاک و ارزش دفتری سال دوم چقدر است؟

۱) $BV_2=37028\ ,\ D_2=7972$

۲) $BV_2=27917\ ,\ D_2=9111$

۳) $BV_2=39306\ ,\ D_2=5695$

۴) $BV_2=27917\ ,\ D_2=7972$

www.iedoc.ir

حل: گزینه ۴ صحیح است.

$$SYD = 1+2+3+4+5+6+7+8 = \frac{8(8+1)}{2} = 36$$

$$D_2 = \frac{8-2+1}{36}(45000-4000)$$

$$= \frac{7}{36}(41000) = 7172.222 \approx 7972$$

برای به‌دست آوردن ارزش دفتری سال دوم برای سادگی به جای فرمول از رابطه اصلی ارزش دفتری استفاده می‌کنیم:

$$BV_2 = P - \sum_{j=1}^{2} D_j = P - (D_1 + D_2)$$

کافیست مقدار D_1 را نیز محاسبه کنیم:

$$D_1 = \frac{8-1+1}{36}(41000) = 9111,111 \approx 9111$$

$$\Rightarrow BV_2 = 45000 - (9111 + 7972) = 27917$$

تست: در تست قبل اگر $BV_2(SL)$, $BV_2(SYD)$ به ترتیب مقدار ارزش دفتری سال دوم به دست آمده از روش خط مستقیم و جمع ارقام سنوات باشند کدام گزینه صحیح است؟

۱) $BV_2(SL) = BV_2(SYD)$

۲) $BV_2(SL) > BV_2(SYD)$

۳) $BV_2(SL) < BV_2(SYD)$

۴) $BV_2(SL) + BV_2(SYD) = 8$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$BV_2(SL) = 45000 - 2 \times \frac{45000-4000}{8}$$

$$\Rightarrow BV_2(SL) = 34750 > 27917 = BV_2(SYD)$$

نکته: همواره در یک دوره خاص ارزش دفتری به‌دست آمده با استفاده از روش SL بزرگتر یا مساوی ارزش دفتری به‌دست آمده با استفاده از روش SYD است. حالت تساوی این دو تنها در زمان خرید و آخر عمر مفید رخ می‌دهد.

روش مانده نزولی[۱۲]

۱ـ این روش و روشِ SL، متداول‌ترین روش‌های محاسبه استهلاک می‌باشند.

۲ـ در این روش نیز استهلاک در سال اول بیشترین مقدار و در سال آخر کمترین مقدار را دارد. زیرا فرض بر این است که دارایی موردنظر در سال‌های اول عمر خود سرویس بیشتری می‌دهد و توانایی آن در انجام کارها در طی زمان کاهش می‌یابد که منطقی نیز می‌باشد.

۳ـ در این روش نرخ استهلاک با α یا d نشان داده می‌شود و از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\alpha \text{ یا } d = \text{(ضریب)} \frac{1}{N}$$

۴ـ مقدرا استهلاک در سال mام در این روش از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$D_m = \alpha BV_{m-1} = \alpha P(1-\alpha)^{m-1}$$

۵ـ مقدار ارزش دفتری سال mام در این روش از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

---

[۱۲] - Declining Balance Method (DB)

www.tedoc.ir

$BV_m = P(1-\alpha)^m$ یا $BV_m = BV_{m-1} - D_m$

۶ـ در روش مانده نزولی لزوماً ارزش دفتری سال آخر با ارزش اسقاطی داده شده در مساله برابر نمی‌شود.

۷ـ با فرض اینکه $SV = BV_N$، با داشتن N, SV, P می‌توان α را بدین شکل به‌دست آورد:

$$P(1-\alpha)^N = SV \Rightarrow (1-\alpha)^N = \frac{SV}{P}$$

$$\Rightarrow 1-\alpha = \left(\frac{SV}{P}\right)^{\frac{1}{N}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\alpha = 1-\left(\frac{SV}{P}\right)^{\frac{1}{N}}}$$

۸ـ نکته ۷ تنها زمانی برقرار است که $SV = BV_N$. یا به عبارت دیگر در این روش شرط برابری SV, BV_N این است که $\alpha = 1-\left(\frac{SV}{P}\right)^{\frac{1}{N}}$.

$$SV = BV_N \Leftrightarrow \alpha = 1-\left(\frac{SV}{P}\right)^{\frac{1}{N}}$$

۹ـ در صورتی‌که حالت $SV \neq BV_N$ رخ دهد، ناچاریم برای اصلاح روش و ایجاد این تساوی، روش را از نقطه‌ای به بعد به روش خط مستقیم تغییر دهیم تا BV_N با SV برابر شود.

۱۰ـ نرخ استهلاک همیشه مثبت است؛ در این روش همواره $0 < \alpha \leq \frac{2}{N}$.

تغییر روش مانده نزولی به روش خط مستقیم

زمانی این تغییر رخ می‌دهد که داشته باشیم $SV \neq BV_N$ یعنی پس از انجام محاسبات ارزش دفتری متوجه شده‌ایم که ارزش دفتری سال آخر با ارزش اسقاطی برابر نیست. دو حالت رخ می‌دهد:

* $SV > BV_N$

۱ـ این حالت هم می‌تواند در سال آخر رخ دهد و هم قبل از این‌که به سال آخر برسیم.

۲ـ فرض کنید سال mام ($0 < m \leq N$) اولین سالی باشد که در آن ارزش دفتری کوچکتر از SV شود. در این صورت باید مقدار استهلاک سال mام را طوری تصحیح کنیم که مقدار ارزش دفتری در سال mام برابر با SV شود و پس از آن سال تا سال آخر مقدار استهلاک را صفر در نظر بگیریم.

۳ـ توجه کنید که به محض این‌که در محاسبات ارزش دفتری متوجه شدیم که $SV > BV_m$ توقف می‌کنیم و اصلاح فوق را در مقدار استهلاک انجام می‌دهیم.

مثال: هزینه اولیه یک ماشین تراش 138000 واحد پولی است. پیش‌بینی شده است که پس از عمر مفید ۱۱ سال این ماشین دارای ارزش اسقاطی ۲۸۰۰۰ واحد پولی باشد. با استفاده از روش مانده نزولی و نرخ استهلاک $\alpha = 18.2\%$ مقادیر استهلاک و ارزش دفتری را در سال‌های مختلف تعیین نمایید.

www.iedc.ir

حل: برای راحتی کار، محاسبات مربوط به استهلاک و ارزش دفتری را در جدولی به شکل زیر انجام می‌دهند. در این مثال، محاسبات تا سال هشتم انجام شده و در همان‌جا متوقف شده‌ایم زیرا ارزش دفتری از مقدار ارزش اسقاطی کمتر شده است. بنابراین در سال هشتم نیاز به اصلاح مقدار استهلاک داریم.

برای مثال:

$D_3 = 0.182 \times 138000 \times (0.818)^2 \quad 16806$

$BV_5 = BV_4 - D_5 = 61.784 - 11,245 = 50.541$

سال	D_m	$BV_m = BV_{m-1} - D_m$
۰	-	۱۳۸۰۰۰
۱	۲۵.۱۱۶	۱۱۲.۸۸۴
۲	۲۰.۵۴۵	۱۲.۳۳۹
۳	۱۶.۸۰۶	۷۵.۵۳۳
۴	۱۳.۷۴۷	۶۱.۷۸۶
۵	۱۱.۲۴۵	۵۰.۵۴۱
۶	۹.۱۹۹	۴۱.۳۴۲
۷	۷.۵۲۴	۳۳.۸۱۸
۸	۶.۱۵۵	۲۷.۶۶۳

مقدار استهلاک سال هشتم برابر با $D_8 = 6,155$ است و باعث شده است که مقدار ارزش دفتری سال هشتم به شکل زیر کوچکتر از $SV = 28,000$ به‌دست آید:

$BV_8 = BV_7 - D_8 = 27,663 < 28,000$

بنابراین مقدار D_8 را طوری تغییر می‌دهیم (اصلاح می‌کنیم) تا داشته باشیم: $BV_8 = 28,000$

$28,000 = 33,818 - D_8$

$\Rightarrow D_8 = 5,818$

بدین صورت محاسبات مربوط به باقی سال‌های عمر مفید این ماشین تراش به صورت زیر خواهد بود:

سال	D_m	BV_m
۸	۵،۸۱۸	۲۸،۰۰۰
۹	۰	۲۸،۰۰۰
۱۰	۰	۲۸،۰۰۰
۱۱	۰	۲۸،۰۰۰=SV

* $BV_N > SV$

۱ـ این حالت فقط می‌تواند در سال آخر رخ دهد.

۲ـ در این روش باید در یکی از سال‌ها (که طرز محاسبه آن گفته خواهد شد) اصلاح صورت گیرد.

۳ـ سال تغییر روش به روش خط مستقیم (سالی که در آن اصلاح انجام می‌شود) با توجه به این نکته که اقتصادی‌ترین روش استهلاک روشی است که بیشترین ارزش فعلی را نتیجه دهد، به‌دست می‌آید.

www.iedoc.ir

۴ـ در این روش برای به‌دست آوردن سال تغییر باید برای هر کدام از سال‌های عمر دارایی بررسی کنیم که اگر از آن سال به بعد، روش مانده نزولی را به روش خط مستقیم (SL) تغییر دهیم، مقدار ثابت استهلاک از آن به بعد چقدر خواهد بود. اگر این مقدار را برای سال jام (اگر سال jام، سال تغییر باشد) با SL_j نشان دهیم، در اولین سالی که SL_j از مقدار استهلاک سال jام یعنی D_j (که از روش مانده نزولی به‌دست آمده) بزرگتر شد توقف می‌کنیم و تصمیم می‌گیریم از آن سال بعد روش استهلاک را به روش خط مستقیم تغییر دهیم.

مثال: در مثال قسمت قبل فرض کنید ارزش اسقاطی ماشین تراش، عمر مفید آن و نرخ استهلاک به ترتیب به ۵۱۱،۰۰۰ , ۲۰٪ تغییر کنند. در این‌صورت جدول محاسبات استهلاک و ارزش دفتری به شکل زیر خواهد بود:

سال	D_m	$BV_m = BV_{m-1} - D_m$
۰	-	۱۳۸،۰۰۰
۱	۲۷,۶۰۰	۱۱۰,۴۰۰
۲	۲۲,۰۸۰	۸۸,۳۲۰
۳	۱۷,۶۶۴	۷۰۶۵۶
۴	۱۴,۱۳۱.۲	۵۶,۵۲۴.۸
۵	۱۱,۳۰۴.۹۶	۴۵,۲۱۹.۸۴

همان‌طور که می‌بینید ارزش دفتری سال آخر یا BNV_5 برابر با ۴۵,۱۲۹.۸۴ و بزرگتر از ارزش اسقاطی یعنی ۱۱,۰۰۰ شد. بنابراین باید از سال اول شروع کنیم و برای هر سال بررسی کنیم که اگر از آن سال به بعد روش خط مستقیم را به‌کار ببریم مقدار استهلاک از آن سال به بعد چقدر خواهد بود و هر بار مقدار این استهلاک را که SL نامیده می‌شود، با مقدار استهلاک بدست آمده توسط روش مانده نزولی برای آن سال مقایسه می‌کنیم. فرمول SL بدین شکل است: (همان فرمول روش خط مستقیم با این تفاوت که هزینه اولیه یا P هر بار به مقدار ارزش دفتری یک سال قبل از سالِ تغییر، تغییر می‌کند، همچنین مخرج کسر براساس سال‌های باقیمانده.)

$$SL_j = \frac{BV_{j-1} - SV}{n - (j-1)}$$

اگر تغییر را از همان سال اول انجام دهیم، داریم:

$$SL_1 = \frac{138000 - 11000}{5} = 25400 < D_1 = 55200$$

اگر تغییر را از سال دوم انجام دهیم، داریم:

$$SL_2 = \frac{110400 - 11000}{4} = 24850 > D_2 = 22080$$

بنابراین اقتصادی‌ترین سال تغییر، سال دوم می‌باشد. و جدول به صورت زیر اصلاح می‌گردد:

سال	D_m	BV_m
۰	۰	۱۳۸۰۰۰
۱	۲۷۶۰۰	۱۱۰۴۰۰
۲	۲۴۸۵۰	۸۵۵۵۰
۳	۲۴۸۵۰	۶۰۷۰۰
۴	۲۴۸۵۰	۳۵۸۵۰
۵	۲۴۸۵۰	۱۱۰۰۰=SV

www.tedoc.ir

روش مانده نزولی دوبل[۱۳]

۱ـ حالت خاصی از روش مانده نزولی است که در آن نرخ استهلاک دقیقاً و همواره برابر با $\alpha=\frac{2}{N}$ می‌باشد.

۲ـ همان‌طور که اشاره شد، در روش مانده نزولی همواره $0<\alpha\le\frac{2}{N}$ است. بنابراین در روش مانده نزولی دوبل، نرخ استهلاک یا α بیشترین مقدار خود را می‌گیرد.

۳ـ هر چه α بیشتر باشد، مقادیر استهلاک در سال‌های اولیه عمر دارایی بیشتر است. بنابراین در روش مانده نزولی دوبل، بیشترین مقدار استهلاک در سال‌های اول را داریم.

۴ـ به این روش، روشِ مانده نزولی ۲۰۰٪ ای نیز می‌گویند.

تست: شرکتی می‌خواهد برای حمل محصولات نهایی خود از کامیونی با ارزش اسقاطی ۲۱,۰۰۰ واحد پولی استفاده کند که عمر مفید آن ۱۳ سال می‌باشد. مهندسین صنایع این شرکت محاسبات مربوط به استهلاک این کامیون را اینگونه گزارش داده‌اند: استفاده از روش مانده نزولی دوبل، منجر به توقف محاسبات در سال ۱۰ شده و ارزش دفتری مربوط به این سال اختلافی معادل تقریبا ۶۵۰ واحد پولی را با ارزش اسقاطی نشان می‌دهد. قیمت این کامیون تقریبا چقدر است؟ (آزمون پایان‌ترم اقتصاد مهندسی دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران، خرداد ۸۹)

۱) ۱۰۸،۱۶۰ واحد پولی
۲) ۱۱۵،۷۰ واحد پولی
۳) ۵۹۴،۸۹۰ واحد پولی
۴) ۹۱،۵۲۰ واحد پولی

حل: گزینه ۱ صحیح است.

منظور از توقف محاسبات همان تغییر روش محاسبه استهلاک به روش خطی است. چون توقف در سال آخر رخ نداده و قبل از آن رخ داده است بنابراین در حالتی هستیم که ارزش دفتری از ارزش اسقاطی کمتر شده است. بنابراین مقدار ارزش دفتری در سال دهم برابر است با:

$$BV_{10}+650=21,000$$
$$\Rightarrow BV_{10}=20350$$

با توجه به این‌که از روش مانده نزولی دوبل استفاده شده، نرخ استهلاک نیز مشخص و برابر با $\alpha=\frac{2}{13}$ است. حال براحتی با استفاده از رابطه P,BV در روش مانده نزولی دوبل داریم:

$$BV_{10}=P(1-\alpha)^{10}$$
$$\Rightarrow P=\frac{BV_{10}}{(1-\alpha)^{10}}=\frac{20350}{\left(1-\frac{2}{13}\right)^{10}}\quad 108,160$$

توجه کنید که اگر به اشتباه فرض می‌کردیم حالتی رخ داده است که ارزش دفتری بزرگتر از ارزش اسقاطی شده آن‌گاه گزینه ۲ صحیح می‌شد.

---

[۱۳] - Double Declining Balance (DDB)

www.1edoc.ir

روش وجوه استهلاکی[۱۴]

۱ـ این روش بر خلاف روش‌های SYD و DB بر این فرض بنا شده است که مقدار استهلاک در سال اول کمترین مقدار را داشته و به تدریج افزایش می‌یابد و در سال آخر بیشترین مقدار را خواهد داشت.

۲ـ چون هدف موسسات و سازمان‌ها ماکزیمم کردن سود است، باید اقتصادی‌ترین روش را انتخاب نمایند، اما روش SF اقتصادی‌ترین روش استهلاک نیست.

۳ـ مقدار استهلاک و ارزش دفتری سال m ام از فرمول‌های زیر به‌دست می‌آیند:

$$D_m = (P-SV)(A/F,i,n)(F/P,i,m-1)$$
$$BV_m = P-(P-SV)(A/F,i,n)(F/A,i,m)$$

۴ـ در این روش، همواره ارزش دفتری سال آخر با ارزش اسقاطی برابر می‌شود.

روش تعداد تولید[۱۵]

۱ـ در این روش مقدار استهلاک هر سال برابر است با نسبت تولید مورد انتظار آن سال (u_m) به کل تولید مورد انتظار (u)، ضرب در تفاوتِ $(P-SV)$.

$$D_m = (P-SV)\frac{u_m}{u}$$

۲ـ در روش SL فرض می‌شود در هر سال: دارایی موردنظر به اندازه ثابتی کار می‌کند، اما در روش تعداد تولید اینگونه نیست.

۳ـ روش SL، دارایی را تنها یک واحد سرویس‌دهی فرض می‌کند در صورتی‌که روش تعداد تولید، دارایی را به عنوان ترکیبی از واحدهای تولیدی می‌بینند.

۴ـ در واقع در فرمول فوق، u, u_m می‌توانند به ترتیب نشان‌دهنده تعداد واحدهای سرویس‌دهی استفاده شده در سال mام و کل تعداد واحدهای سرویس‌دهنده نیز باشند.

۵ـ از مزایای این روش این است که مقدار استهلاک همراه با تغییر حجم تولید (نوساناتِ تولید)، تغییر می‌کند.

۶ـ به همین دلیل این روش، روشی مناسب برای محاسبه استهلاک ماشین‌آلات و تجهیزات می‌باشد.

۷ـ از معایب این روش این است که جمع‌آوری داده‌های مربوط به ماشین‌آلات و رویه‌های حسابداری خسته کننده و زیاد است.

۸ـ توجه کنید که مجموع u_mها $(0<m\leq N)$ برابر با کل تولید (u) می‌باشد.

۹ـ به همین دلیل در این روش نیز ارزش دفتری سال آخر با ارزش اسقاطی برابر می‌شود.

تست: فرض کنید P=۵۵،۰۰۰ و SV=۵،۰۰۰. تعداد کل واحدها برابر ۲۵۰،۰۰۰ و تعداد استفاده شده برابر با ۳۰،۰۰۰ باشد. مقدار استهلاک مربوط به این سال با استفاده از روش تعداد تولید برابر است با:

۱) ۳۰۰۰ ۲) ۲۰۰۰ ۳) ۶۰۰۰ ۴) ۸۰۰۰

حل: گزینه ۳ صحیح است.

داریم:

$$D = (55000-5000)\frac{30000}{250000} = \left(\frac{3}{25}\right)(50000) \Rightarrow \boxed{D=6000}$$

---

[۱۴] - Sinking Fund Method (SF)

[۱۵] - Units of Production Method

www.iedoc.ir

نکته: توجه کنید که فرمول همه روش‌های محاسبه استهلاک، در تفاوتِ $(P-SV)$ مشترک می‌باشند اما هرکدام به‌طور متفاوتی با مفهوم استهلاک رفتار می‌کنند.

مالیات [۱۶]

۱ـ در مسائل دنیای واقعی، نرخ مالیات وجود دارد که روی خیلی از پارامترهای اقتصاد مهندسی ازجمله درآمد تاثیر می‌گذارد.

۲ـ محاسبه استهلاک اساسی‌ترین نقش را در محاسبات مربوط به مالیات دارد.

۳ـ فرآیندهای مالی (مجموعه دریافت‌ها و پرداخت‌ها) در دو وضعیتِ قبل از اعمال مالیات و بعد از اعمال مالیات قرار دارند.

۴ـ فرآیند مالی قبل از مالیات از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

فرآیند مالی قبل از مالیات [۱۹] = درآمد ناخالص [۱۸] − هزینه‌های عملیاتی [۱۷]

$$CFBT = GI - OC$$

منظور از درآمد ناخالص یا GI درآمد حاصل از فروش سالیانه و منظور از هزینه‌های علمیاتی یا OC هزینه‌های مربوط به مواد، نیروی انسانی و انرژی و سایر هزینه‌های سالیانه می‌باشد.

۵ـ درآمد مشمول مالیات از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

درآمد مشمول مالیات [۲۰] = فرآیند مالی قبل از مالیات − استهلاک

$$TI = CFBT - D$$

۶ـ با جایگذاری رابطه CFBT در نکته ۵ می‌توان نوشت:

$$TI = GI - OC - D$$

۷ـ بنابراین هر چه مقدار استهلاک و هزینه‌های عملیاتی کمتر باشد، درآمد مشمول مالیات بیشتر خواهد بود.

۸ـ مقدار مالیات از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

مالیات = درآمد مشمول مالیات × نرخ مالیات [۲۱]

$$TX = TI \times TR$$

۹ـ مقدار درآمد خالص یا فرآیند مالی بعد از کسر مالیات از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

درآمد خالص [۲۲] = فرآیند مالی قبل از کسر مالیات − مالیات

$$CFAT = CFBT - TX$$

۱۰ـ با جایگذاری رابطه TX و یا TI در رابطه فوق می‌توان فرمول‌های زیر را به‌دست آورد:

$$CFAT = CFBT - (CFBT - D)TR$$

$$CFAT = CFBT(1 - TR) + D.TR$$

۱۱ـ مالیات، سوددهی طرح‌ها را کاهش می‌دهد. در واقع با پرداخت مالیات، جذابیت اقتصادی طرح کاهش می‌یابد.

---

[۱۶] - Tax (TX)

[۱۷] - Operating Costs (OC)

[۱۸] - Gross Income (GI)

[۱۹] - Cash Flow Before Tax (CFBT)

[۲۰] - Taxable Income (TI)

[۲۱] - Tax Rate (TR)

[۲۲] - Cash Flow After Tax (CFAT)

www.iedoc.ir

۱۲ـ ارزش فعلی خالص، ارزش یکنواخت خالص سالیانه و نرخ بازگشت سرمایه طرح‌ها یا پروژه‌ها بعد از پرداخت مالیات کاهش می‌یابند.

۱۳ـ صرفه‌جویی مالیاتی[۲۳] از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

نرخ مالیات × استهلاک = صرفه‌جویی مالیاتی

$$TS = D \times TR$$

۱۴ـ برای محاسبه مقدار صرفه‌جویی در طول عمر یک پروژه می‌توان از روش ارزش فعلی کمک گرفت به همین دلیل است که اقتصادی‌ترین روش استهلاک، روشی است که بیشترین ارزش فعلی را داشته باشد زیرا منجر به ماکزیمم شدن ارزش فعلی صرفه‌جویی مالیاتی می‌شود.

۱۵ـ با استفاده از نکات بالا، فرآیند مالی بعد از مالیات را می‌توان به شکل زیر نیز نوشت:

$$CFAT = GI(1-TR) - OC(1-TR) + D\times TR - TI(1-TR)$$

این رابطه به ما کمک می‌کند تأثیرات تغییرات پارامترهای مختلف را روی CFAT بدانیم.

تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات

تجزیه‌وتحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات در واقع همان تجزیه و تحلیل گزینه‌های (پروژه‌های) پیشنهادی با استفاده از روش‌های ارزیابی اقتصادی است با این تفاوت که فرآیندهای مالی آن‌ها بعد از کسر مالیات (CFAT) یا درآمد خالص در نظر گرفته می‌شوند.

۱ـ اگر روش ارزش فعلی خالص را استفاده کنیم، فرمول NPW بعد از کسر مالیات به صورت زیر خواهد بود:

$$NPW = -P + \sum_{j=1}^{N} CFAT(P/F,i\%,j)$$

* اگر $NPW \geq 0$ (به ازای $i = MARR$) آن‌گاه پروژه اقتصادی است در غیر این‌صورت پروژه غیراقتصادی است.

* اگر در حال انجام مقایسه بین چند پروژه هستیم تمام نکاتی که در بخش روش ارزیابی ارزش فعلی خالص گفته شد در این‌جا نیز صادق است.

۲ـ اگر روش یکنواخت خالص را استفاده کنیم NEUA از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$NEUA = NPW(A/P,i\%,N)$$

* اگر به ازای $NEUA \geq 0 : i = MARR$ پروژه اقتصادی است، در غیر این صورت پروژه غیراقتصادی است.

* اگر در حال انجام مقایسه بین چند پروژه هستیم تمامی نکاتی که در بخش روش ارزیابی یکنواخت خالص گفته شد در این‌جا نیز صادق است.

* بازهم در حالتی که عمر پروژه‌ها متفاوت باشد، روش NEUA نسبت به روش NPW برتری دارد.

۳ـ اگر روش نرخ بازگشت سرمایه را استفاده می‌کنیم، بسته به این‌که می‌خواهیم ROR را از چه روشی محاسبه کنیم، فرمول‌ها به صورت زیر خواهند بود:

* اگر ROR را از NPW به‌دست آوریم باید معادله زیر را حل کنیم:

---

[۲۳] - Tax Saving (TS)

www.iedoc.ir

$$-P+\sum_{j=1}^{N} CFAT_j\left(P/F,ROR\%,j\right)=0$$

* اگر ROR را از NEUA به‌دست آوریم، باید معادله زیر را حل کنیم:

$$\left[-P+\sum_{j=1}^{N} CFAT_j\left(P/F,ROR\%,j\right)\right]\left(A/P,ROR\%,N\right)=0$$

* اگر در حال مقایسه بین چند پروژه هستیم، از روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی استفاده می‌کنیم و تمامی نکات گفته شده برای آن در این‌جا نیز صادق است.

روش‌های محاسبه صرفه‌جویی مالیاتی

۱ـ روش خط مستقیم (SL)

* در این روش مقدار صرفه‌جویی سالیانه ثابت و برابر با D.TR یا $\left(\frac{P-SV}{N}\right)TR$ است.

* در این روش ارزش فعلی صرفه‌جویی مالیاتی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$PW_{TS}=TR\left(\frac{P-SV}{N}\right)\left(P/A,i\%,N\right)$$

۲ـ روش جمع ارقام سنوات (SYD)

* در این روش ارزش فعلی صرفه‌جویی مالیاتی از رابطه زیر به‌دست می‌اید:

$$PW_{TS}=\frac{2(TR)(P-SV)}{i(N+1)}\left[1+\frac{1}{Ni}(1+i)^{-N}-1\right]$$

۳ـ روش مانده نزولی

* در این روش ارزش فعلی صرفه‌جویی مالیاتی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$PW_{TS}=\left(\frac{2P}{N}\right)TR\frac{1-\left(\frac{1-\alpha}{1+i}\right)^{N}}{\alpha+i}$$

تأمین مالی

* موسسات و سازمان‌ها و در کل واحدهای تجاری برای تامین مالی بخشی از سرمایه‌گذاری‌های خود از بانک وام دریافت می‌کنند.

* بازپرداخت این وام به صورت قسط‌های پرداختی خواهد بود.

www.iedoc.ir

* هر قسط از دو بخش تشکیل می‌شود:

۱- اصل وام[۲۴] یا PR

۲- بهره[۲۵] یا I

* بسته به نوع وام، بخش مشخصی از وام مربوط به بهره و بخش مشخصی از آن مربوط به بازپرداخت اصل وام است.

* هر قسط بخشی از اصل وام را تشکیل می‌دهد. درواقع با بازپرداخت هر قسط، بخشی از اصل وام بازپرداخت می‌شود.

* مقدار اصل وام تنها در محاسبات مربوط به فرآیند مالی بعد از مالیات در نظر گرفته می‌شود و همراه با بهره از آن کاسته می‌گردد:

$$CFAT = CFBT - TX - I - PR$$

* فرمول فوق صرف نظر از نوع وام می‌باشد. درواقع تغییر نوع وام تاثیری در محاسبات CFAT ندارد.

انواع رایج وام عبارتند از:

۱- بازپرداخت به صورت اقساط سالیانه یکسان

* در این حالت مقدار وام با استفاده از فاکتور (P/A,i%,N) که در آن i نرخ بهره وام و N مدت بازپرداخت وام است به صورت یکنواخت و سالیانه توزیع می‌شود.

* در این حالت مقدار اصل وام در هر سال متغیر، و برابر با قسط سالیانه منهای بهره متعلقه به وام در آن سال خواهد بود.

۲- توزیع اصل وام بطور مساوی در طول مدت زمان پرداخت

* در این حالت مقدار اصل وام در هر سال ثابت و برابر با مقدار وام (P) تقسیم بر مدت زمان بازپرداخت (N) خواهد بود: PR=P/N

* در این حالت مقدار قسط هر سال متغیر و برابر با مقدار اصل وام به علاوه مقدار بهره متعلقه به وام در آن سال خواهد بود.

۳- اصل و کلیه بهره‌ها در انتهای دوره وام

* در این حالت مقدار اصل وام تنها در انتهای مدت زمان بازپرداخت مقدار خواهد گرفت و مقدار آن دقیقا برابر با مقدار وام خواهد بود.

* در این حالت تنها یک قسط آن هم در انتهای مدت زمان بازپرداخت از طرف بانک دریافت خواهد گردید که مقدار این قسط برابر خواهد بود با مجموع مقدار اصل وام و انباشته تمامی بهره‌های متعلقه به وام در طی سال‌های بازپرداخت.

۴- اوراق مشارکت (بهره بصورت سالیانه و اصل وام در پایان مدت بازپرداخت)

* در این حالت مقدار بهره متعلقه به وام در هر سال انباشته نبوده و بصورت ثابت و برابر با i×P خواهد بود که در آن i نرخ بهره و P مقدار وام است.

* مقدار اصل وام در این حالت همانند حالت قبل خواهد بود.

* قسط همه سال‌ها به غیر سال آخر (پایان مدت بازپرداخت) برابر با بهره ثابت i×P خواهد بود و قسط سال آخر برابر با PR+i×P.

---

[۲۴] - Principle of Payment (PR)

[۲۵] - Interest of Payment

www.iedoc.ir

مثال‌ها و تست‌های فصل

مثال: قیمت دستگاهی ۱۰۵۰۰، ارزش اسقاطی آن ۵۰۰ و عمر مفید آن ۵ سال می‌باشد. اگر این دستگاه به‌طور خالص (درآمد منهای هزینه‌های عملیاتی) سالیانه ۳۰۰۰ درآمد ایجاد کند، روش استهلاک خطی و نرخ مالیات ۲۵٪ باشد فرآیند مالی بعد از مالیات (CFAT) این طرح را به‌دست آورید. آیا این طرح برای سرمایه‌گذاری که MARR وی ۱۰٪ است اقتصادی است؟

حل:

$$P=10500, SV=500, N=5$$

$$\Rightarrow D=\frac{P-SV}{N}=\frac{10500-500}{5}=2000$$

سال	$CFBT_m$	D_m	TI_m	TX_m	$CFAT_m$
۰	-۱۰۵۰۰	-	-	-	-۱۰۵۰۰
۱	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲۵۰	۲۷۵۰
۲	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲۵۰	۲۷۵۰
۳	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲۵۰	۲۷۵۰
۴	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲۵۰	۲۷۵۰
۵	۵۰۰				۵۰۰

ارزش فعلی خالص به ازای نرخ MARR برابر است با:

$$NPW10\% = -10500 + 2750(P/A,10\%,5) + 500(P/F,10\%,5) = 235.12 > 0$$

بنابراین طرح اقتصادی است.

مثال: یک شرکت بزرگ سودآور در حوزه نرخ مالیاتی ۳۴٪، توانسته با خرید یک کامیون ۳۰،۰۰۰ دلاری، به مقدار ۸۰۰۰ دلار در سال اول، ۷۰۰۰ دلار در سال دوم، ۶۰۰۰ دلار در سال سوم، ۵۰۰۰ دلار در سال چهارم و ۴۰۰۰ دلار در سال پنجم صرفه‌جویی کند. این شرکت استهلاک کامیون را براساس روش جمع ارقام سنوات در طی ۴ سال عمر استهلاکی (عمر مفید) آن با ارزش اسقاطی معادل صفر در نظر گرفته است. این شرکت قصد دارد کامیون را در انتهای سال ۵ بفروشد. چه قیمتِ فروشی (C) منجر به بازگشت سرمایه ۱۲٪ ای بعد از مالیات برای شرکت خواهد گردید؟

حل: با استفاده از روش SYD، داریم SYD=(۴)(۴+۱)/۲=۱۰ و مقادیر استهلاک بصورت زیر به‌دست خواهند آمد:

سال	استهلاک بر اساس SYD
۱	۱۰(۳۰،۰۰۰ - ۰)/۴ = ۱۲،۰۰۰
۲	۱۰(۳۰،۰۰۰ - ۰)/۳ =

www.idoc.ir

۹،۰۰۰

۳ ۱۰(۳۰،۰۰۰ - ۰)/۲ =

۶،۰۰۰

۴ ۱۰(۳۰،۰۰۰ - ۰)/۱ =

۳،۰۰۰

www.iedoc.ir

محاسبات مربوط به CFAT:

سال	$CFBT_m$	D_m	TI_m	TX_m	$CFAT_m$
۰	-۳۰،۰۰۰	-	-	-	-۳۰،۰۰۰
۱	۸۰۰۰	۱۲،۰۰۰	-۴۰۰۰	-۱،۳۶۰	۹،۳۶۰
۲	۷۰۰۰	۹۰۰۰	-۲۰۰۰	-۶۸۰	۷،۶۸۰
۳	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۰	۰	۶۰۰۰
۴	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	+۶۸۰	۴،۳۲۰
۵	۴۰۰۰	-	۴۰۰۰	+۱،۳۶۰	۲،۶۴۰
۵	C	-	C	۰.۳۴×C	۰.۶۶×C

حال باتوجه به اینکه باید نرخ بازگشت سرمایه بعد از اعمال مالیات ٪۱۲ باشد، معادله ارزش فعلی خالص فرآیند مالی بعد از مالیات (CFAT) را برای قیمت فروش (C) حل می‌کنیم:

$$۳۰،۰۰۰ = ۹،۳۶۰(P/A, ۱۲٪, ۵) - ۱،۶۸۰(P/G, ۱۲٪, ۵) + ۰.۶۶×C×(P/F, ۱۲٪, ۵)$$

$$۳۰،۰۰۰ = ۲۲،۹۹۵.۸۴ + ۰.۳۷۴۴۸۴×C \rightarrow C = ۱۸،۷۰۳.۵۰$$

تست: کارخانه‌ای بزرگ نیاز به ساخت یک پل داخلی برای سهولت دسترسی به دپارتمان‌های مختلف خود دارد. این پل می‌تواند از جنس فلز معمولی با هزینه اولیه ۳۰،۰۰۰ و عمر ۱۵ ساله همراه با هزینه تعمیرات و نگهداری ۱۰۰۰ واحد سالیانه ساخته شود. البته اگر برای ساخت آن از فلز مرغوب‌تری که دارای مقاومت بالاتری نیز می‌باشد استفاده گردد هزینه تعمیرات و نگهداری تنها ۱۰۰ واحد سالیانه خواهد بود اما با همان عمر ۱۵ سال. در هردو صورت، در ۱۵ سال هیچ ارزش اسقاطی برای پل وجود نخواهد داشت. اگر این کارخانه مالیات با نرخ ٪۴۸ پرداخت کند و از روش استهلاک خط مستقیم استفاده نماید، درصورتیکه حداقل نرخ جذب کننده بعد از مالیات ٪۱۲ باشد، حداکثر مقدار هزینه‌ای که برای ساخت پل با فلز مرغوب صرفه اقتصادی خواهد داشت چقدر است؟

$(P/A, ۱۲٪, ۱۵) = ۶.۸۱۰۹$

۱) ۳۴،۰۷۸ ۱) ۳۱،۰۰۰ ۳) ۲۵،۰۰۰ ۴) ۲۵،۰۶۹

حل: گزینه ۱ صحیح است.

محاسبات مربوط به CFAT هر دو نوع فلز را انجام می‌دهیم:

- فلز معمولی:

سال	$CFBT_m$	D_m	TI_m	TX_m	$CFAT_m$
۰	-۳۰،۰۰۰	-	-	-	-۳۰،۰۰۰
سال ۱ تا ۱۵	-۱۰۰۰	۲،۰۰۰	-۳۰۰۰	-۱،۴۴۰	+۴۴۰

- فلز مرغوب:

سال	$CFBT_m$	D_m	TI_m	TX_m	$CFAT_m$
۰	-X	-	-	-	-X
سال ۱ تا ۱۵	-۱۰۰	X/۱۵	-۱۰۰-X/۱۵	(-۴۸-۰.۳۲X)	-۵۲+۰.۳۲X

www.iedoc.ir

نقطه سر به سری را محاسبه می‌نمائیم (یعنی مقداری از X که در آن نسبت به انتخاب بین فلز معمولی و فلز مرغوب برای ساخت پل بی‌تفاوتیم):

$$NPW_{\text{فلز معمولی}} = NPW_{\text{فلز مرغوب}}$$

$$۴۴۰(P/A, ۱۲٪, ۱۵) - ۳۰،۰۰۰ = (-۵۲ + ۰.۰۳۲X)(P/A, ۱۲٪, ۱۵) - X$$

$$-۲۷،۰۰۳ = -۳۵۴ + ۰.۰۲۸۱X - X \quad \rightarrow \quad X = ۳۴،۰۷۸$$

بنابراین حداکثر قیمت پل از جنس فلز مرغوب باید ۳۴،۰۷۸ واحد باشد تا آن را به فلز معمولی ترجیح دهیم.

تست: کدام مورد صحیح است؟ (پیام نور ۸۸)

۱) روش وجوه استهلاکی یک روش اقتصادی برای ماکزیمم کردن سود است.

۲) ارزش دفتری اقلام سرمایه‌ای در انتهای دوره استهلاک بالغ برابر ارزش اسقاطی آن باشد.

۳) روش استهلاک نقشی در صرفه‌جویی مالیاتی سازمان‌ها ندارد.

۴) پیشرفت تکنولوژی نقشی در استهلاک ماشین‌آلات و تجهیزات ندارد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

تست: کدام گزینه صحیح نیست؟

۱) مالیات سوددهی طرح‌ها را کاهش می‌دهد. ۲) روش استهلاک بر روی سوددهی تاثیر ندارد.

۳) مالیات بر روی نرخ بازگشت سرمایه تاثیر دارد. ۴) ارزش فعلی بعد از پرداخت مالیات کاهش می‌یابد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

انتخاب روش مناسب استهلاک منجر به افزایش ارزش فعلی صرفه‌جویی مالیاتی و در نتیجه سوددهی بیشتری خواهد شد.

تست: برای محاسبه مقدار مالیات کدام‌یک از موارد نیاز نیست؟ (پیام نور ۸۸)

۱) هزینه‌های عملیاتی ۲) درآمد ناخالص ۳) درآمد خالص ۴) استهلاک

حل: گزینه ۳ صحیح است.

درآمد خالص همان CFAT یا فرآیند مالی بعد از کسر مالیات است که در محاسبه مقدار مالیات، نیازی به آن نیست.

تست: کدام عامل در تعیین نوع روش محاسبه استهلاک از دیدگاه یک شرکت خصوصی اهمیت بیشتری دارد؟ (پیام نور ۸۷)

۱) زمان کسر استهلاک ۲) مقدار کل استهلاک

۳) ارزش نهایی استهلاک ۴) هیچ‌کدام

حل: گزینه ۴ صحیح است.

در تعیین نوع روش محاسبه استهلاک، بیشتر بودن ارزش فعلی خالص اهمیت دارد.

www.tedoc.ir

تست: یک ماشین صنعتی با هزینه اولیه معادل ۵۰۰۰ دلار و عمر مفید ۵ سال ارزش اسقاطی ۱۰۰۰۰ دلار، در سال سوم درآمد ناخالص ۲۵۰۰۰ دلار ایجاد می‌کند. کل هزینه‌های عملیاتی سال سوم ۱۱۰۰۰ دلار می‌باشد. در صورت محاسبه استهلاک به روش خط مستقیم و نرخ مالیات ۱۰٪ درآمد خالص سال سوم چقدر خواهد بود؟

۱) ۱۳۰۰۰ ۱) ۱۳۴۰۰ ۳) ۱۳۶۰۰ ۴) ۱۲۶۰۰

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$D_m = \frac{1}{5}(50000-10000) = 8000$$

$$CFBT = \text{درآمد ناخالص} - \text{هزینه‌های عملیاتی} = 25000-11000 = 14000$$
$$TI = CFBT - D = 14000-8000 = 6000$$
$$TX = TI.TR = 6000\times 0.1 = 600$$
$$\Rightarrow CFAT = CFBT - TX = 14000-600 = 13400$$

تست: اگر در همه سال‌ها مقدار استهلاک از فرآیند مالی قبل از مالیات کمتر باشد، کدام گزینه همواره صحیح است؟

۱) $D \le CFAT \le CFBT$ ۲) $CFAT \ge CFBT$ یا $CFAT \le D$

۳) $CFAT \le D$ ۴) $CFAT \ge CFBT$

حل: گزینه ۱ صحیح است. با توجه به رابطه زیر

$$CFAT = CFBT(1-TR) + D.TR$$

و این‌که $0 \le TR \le 1$، نتیجه می‌گیریم $CFAT$ ترکیب محدبی از $D, CFBT$ است و مقدارش همواره بین این دو قرار دارد.

تست: جریانات نقدی خالص دایمی پروژه‌ای سالیانه معادل ۱۰۰۰,۰۰۰ ریال است. بازده مورد انتظار قبل از مالیات ۲۰٪ و نرخ مالیات ۴۰٪ است ارزش فعلی جریانات نقدی این پروژه چقدر است؟

۱) ۵۰۰۰,۰۰۰ ۲) ۱۲,۵۰۰,۰۰۰ ۳) ۸,۳۳۳,۳۳۳ ۴) ۱۲,۸۶۶,۶۶۷

حل: گزینه ۳ صحیح است.

اگر قرار باشد سالیانه مبلغ A ریال را به‌طور دایمی (نامحدود) دریافت کنیم، ارزش فعلی اقساط مساوی سالیانه A ریال با نرخ i برابر است با:

$$P = \frac{A}{i}$$

که i نرخ بازده بعد از مالیات است.

(نرخ مالیات − ۱) نرخ مالیات قبل از مالیات = نرخ بعد از مالیات

$$= 0.2\,(1-0.4) = 0.12$$

$$\Rightarrow P = \frac{1000000}{0.12} \quad 8333333$$

www.iedoc.ir

مراجع

۱. Chan S. Park, ***Fundamentals of Engineering Economics***, Prentice-Hall, ۲۰۰۴

۲. Engineering Economics Exercises, Oxford University Press

۳. دکتر محمدمهدی اسکونژاد، ***اقتصاد مهندسی؛ ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی***، چاپ بیست و هشتم، انتشارات صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، ۱۳۸۶

۴. دکتر حمیدرضا گل‌مکانی، ***اقتصاد مهندسی***، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (واحد تفرش)، ۱۳۸۷

www.iedoc.ir

تجزیه و تحلیل جایگزینی[1] (آنالیز تعویض)

۱. در این روش فرض می‌کنیم یک دارایی مستهلک شده در اختیار داریم که آن را مدافع [2] می‌نامیم. به دنبال این هستیم که یک مقایسه اقتصادی بین دو گزینه روبرو انجام دهیم: ۱) نگهداری مدافع (تا مدت زمان خاصی یا تا آخر عمر مفید آن)، ۲) تعویض دارایی با دارایی هم نوعِ دیگری که آن را رقیب[3] می‌نامیم.

۲. معمولاً رقیب دارای عمر طولانی‌تر و یا تکنولوژی بالاتری نسبت به مدافع است.

۳. در تحلیل جایگزینی، اطلاعات مربوط به آینده مدافع و رقیب در تحلیل مدنظر قرار می‌گیرد نه گذشته.

۴. هزینه‌های از دست رفته[4] به هزینه‌هایی خطاب می‌شود که مربوط به گذشته بوده و با هیچ نوع سرمایه گذاری در آینده قابل جبران نیستند و بکار بردن چنین هزینه‌هایی در انجام تحلیل برای مدافع اشتباه است.

۵. به صرفه‌ترین مدت زمان نگهداری و استفاده از زمانی که تصمیم به انجام تحلیل جایگزینی شده است، عمر اقتصادی باقیمانده مدافع[5] (یا در برخی مراجع بطور خلاصه، عمر اقتصادی) نامیده می‌شود.

مثلاًاگر تصمیم به انجام تحلیل جایگزینی برای یک ماشین ۴ سال کار کرده با عمر مفید ۲۱سال، با یک ماشین هم‌نوع آن بگیریم و بعد از انجام تحلیل نتیجه بگیریم که به صرفه است آن را ۵ سال دیگر نگه‌داشته و سپس تعویض کنیم، آنگاه عمر اقتصادی آن ۵ سال و عمر خدمت اقتصادی آن ۴+۵=۹ سال خواهد بود.

۶. این عمر اقتصادی می‌تواند برای رقیب نیز مورد بررسی قرار گیرد، که در اینصورت به آن عمر اقتصادی مورد انتظار رقیب گفته می‌شود.

۷. معیار تعیین عمر اقتصادی، "حداقل هزینه" می‌باشد و معمولاً برای مقایسه هزینه‌های مدافع و رقیب از EUAC یا ارزش معادل یکنواخت سالیانه هزینه‌ها استفاده می‌گردد.

۸. هزینه‌هایی که مربوط به مدافع می‌باشند عبارتند از :

* هزینه اولیه (قیمت اولیه)

* قیمت دفتری (ارزش دفتری)

* قیمت بازاری (MV)[6] : قیمتی که با توجه به شرایط بازار می‌توان مدافع را در حال حاضر فروخت. البته قیمت بازاری باقی دوره‌ها نیز در اطلاعات مساله داده می‌شود. ارزش بازاری یا MV را ارزش اسقاطی یا SV نیز می نامند.

* قیمت مبادله‌ای[7] : معمولاً همان قیمت بازاری است.

۹. در تحلیل جایگزینی تنها قیمت بازاری (ارزش اسقاطی)، هزینه اولیه و هزینه‌های عملیاتی مربوط به آینده مدافع یا رقیب در نظر گرفته می‌شوند.

۱۰. توجه کنید که در اینجا اگر یک دارایی در دوره خاصی فروخته شود به قیمت بازاری خود در آن دوره فروخته خواهد شد. در صورتیکه قبلاً ارزش دفتری این نقش را ایفا می‌کرد.

---

۱ Replacement Analysis
۲ Defender
۳ Challenger
٤ Sunk Costs
٥ Remained Economic Life
٦ Market Value
۷ Trade-in allowance

www.iedoc.ir

محاسبه عمر اقتصادی

(که $0 \le n \le$عمر مفید باقیمانده مدافع یا n^* در مسائلی که عمر اقتصادی مدافع یا رقیب مطلوب می‌باشد، به ازای هر سال بعد از الانِ دارایی داده می‌شود. اطلاعاتی چون ارزش اسقاطی هـر $n \le 0$ $n \le$عمر مفید رقیب) اطلاعات مربوط به دوره مدافع (قیمت بازاری هر دوره) و هزینه‌های دیگری که مدافع یا رقیب در پی خواهد داشت.

* سپس EUAC به ازای هر n محاسبه می شود. عمر اقتصادی، سالی است که کمترین EUAC را داشته باشد. البته روش استاندارد محاسبه EUAC در این تحلیل در ادامه ارائه شده است.

* معمولاً اطلاعات هزینه‌ای داده شده به دو دسته "هزینه های سرمایه‌ای" و "هزینه‌های عملیاتی" تقسیم می‌شوند.

۱. هزینه بازیافت سرمایه[۸] : هزینه‌هایی سرمایه‌ای در قالب هزینه‌ای با عنـوان هزینـه بازیافـت سـرمایه در تحلیـل منظور می‌شوند. اگر هزینه اولیه دارایی را با I و ارزش اسقاطی (قیمت بازاری) آن در سال n ام را با S_n نشـان دهیم، هزینه بازیافت سرمایه به صورت زیر خواهد بود،

ارزش معادل یکنواخت OC $= CR(n) = I(A/P,i,n) - S_n(A/F,i,n)$

به همین دلیل است که فاکتور مالی A/P فاکتور بازیافت سرمایه نام دارد.

۲. هزینه‌های عملیاتی و تعمیرات و نگهداری[۹] : اگر OC_j نشاندهنده مجموع تمامی هزینه‌های عملیاتی مربوط به سال jام باشد، داریم:

$$\text{ارزش معادل یکنواخت OC} = OC(n) = \left(\sum_{j=1}^{n} OC_j (P/F,i,j) \right) (A/F,i,n)$$

به این ترتیب EUAC کل مربوط به زمانی‌که تصمیم بگیریم تا n سال دیگر دارائی را نگه داریم:

$$EUAC_n = CR(n) + OC(n)$$

و عمر اقتصادی یک دارایی دوره‌ای از عمر مفید آن است که EUAC را مینیمم می‌کند.

www.iedoc.ir

[۸] Capital Recovery Cost (CR)
[۹] Operations and Maintenance Costs (O&M)

مثال ۱: قرار است یکی از چهار تنور یک رستوران تعویض شود. ارزش اسقاطی و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات آن در جدول زیر آمده است. قیمت یک تنور جدید ۸۰۰۰۰ واحد پولی که هزینه‌های تعمیرات و نگهداری آن دارای گارانتی دو ساله خواهد بود و برای سال‌های دیگر، اطلاعات مربوطه در جدول زیر آمده است. اگر $MARR = 10\%$، فعالیت اقتصادی چیست؟

تنور جدید			تنور قدیمی		
هزینه‌های O&M	ارزش اسقاطی	سال	هزینه‌های O&M	ارزش اسقاطی	سال
–	۸۰۰۰۰	۰	–	۲۰۰۰۰	۰
۰	۷۵۰۰۰	۱	۹۵۰۰	۱۷۰۰۰	۱
۰	۷۰۰۰۰	۲	۹۶۰۰	۱۴۰۰۰	۲
۱۰۰۰	۶۶۰۰۰	۳	۹۷۰۰	۱۱۰۰۰	۳
۳۰۰۰	۶۲۰۰۰	۴	۹۸۰۰	۷۰۰۰	۴

حل: محاسبات مربوط به مدافع (تنور قدیمی):

سال	$CR(n)$	$OC(n)$	EUAC
۰	–	–	–
۱	۵۰۰۰	۹۵۰۰	۱۴۵۰۰
۲	۴۸۵۷.۲	۹۵۴۷.۶	۱۴۴۰۴.۸
۳	۴۸۱۷.۹	۹۵۹۳.۷	۱۴۳۱۲.۶
۴	۴۸۰۱.۵	۹۶۳۸.۱	۱۴۴۳۹.۶

بنابراین عمر اقتصادی مدافع ۳سال با $EUAC = 14312.6$ است.

محاسبات مربوط به رقیب(تنور جدید):

www.iedoc.ir

سال	$CR(n)$	$OC(n)$	EUAC
۰	–	–	–
۱	۱۳۰۰۰	۰	۱۳۰۰۰
۲	۱۲۷۶۲	۰	۱۲۷۶۲
۳	۱۲۲۲۹.۴	۳۰۲.۱	۱۲۵۳۱.۵*
۴	۱۱۸۷۹	۸۸۳.۵۵	۱۲۷۶۲.۵۵

بنابراین عمر اقتصادی رقیب ۳ سال با $EUAC = 12531.5$ است. چون $EUAC_{\text{مدافع}} > EUAC_{\text{رقیب}}$ بنابراین به صرفه است تعویض الان صورت گیرد و از رقیب ۳ سال استفاده شود.

طرز محاسبه برخی از اعداد جدول فوق:

$$CR_{\text{رقیب}}(3) = 80000(A/P.10\%,3) - 66000(A/F,10\%,3)$$
$$= 80000(0.40212) - 660000.(30212) = 12229.4$$
$$OC_{\text{رقیب}}(3) = 1000(A/P.10\%,3) = 302.1$$
$$OC_{\text{رقیب}}(4) = \left[1000(F/P,10\%,1) + 3000\right](A/F,10\%,4) = 883.55$$

نکته‌ها :

۱. فرمول $CR(n)$ را می‌توان به صورت‌های ساده‌تر زیر نیز نوشت:

ارزش یکنواخت $CR(n)$
$$= I(A/P,i,n) - S_n(A/F,i,n)$$
$$= \left[I - S_n(P/F,i,n)\right](A/P,i,n)$$
$$= (I - S_n)(A/P,i,n) + S_n(i)$$
$$= I(i) + (I - S_n)(A/F,i,n)$$

با توجه به شباهت فاکتورهای A/P و A/F، فرمول‌های فوق براحتی بدست می‌آیند.

۲. بوضوح هر چه از عمر دارایی می‌گذرد، ارزش اسقاطی آن کوچکتر می‌شود و معمولاً هزینه‌های $O\&M$ مربوطه به یک دارایی، در طی زمان افزایش می‌یابد.

۳. تا زمانی که ارزش اسقاطی از هزینه اولیه کوچکتر و در حال کاهش باشد (که اکثرا نیز هست)، $CR(n)$ تابعی نزولی برحسب n خواهد بود. به عبارتی دیگر هر چقدر بیشتر دارایی را نگه داریم، هزینه بازیافت سرمایه کمتری خواهیم داشت.

۴. اگر $CR(n)$ تابعی نزولی بر حسب n و $OC(n)$ تابعی صعودی از n باشد، آنگاه $EUAC$ تابعی محدب و همواره دارای مینیمم منحصر به فرد خواهد بود. (البته با توجه به نکته ۲ اکثراً چنین نیز هست)

۵. اگر ارزش اسقاطی در همه دوره‌ها برابر با هزینه اولیه باشد (به ازای هر $I = S_n, n$) آنگاه صرفه‌نظر از مدتی که دارایی را نگه می‌داریم،هزینه بازیافت سرمایه ثابت و برابر با $I \times i$ خواهد بود. زیرا :

www.iedoc.ir

$$\forall N, I = S_n \quad \Rightarrow \quad CR(n) = I(A/P,i,n) - S_n(A/F,i,n)$$
$$= I\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] - I\left[\frac{i}{(1+i)^n - 1}\right]$$
$$= I\left[\frac{i}{\cancel{(1+i)^n - 1}}\right] - I\left[\cancel{(1+i)^n - 1}\right] = Ii$$

۶. رشد سریع تکنولوژی که بهبود قابل ملاحظه ای در عملکرد را نتیجه می دهد می تواند منجر به تأخیر انداختن تصمیمات جایگزینی شود.

۷. ارزش اسقاطی (ارزش بازاری) دارایی باید با ارزش دفتری آن مقایسه گردد تا تاثیرات ممکن مالیات را ارزیابی کند و این مفهوم باید در هزینه فرصت نگهداری مدافع در نظر گرفته شود. اگر مدافع را نگه داریم، درآمد خالص یا CFAT (بعد از کسر مالیات) مربوط به سال k ام برابر خواهد بود با:

$$CFAT_k = -SV_k + TR\,(SV_k - BV_k)$$

*** حالت‌های خاص**

۱. اگر ارزش اسقاطی ثابت و برابر با هزینه اولیه بوده، و هزینه‌های عملیاتی در طی زمان افـزایش یابنـد، EUAC تابعی صعودی از n خواهد بود که مینیمم آن در $n = 1$ اتفاق می‌افتد. در چنین حالتی نتیجه می‌گیریم هر چه سریعتر باید دارایی مدافع را جایگزین کنیم.

۲. اگر هزینه عملیاتی سالیانه برای همه n ها ثابت باشد ولی ارزش اسقاطی کوچکتر از هزینه اولیه و در طی زمان در حال کاهش باشد، EUAC تابعی نزولی از n خواهد بود. در چنین حالتی سعی می‌کنند جـایگزینی دارایـی مدافع را حتی‌الامکان به تاخیر بیاندازند.

۳. اگر ارزش اسقاطی برای همه n ها ثابت و برابر با هزینه اولیه، و همینطور هزینه عملیاتی برای همه n ها ثابـت باشد، EUAC تابعی ثابت خواهد بود. در چنین حالتی نسبت به تعویض دارایی مدافع در هر سالی بی تفاوتیم.

۴. اگر فرض کنیم دارایی با قیمت و ویژگی‌های یکسان و نوع مشابه با دارایی مدافع وجود دارد و قابلیت خرید آن در زمان نامشخصی وجود دارد، همواره دارایی مدافع را تا آخر عمر اقتصادی‌اش نگه داشـته و بعـد تعـویض را انجام می‌دهیم.

۵. در تحلیل جایگزینی بین مدافع و رقیب، دو حالت می تواند رخ دهد:

* عمر باقیمانده مدافع = عمر مفید رقیب

در این حالت از همه روش‌های ارزیـابی اقتصـادی $(ROR, NEUA, NPW)$ مـی‌تـوان بـرای انجـام محاسـبات استفاده کرد. ولی ترجیحاً از همان فرمول EUAC استفاده می‌کنیم.

* عمر باقیمانده مدافع > عمر مفید رقیب

در چنین حالتی از همان روش EUAC استفاده می‌کنیم.

ارزش تعویض مدافع

به مقدار اختلاف $EUAC_{\text{رقیب}} - EUAC_{\text{مدافع}}$، ارزش تعویض مدافع گویند.

اگر $EUAC_{\text{مدافع}} > EUAC_{\text{رقیب}}$ ، انجام تعویض اقتصادی است.

تست : یک شرکت پتروشیمی با حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ قصد دارد لوله‌های حمـل مـواد نفتـی خـود را جهـت جلوگیری از زنگ زدن، سالیانه در تصفیه خانه خود رنگ آمیزی کند. Tuff-Coat یک جنس رنگ پردوام اسـت کـه بـا

www.tedoc.ir

قیمت ۹.۰۵ دلار به ازای هر گالن در بازار موجود است، در حالیکه جنس دیگری با نام Quick-Cover که دوام کمتری هم دارد با قیمت ۱۴.۲۵ دلار به ازای هر گالن، و دارای ۶ دلار هزینه نیروی انسانی و دوام ۵ ساله است. دوام Tuff-Coat حداقل چقدر باشد تا خرید آن اقتصادی در آید؟

$(A/P,10\%,8) = 0.18744$

$(A/P,10\%,9) = 0.17364$

$(A/P,10\%,10) = 0.16275$

$(A/P,10\%,11) = 0.15396$

$(A/P,10\%,5) = 0.26380$

۱) 8 ۲) 9 ۳) 10 ۴) 11

حل : گزینه ۲ درست است.

$$EUAC_{TC} \le EUAC_{QC}$$

$$\Rightarrow \quad 14.05(A/P,10\%,n) \le 9.25(A/P,10\%,5)$$

$$\Rightarrow \quad (A/P,10\%,n) \le 0.17367$$

$$\Rightarrow \quad n = 9$$

"تجزیه و تحلیل در حالتی که تعداد رقیب‌ها در طی زمان افزایش یابد."

* انتظار افزایش رقیب‌ها در آینده، باعث کاهش مطلوبیت رقیب فعلی می‌گردد.

* کوتاه‌تر کردن عمر رقیب جهت خنثی‌کردن طرحهای رقیب بهتر در آینده یک راه حل عملی برای اجتناب از طولانی شدن محاسبات است.

مثال ۲: ده سال پیش شرکت HR یک سیستم نقاله‌ای با هزینه ۸۰۰۰ نصب کرد. سیستم نقاله امسال کاملاً مستهلک خواهد شد و دارای ارزش اسقاطی صفر خواهد بود. به دلیل افزایش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات این سه سیستم، که اطلاعات مربوط به ۵ سال آینده آن در جدول زیر آمده است، شرکت تصمیم دارد آن را جایگزین کند. رقیب دارای $EUAC = 1028$ در حداکثر عمر اقتصادی خود است و حداقل نرخ جذب کننده برای شرکت ٪۱۰می‌باشد؟

سال	هزینه نگهداری و تعمیرات
۱	۱۰۰۰
۲	۱۲۵۰
۳	۱۵۰۰
۴	۱۷۵۰
۵	۲۰۰۰

حل : چون ارزش اسقاطی ثابت و برابر صفر است و هزینه‌های $O\&M$ در حال افزایش ، بنابراین عمر اقتصادی ۱ سال بود. با $EUAC = 1000$ و چون $EUAC_D = 1000 < EUAC_C = 1028$ به صرفه است فعلاً تعویض را انجام ندهیم.

www.iedoc.ir

مثال ۳: دو رقیب برای جایگزینی سیستم کامپیوتری یک شرکت IT وجود دارد. البته رقیب دوم یک سال بعد از الان آماده و در دسترس خواهد بود همراه با تکنولوژی فوق العاده بالا اگر عمر مفید مدافع و رقیب‌ها برابر ۵ سال و $EUAC = 12\%$ ، آیا مدافع باید در سال جاری یا سال آینده جایگزین شود؟ (اطلاعات مربوط به ارزش‌های اسقاطی در جدول زیر آمده است)

سال	رقیب دوم	رقیب اول	کامپیوتر حاضر	سال
۱	۲۴۰۰۰	۲۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۰
۲	۲۳۰۰۰	۲۲۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱
۳	۲۳۰۰۰	۲۱۰۰۰	۱۳۰۰۰	۲
۴	۲۲۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۱۰۰۰	۳
۵	۱۶۰۰۰	۱۶۰۰۰	۸۰۰۰	۴
۶	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۳۰۰۰	۵

حل : محاسبات مربوط به کامپیوتر حاضر

سال	ارزش اسقاطی	ارزش معادل یکنواخت سالیانه CR $= (P-S)(A/P,12\%,n)+S(i)$
۰	P=۲۰۰۰۰	–
۱	۱۶۰۰۰	۶۴۰۰
۲	۱۳۰۰۰	۵۷۰۱.۹
۳	۱۱۰۰۰	۵۰۶۶.۷
۴	۸۰۰۰	* ۴۹۱۰.۴
۵	۳۰۰۰	۵۰۷۵.۸

* عمر اقتصادی= ۴سال $EUAC = 4910.4$

رقیب اول :

www.iedoc.ir

سال	ارزش اسقاطی	ارزش معادل یکنواخت سالیانه CR $=(P-S)(A/P,12\%,n)+S(i)$
۰	P=۲۵۰۰۰	–
۱	۲۲۰۰۰	۶۰۰۰
۲	۲۱۰۰۰	۴۸۸۶.۸
۳	۲۰۰۰۰	* ۴۴۸۱.۵
۴	۱۶۰۰۰	۴۸۸۲.۸
۵	۱۰۰۰۰	۵۳۶۱

* عمر اقتصادی= ۳ سال $EUAC = 4481.5$

رقیب دوم:

سال	ارزش اسقاطی	ارزش معادل یکنواخت سالیانه CR $=(P-S)(A/P,12\%,n)+S(i)$
۰	P=۲۴۰۰۰	–
۱	۲۳۰۰۰	۳۸۸۰
۲	۲۳۰۰۰	* ۳۳۵۱.۷
۳	۲۲۰۰۰	۳۴۷۲.۶
۴	۱۶۰۰۰	۴۵۵۳.۶
۵	۱۰۰۰۰	۵۰۸۳.۶

* عمر اقتصادی= ۲سال $EUAC =$

* توجه کنید در اینجا اعداد سالها با رقیب اول برابر نیست.

توجه کنید که مدافع> EUAC رقیب اول EUAC > رقیب دوم EUAC . اگر همین الان تعویض را انجام دهیم داریم 4481.5 =رقیب اول EUAC = EUAC . اگر یک سال صبر کنیم داریم:

$$EUAC=\left[6400(P/A,12\%,1)+3351(P/F,12\%,1)\right](P/A,12\%,3)=4484.49$$

کمترین هزینه رقیب دوم(در عمر اقتصادی دو سال) + هزینه یکسال بیشتر نگهداشتن مدافع

هزینهٔ حاشیه‌ای

۱- هزینه حاشیه ای کل در سال k ام برابر است با ارزش معادلِ افزایش ارزش فعلی یا PW هزینه ها از سال k-۱ ام تا سال k ام، در سال k ام:

$$MC_k(i\%)=(PW_k-PW_{k-1})(F/P,i\%,k)$$

www.iedoc.ir

۲- همانند فرمول ارزش معادل یکنواخت سالیانه هزینه یا EUAC در تحلیلی جایگزینی، فرمول ارزش فعلی هزینه ها یا PW برابر است با:

$$PW_k(i\%) = I - SV_k\ (P/F, i\%, k) + \sum_{j=1}^{k} OC_j\ (P/F, i\%, j)$$

(یعنی اگر مثلا مدافع را k سال دیگر از الان نگهداریم و از آن استفاده کنیم، ارزش فعلی معادل هزینه های آن بصرت فوق خواهد بود)

بنابراین فرمول هزینه حاشیه ای را بصورت زیر نیز می توان نوشت:

$$MC_k(i\%) = SV_{k-1} - SV_k + iSV_{k-1} + OC_k$$

۳- تا زمانی که هزینهٔ حاشیه ای مدافع کوچکتر از $EUAC_{min}$ رقیب باشد، مدافع می تواند بیشتر از عمر اقتصادی خود نگهداری شود. به عبارتی دیگر مدافع باید تا زمانی که هزینهٔ حاشیه ای آن از EUAC بهینهٔ بهترین رقیب کمتر است نگهداری شود.

تورم[۱۰]

۱. تورم به معنای افزایش قیمت‌ها و کاهش توانایی خرید (به خصوص خریدهایی که بیشتر و در فواصل زمانی طولانی‌تر باشد) در طی زمان است.

۲. به عبارت دیگر با وجود تورم، با یک اسکناس هزار تومانی مقدار کمتری از یک کالا در طی زمان قابل خریداری است.

۳. برای تخمین نرخ تورم معمولاً از چند نوع شاخص مهم استفاده می‌کنند:

*** شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI)[۱۱]**

معمولاً مصرف کنندگان یک حس نسبی نسبت به اینکه چگونه توانایی خریدشان در حال کاهش است دارند. شاخص CPI توسط اقتصاد دانان بر اساس سبدی بازاری از کالاها و خدمات مورد نیاز یک مصرف کننده معمولی (خانواده با درآمد متوسط) بوجود آمده است. این سبد معمولاً از هشت گروه اصلی زیر تشکیل شده است:

۱) مواد غذایی و نوشیدنی ، ۲) لوازم خانگی، ۳) پوشاک ، ۴) حمل و نقل ، ۵) مراقبت درمانی ، ۶) تفریح و سرگرمی ، ۷) مراقبت شخصی ، ۸) کالاها و خدمات دیگر

۴. شاخص **CPI** قیمت سبد فوق را در ماه جاری با ماه قبل یا سال قبل یا ده سال قبل مقایسه می‌کند. نقطه‌ای از زمان گذشته که قیمت‌های جاری نسبت به آن سنجیده می‌شود را "دوره پایه"[۱۲] می‌نامند. معمولاً هم مقدار شاخص برای این دوره پایه، ۱۰۰ واحد پولی در نظر گرفته می‌شود.

۵. معمولاً مصرف‌کنندگان مایل‌اند خریدهای خود را بر اساس تغییرات نسبی قیمت‌ها تنظیم کنند و همینطور مایل به جانشینی کالاهایی دیگر با کالاهایی هستند که اخیرا افزایش زیادی در قیمت‌هایشان رخ داده است. توجه کنید که شاخص CPI چنین رفتارهای مصرف کنندگان را در نظر نمی‌گیرد و تنها بر اساس پیش‌بینی قیمت‌های یک سبد ثابتی از کالاها و خدمات به صورت ماه به ماه یا سال به سال یا غیره می‌باشد.

---

[۱۰] Inflation
[۱۱] Consumer Price Index
[۱۲] Base Period

www.tedoc.ir

۶. شاخص مشابه دیگر با عنوان شاخص قیمت تولیدکننده (PPI)[۱۳] نیز وجود دارد با این تفاوت که به جای بررسی سبد بازاری ذکر شده به بررسی افزایش قیمت‌های صنعتی (از جمله مواد اولیه ، محصولات تمام شده و هزینه‌های عملیاتی) اختصاص دارد.

*** شاخص قیمت عمده فروشی (WPI)[۱۴]**

ـ قیمت‌ها را در سطح عمده فروشی برای کالاهای مصرف‌کنندگان و صنایع در نظر می‌گیرد.

ـ خدمات را در نظر نمی‌گیرد.

***شاخص قیمت مطلق (IPI)[۱۵]**

ـ اثر تغییر قیمت را روی تولید ناخالص ملی (مجموع ارزش بازاری همه کالاها و خدمات جامعه) نشان می‌دهد.

ـ نرخ تورم بدست آمده توسط این روش تقریباً با روش CPI برابر است.

۷. مقدار نرخ تورم متوسط از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\bar{f} = \left[\frac{CPI_n}{CPI_0}\right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

۸. اگر CPI، مربوط به دو سال متوالی را بدانیم، آنگاه می‌توان نرخ تورم متوسط عمومی سال را نیز چنین محاسبه کرد:

$$\bar{f} = \frac{CPI_n - CPI_{n-1}}{CPI_{n-1}}$$

۹. نرخ ظاهری یا حداقل نرخ جذب کننده بعد از اعمال تورم که آن را با i_f یا $MARR_f$ نمایش می‌دهند به صورت زیر بدست می‌آید:

$$(1+i_f) = (1+i)(1+f)$$
$$\Rightarrow \quad \boxed{i_f = i + f + if}$$

توجه کنید رابطه فوق را به صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$\Rightarrow (1+i_f) = i(1+f) + f \quad \Rightarrow \quad \boxed{i = \frac{i_f - f}{1+f}}$$

که مشابه آن را در فصل‌های اولیه دیده‌ایم(نرخ رشد و نرخ تنزیل).

نرخ بهرهٔ بازار (i_f)[۱۶]

۱- همان **نرخ بهره اسمی** است، درواقع نرخی که موسسه های مالی و بانک ها برای قرض ها و حساب‌های پس‌انداز خود اعلام می‌کنند، نرخ بهرهٔ بازار است.

۲- آثار ترکیبی توانایی جذب پول و توانایی خرید را در نظر می گیرد.

---

[۱۳] Producer Price Index
[۱۴] Whole Price Index
[۱۵] Implicit Price Index
[۱۶] -Market Interest Rate

www.iedoc.ir

۳- خیلی از شرکت ها از نرخ بهره بازار (که با نامِ **نرخ بازگشت مورد نیازِ تنظیم شده بر اساس تورم**[۱۷]) برای ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری خود استفاده می کنند.

۴- نرخ بهرهٔ متورم یا (در حالتِ ارزیابی اقتصادی) حداقل نرخ جذب کنندهٔ متورم نیز نامیده می شود.

نرخ بهرهٔ آزاد از تورم (i)[۱۸]

۱- تخمینی از توانایی واقعی پول در جذب می باشد زمانی که اثر تورم حذف شده است، که به عنوان نرخ بهره واقعی[۱۹] نیز شناخته می‌شود.

۲- در صورت دانستن نرخ بهره بازار و نرخ تورم، می توان نرخ بهره آزاد از تورم را محاسبه نمود. درواقع این نرخ تابعی از نرخ تورم و نرخ بهره بازار می باشد، و رابطهٔ آن بصورت زیر بدست می آید:

$$i_f = i + f + i \times f \Rightarrow i = \frac{i_f - f}{1 + f}$$

۳- تمامی نرخ های مطرح شده در فصول قبل، نرخ های آزاد از تورم بودند.

۴- در غیاب تورم (یعنی $f = 0$)، نرخ بهره آزاد از تورم با نرخ بهره بازار برابر است، $i = i_f$.

۵- اگر مقادیر i و f نسبتاً کوچک باشند می توان در فرمول نرخ بهرهٔ بازار یا i_f از حاصلضربِ $i \times f$ صرف نظر کرد.

۶- اگر دورهٔ ترکیب پیوسته باشد، جملهٔ $i \times f$ در فرمول i_f حذف می‌شود. مثلاً اگر نرخ بهرهٔ اسمی (نرخ بهرهٔ بازار) ٪۶ سالیانهٔ مرکب پیوسته و نرخ تورم ٪۴ سالیانهٔ مرکب پیوسته باشند، نرخ بهرهٔ آزاد از تورم (نرخ بهرهٔ واقعی) دقیقاً برابر با ٪۲ سالیانهٔ مرکب پیوسته خواهد بود.

$$\text{دورهٔ ترکیب پیوسته} \quad \Rightarrow \quad i_f = i + f \quad \text{or} \quad i = i_f - f$$

تست: حداقل نرخ جذب کننده برای شرکت X برابر با ٪۲۰ می باشد. اگر نرخ تورم ٪۸ سالیانه فرض شود، نرخ بهره متورمی که باید در یک تحلیل ارزش فعلی استفاده شود چقدر است؟

۱) ٪۲۰ ۲) ٪۲۸ ۳) ٪۲۹.۶ ۴) ٪۳۲.۴

حل: گزینه ۳ صحیح است.

$$i_f = 0.20 + 0.08 + (0.20)(0.08) = 0.296 \text{ or } 29.6\%$$

تست: شرکتی در حال بررسی قراردادی است که طبق آن موافقت کرده یک دستگاه تولیدی را در زمانی بین الان تا ۸ سال دیگر خریداری کند. اگر شرکت این دستگاه را الان بخرد قیمت آن ۵۰،۰۰۰ دلار، و اگر در هر زمانی بعد از الان خریداری کند قیمت آن بر اساس نرخ تورم افزایش خواهد داشت. اگر حداقل نرخ جذب کننده شرکت ٪۱۲ و نرخ تورم برابر با ٪۶ باشد، قیمت دستگاه چهار سال بعد از الان به کدامیک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟

۱) ۵۶،۲۹۱ ۲) ۶۳،۱۲۴ ۳) ۷۸،۶۷۵ ۴) ۹۹،۳۲۶

حل: گزینه ۲ صحیح است.

---

[۱۷] -Inflation-adjusted required Rate of Return

[۱۸] -Inflation-free Interest Rate

[۱۹] -Real Interest Rate

www.iedc.ir

قیمت دستگاه بعد از چهار سال $= 50,000\,(1+f)^4 = 50,000\,(1+0.06)^4 = 63,123.85$

تست: یک تحلیلگر اقتصادی، از نرخ تورم ٪۱۶ سالیانه در محاسبات خود استفاده کرده است. اگر نرخ بهره واقعی در زمان تحلیل ٪۱۲ سالیانه باشد، نرخ تورم به کدامیک از گزینه های زیر نزدیک‌تر است؟

۱) ٪۳.۵۷ ۲) ٪۵.۲۸ ۳) ٪۸.۳۶ ۴) ٪۱۳.۲۹

حل: گزینه ۱ صحیح است.

$$0.16 = 0.12 + f + 0.12 \times f$$
$$0.04 = 1.12 \times f$$
$$f = 0.0357 \text{ or } 3.57\%$$

تست: نرخ متورم ٪۲۴ سالیانه زمانی که نرخ تورم برابر با ٪۱۰ باشد نشان می دهد که حداقل نرخ جذب کننده واقعی تقریبا برابر است با:

۱) ٪۱۰ ۲) ٪۱۲.۷ ۳) ٪۱۴.۸ ۴) ٪۲۶.۳

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$0.24 = i + 0.10 + i \times 0.10$$
$$1.10 \times i = 0.14$$
$$i = 0.127 \text{ or } 12.7\%$$

تست: شاخص هزینه ساخت طبق استاندارد ENR در سال ۱۹۸۰ میلادی برابر با ۳۳۷۸.۱۷ بوده است. اگر این شاخص در سال ۱۹۹۰ میلادی برابر با ۴۷۷۰.۰۳ بوده باشد، افزایش سالیانه هزینه های ساخت در آن دوره زمانی به کدامیک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟

۱) ٪۳.۵۱ ۲) ٪۴.۶۳ ۳) ٪۵.۴۲ ۴) ٪۶.۸۸

حل: گزینه ۱ صحیح است.

$$f = \left(\frac{4770.03}{3378.17}\right)^{1/10} - 1 = 0.0351 \text{ or } 3.51\%$$

البته طرز محاسبه فوق که فرمول محاسبه نرخ تورم متوسط عمومی با توجه به شاخص قیمت (PI) است می تواند به شکل زیر نیز با استفاده از فاکتورهای مالی نوشته شود:

$$4770.03 = 3378.17\,(F/P, f\,\%, 10) \Rightarrow f = 0.0351 \text{ or } 3.51\%$$

تست: کدامیک از گزینه های زیر صحیح نیست؟

۱) تورم زمانی اتفاق می افتد که ارزش پول در طی زمان افزایش می یابد.

۲) نرخ بهرهٔ بازار ترکیبی از نرخ تورم و نرخ بهره واقعی است.

۳) نرخ بهره واقعی تابعی از نرخ تورم می باشد.

۴) همه موارد صحیح است.

حل: گزینه ۱ نادرست است.

گزینه ۲ صحیح است. منظور از نرخ بهره بازار همان نرخ بهره متورم یا حداقل نرخ جذب کننده متورم است.

www.iedoc.ir

گزینه ۳ صحیح است. زیرا $i = \frac{i_f - f}{1+f}$.

اما چرا گزینه ۱ نادرست است. توجه کنید که تورم به زمانی اطلاق می شود که قیمت کالاها افزایش یافته اند یعنی ارزش پول کاهش یافته است. به عبارتی دیگر کاهش ارزش پول در یک کشور (عموماً نسبت به پول کشورهای دیگر) یکی از عوامل افزایش قیمت ها در آن کشور می‌باشد.

چنین حالتِ افزایش قیمتی در یک کشور معمولاً برای کالاهای وارد شونده رخ می دهد. به عنوان مثال فرض کنید واحد پولی کشور A پوند و واحد پولی کشور B دلار باشد. اگر طی یک زمان مشخص ارزش دلار نسبت به ارزش پوند کاهش یابد (که در اینصورت اصطلاحاً می گویند پوند نسبت به دلار گران شده)، قیمت یک کالای وارداتی از کشور A به B نسبت به گذشته افزایش خواهد داشت. به این کاهش ارزش واحد پولی یک کشور نسبت به کشور دیگر اصطلاحاً تنزیل ارزش[۲۰] می‌گویند. در چنین شرایطی مصرف کنندگان کشور B نگهداری پول به واحد پوند (واحد پولی کشور A) را به صرفه تر از نگهداری واحد پولی کشور خود (دلار) خواهند دانست.

تورم در روش های ارزیابی اقتصادی

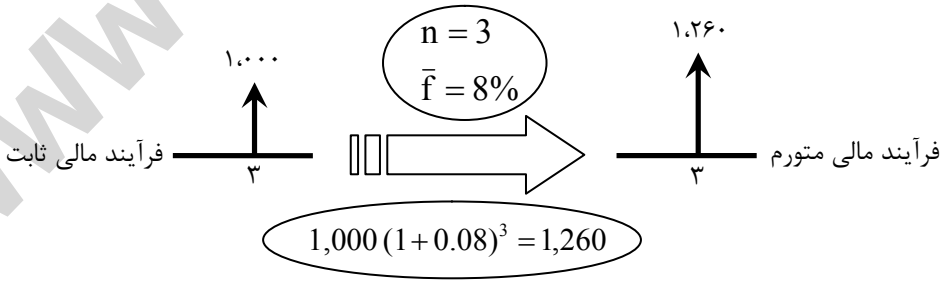
۱- معمولاً نرخ های تورم کم (بین ۲ تا ۴ درصد) در محاسبات درنظر گرفته نمی شوند زیرا همه جریان های مالی بطور یکسان با تغییر قیمت ها مواجه می باشند و تفاوت بین هزینه های فعلی و آینده بسیار کم خواهد بود.

۲- در فصول گذشته، ارزیابی اقتصادی در مورد تغییرات روی توانایی جذب پول یا به عبارتی دیگر تأثیرات بهره بودند. اما در اینجا تغییرات روی توانایی خرید نیز مورد بحث قرار می گیرد.

۳- در اینجا فرآیندهای مالی به دو گروه **فرآیندهای مالی ثابت**[۲۱] و **فرآیندهای مالی متورم**[۲۲] تقسیم می شوند.[۲۳]

۴- فرآیند مالی ثابت حاوی جریان های مالی است که هنوز اثری از تورم در آنها نیست؛ تمامی فرآیندهای مالی فصول گذشته اینگونه بودند.

۵- فرآیند مالی متورم، حاوی جریان های مالی بعد از اعمال تأثیرات تورم می باشد.



---

[۲۰] -Devaluation

[۲۱] -Constant Dollars

[۲۲] -Actual Dollars

[۲۳] - توجه کنید که نرخ موجود برای تحلیل فرآیند مالی ثابت همان نرخ بهره واقعی یا آزاد از تورم است.

www.iedoc.ir

درواقع طبق شکل فوق، برای تبدیل یک فرآیند مالی ثابت به متورم هر جریان مالی باید بر اساس دوره ای که در آن اتفاق می افتد متورم شود. بطور کلی جریان مالی سال n ام باید ضرب در فاکتور $(F/P, f, n)$ شود که در آن f نرخ تورم است.

۶- به عملِ حذف آثار تورم در فرآیند مالی یا به عبارتی دیگر تبدیلِ (برگرداندن) فرآیند مالی متورم به فرآیند مالی ثابت، تنزیل قیمت ها[۲۴] گفته می شود. جریان مالی متورم شدهٔ سال k ام می تواند با تقسیم بر عبارت $(1+f)^k$، به جریان مالی ثابت سال k ام بازگردد. یعنی برعکس اتفاقی که در شکلِ نکتهٔ قبل افتاده است.

۷- استهلاک متورم نمی شود. به عبارت دیگر استهلاک مستقیماً بر اساس قیمت خرید منظور می‌شود، نه بر پایهٔ قیمت متورم شده.

۸- در مواردی مانند قرض و اجاره، اگر تورم سریعتر از آنچه پیش بینی شده بود بالا رود به نفع کسی است که بازپرداختِ قرض یا اجاره را انجام می دهد.

۹- به طور کلی مالیات‌های بر درآمد بر اساس درآمدهای متورم شدهٔ مشمول مالیات محاسبه می شوند. یعنی ابتدا درآمدها متورم شده و سپس مالیات بندی می‌گردند.

۱۰- ارزیابی اقتصادی چند پروژه پیشنهادی با درنظر گرفتن تورم به سه حالت زیر تقسیم می شود:

* تمامی فرآیندهای مالی داده شده در مسأله در حالت ثابت قرار دارند.

  در این حالت، تحلیل **بدون درنظر گرفتن مالیات** انجام می شود. معمولا چنین وضعیتی برای پروژه های دولتی اتفاق می افتد زیرا مالیات به پروژه های دولتی اختصاص نمی یابد.

* تمامی فرآیندهای مالی داده شده در مسأله در حالت متورم قرار دارند.

  در این حالت فرآیندهای مالی متورم شده را به فرآیندهای مالی متورم شده بعد از کسر مالیات تبدیل کرده و سپس تحلیل را انجام می دهیم.

* برخی از فرآیندهای مالی داده شده در مسأله در حالت ثابت و برخی دیگر در حالت متورم قرار دارند.

  در این حالت به سادگی، همه فرآیندهای مالی را یا به حالت ثابت یا به حالت متورم تبدیل می کنیم و ادامه می دهیم.

۱۱- تحلیلِ مربوط به هرکدام از حالات فوق، همانند فصل های قبل می تواند بر اساس روش ارزش فعلی خالص، ارزش معادل یکنواخت سالیانه خالص و یا نرخ بازگشت سرمایه انجام شود. البته معمولا از روش ارزش فعلی خالص یا NPW برای این بخش استفاده می شود.

۱۲- پس از متورم شدن فرآیند مالی، در هرگونه عملیات محاسباتی که با استفاده از فاکتورهای مالی انجام می شوند باید از نرخ بهره متورم یا i_f استفاده شود. مثلا اگر در حال استفاده از روش NPW هستیم، ابتدا هرکدام از جریان‌های مالی

---

[۲۴] -Deflation

www.ieloc.ir

را با استفاده از نرخ تورم یا f متورم نموده و سپس با استفاده از نرخ بهره متورم یا i_f و بسته به شکل جریان‌های مالی با فاکتورهای مالی P/F، P/A، P/G و P/A_1 آنها را به زمان حال می آوریم.

۱۳- در بحث تامین مالی (گرفتن وام از بانک)، توجه کنید که هزینه بهره (I) و اصل وام (PR) تحت تأثیر تورم قرار نمی‌گیرد، به همین دلیل دریافت وام در شرایط وجود تورم موجب اقتصادی‌تر شدن طرحها می‌شود.

با حل مثال زیر نکات مهم و تعدادی نکات جدید را مرور می کنیم. توصیه می شود به سنگینی محاسبات توجهی نکنید و تنها طرز محاسبه و نکات مهم را از این مثال برداشت کنید:

مثال[۲۵]: هزینه اولیه ماشینی ۱۲۰،۰۰۰ واحد پولی است. این ماشین در پایان ۶ سال عمر مفید خود ارزش اسقاطی ندارد. هزینه های عملیاتی ۱۲،۰۰۰ واحد پولی در سال و درآمدهای سالیانه ۴۰،۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. تخمینها بر اساس شرایط اقتصادی جاری و بدون در نظر گرفتن رشد قیمت‌ها و هزینه‌ها می باشد. خرید این ماشین را **(الف)** بدون مالیات، بر اساس فرآیند مالی ثابت (واقعی) و متورم با نرخ تورم ٪۸ و حداقل نرخ جذب کننده ٪۱۵ **(ب)** با نرخ مالیات ٪۴۰،استهلاک خط مستقیم و اطلاعات قبلی مقایسه کنید.

حل:

(الف) جریان های مالی سالیانه برابر با ۴۰،۰۰۰-۱۲،۰۰۰=۲۸،۰۰۰ خواهند بود. ابتدا نرخ بهره متورم یا نرخ بهره بازر را محاسبه می کنیم،

$$i_f = i + f + i \times f = 0.15 + 0.08 + 0.15 \times 0.08 = 0.242 \text{ or } 24.2\%$$

برای حل چنین مسائلی استفاده از جدولی به شکل زیر خیلی مناسب است،

سال (k)	فرآیند مالی ثابت	(F/P, ٨٪, k)	فرآیند مالی متورم	(P/F, ٢۴.٢٪, k)	NPW_f
۰	-۱۲۰،۰۰۰	۱	-۱۲۰،۰۰۰	۱	-۱۲۰،۰۰۰
۱	۲۸،۰۰۰	۱.۰۸	۳۰،۲۴۰	۰.۸۰۵۱۶	۲۴،۳۴۸
۲	۲۸،۰۰۰	۱.۱۶۶۶۴	۳۲،۶۵۹	۰.۶۴۸۲۷	۲۱،۱۷۲
۳	۲۸،۰۰۰	۱.۲۵۹۷	۳۵،۲۷۲	۰.۵۲۱۹۶	۱۸،۴۱۰
۴	۲۸،۰۰۰	۱.۳۶۰۴	۳۸،۰۹۱	۰.۴۲۰۲۵	۱۶،۰۰۷
۵	۲۸،۰۰۰	۱.۴۶۹۳	۴۱،۱۴۱	۰.۳۳۸۳۸	۱۳،۹۲۱
۶	۲۸،۰۰۰	۱.۵۸۶۸	۴۴،۴۳۰	۰.۲۷۲۴۴	۱۲،۱۰۵
		مجموع			-۱۴،۰۳۷

همانطور که در نکته ۱۲ گفته شد، ابتدا با استفاده از نرخ تورم که ٪۸ بود جریان های مالی را متورم نموده و فرآیند مالی متورم را پیدا کردیم. اما برای انجام محاسبات NPW_f (ارزش فعلی خالص بعد از اعمال تورم) از نرخ بهره متورم یا نرخ بهره بازار که ٪۲۴.۲ بدست آمد استفاده کردیم. بنابراین:

نکته: تفاوت فرآیند مالی ثابت و فرآیند مالی متورم تنها در نرخ تورم یا f است. پس از آن هرگونه محاسبات مربوط به جریان های مالی متورم باید با استفاده از نرخ بهره بازار یا i_f انجام شود نه نرخ دیگر.

[۲۵] مثال ۳-۱۵، ۴-۱۵ و ۶-۱۵ کتاب اقتصاد مهندسی، تالیف دکتر محمدمهدی اسکونژاد، چاپ بیست و هشتم

www.iedoc.ir

توجه کنید که قبل از اعمالِ تورم، NPW_r (ارزش فعلی خالص فرآیند مالی ثابت یا واقعی) برابر می شود با:

$$NPW_r = -120{,}000 + (40{,}000 - 12{,}000)(P/A, 15\%, 6) = -14{,}037 = NPW_f$$

نکته: در حالتی که از مالیات صرف نظر می شود، همواره ارزش فعلی خالص فرآیند مالی ثابت با ارزش فعلی خالص فرآیند مالی متورم برابر است زیرا:

$$(1+i_f)^n = (1+i)^n(1+f)^n \Rightarrow (P/F, i_f, n) = (P/F, i, n)\times(P/F, f, n)$$
$$\Rightarrow (P/F, i, n) = (F/P, f, n)\times(P/F, i_f, n)$$

درواقع اگر جریان مالی ثابت سال j ام را با CFj نشان دهیم داریم:

$$\left.\begin{aligned} NPW_r &= \sum CF_j\,(P, F, i, j) \\ NPW_f &= \sum CF_j\,(F, P, f, j)\,(P, F, i_f, j) \end{aligned}\right\} \Rightarrow NPW_r = NPW_f$$

(ب) مقدار استهلاک سالیانه بر اساس روش خط مستقیم برابر خواهد بود با:

$$D = \frac{P - SV}{n} = \frac{120{,}000 - 0}{6} = 20{,}000$$

جریان مالی ثابت سالیانه بعد از کسر مالیات (بدون تورم) بصورت زیر خواهد بود (گرچه در دنیای واقعی ابتدا تورم اعمال می شود سپس مالیات و چنین حالتی رایج نیست، اما تنها جهت انجام مقایسات تحلیلی محاسبه می شود):

$$CFAT = (GI - OC) - (GI - OC - D)TR$$
$$CFAT = (40{,}000 - 12{,}000) - (40{,}000 - 12{,}000 - 20{,}000)(0.4) = 24{,}800$$

بنابراین ارزش فعلی خالص بدون در نظر گرفتن تورم برابر است با:

$$NPW_r = -120{,}000 + 24{,}800(P/A, i = 15\%, 6) = -26{,}147$$

طبق نکات گفته شده در صورت وجود مالیات در تحلیل، ابتدا باید فرآیند مالی را متورم و سپس مالیات بندی کرد. یعنی فرآیند مالی قبل از مالیات یا CFBT باید متورم شده و بعد کسر مالیات روی آن صورت گیرد. CFBTِ متورم شده یا $CFBT_f$ یعنی جریان های مالی قبل از در نظر گرفتن مالیات متورم شوند یعنی همان فرآیند مالی متورم قسمت قبل می باشد. حال عملیات کسر مالیات را در جدول زیر انجام می دهیم:

سال	$CFBT_f$	D	TI_f	TX_f	$CFAT_f$
۰	-۱۲۰،۰۰۰	۰	۰	۰	-۱۲۰،۰۰۰
۱	۳۰،۲۴۰	۲۰،۰۰۰	۱۰،۲۴۰	۴،۰۹۶	۲۶،۱۴۴
۲	۳۲،۶۵۹	۲۰،۰۰۰	۱۲،۶۵۹	۵،۰۶۴	۲۷،۵۹۵
۳	۳۵،۲۷۲	۲۰،۰۰۰	۱۵،۲۷۲	۶،۱۰۹	۲۹،۱۶۳
۴	۳۸،۰۹۱	۲۰،۰۰۰	۱۸،۰۹۱	۷،۲۳۶	۳۰،۸۵۵
۵	۴۱،۱۴۱	۲۰،۰۰۰	۲۱،۱۴۱	۸،۴۵۶	۳۲،۶۸۵
۶	۴۴،۴۳۰	۲۰،۰۰۰	۲۴،۴۳۰	۹،۷۷۲	۳۲،۶۵۸
		NPW با نرخ i_f			۲۶،۵۰۲

حال جریان های مالی متورم شده بعد از مالیات را به جریان های مالی ثابت یا واقعی بعد از مالیات تبدیل می کنیم. در واقع تنزیل قیمت ها را با همان نرخ تورم f=۸٪ انجام می دهیم و سپس دوباره ارزش فعلی خالص را محاسبه می کنیم:

www.tedoc.ir

www.iedoc.ir

سال (k)	$CFAT_f$	(P/F, ۸٪, k)	$CFAT_r$	(P/F, ۱۵٪, k)	NPW
۰	-۱۲۰،۰۰۰	۱	-۱۲۰،۰۰۰	۱	-۱۲۰،۰۰۰
۱	۲۶،۱۴۴	۰.۹۲۵۹۳	۲۴،۲۰۸	۰.۸۶۹۷۵	۲۱،۰۵۰
۲	۲۷،۵۹۵	۰.۸۵۷۳۴	۲۳،۶۵۸	۰.۷۵۶۱۴	۱۷،۸۸۹
۳	۲۹،۱۶۳	۰.۷۹۳۸۳	۲۳،۱۵۰	۰.۶۵۷۵۲	۱۵،۲۲۲
۴	۳۰،۸۵۵	۰.۷۳۵۰۳	۲۲،۶۷۹	۰.۵۷۱۷۵	۱۲،۹۶۷
۵	۳۲،۶۸۵	۰.۶۸۰۵۹	۲۲،۲۴۵	۰.۴۹۷۱۸	۱۱،۰۶۰
۶	۳۲،۶۵۸	۰.۶۳۰۱۷	۲۱،۸۴۱	۰.۴۳۲۳۳	۹،۴۴۳
		مجموع			-۳۲،۳۶۹

مقدار ارزش فعلی نسبت به زمانی که تورم در نظر نگرفته شده بود کمتر و به واقعیت نزدیک‌تر شده است.

نکته: چون استهلاک متورم نمی شود، مقدار مالیات سالیانه نسبت به زمانی که تورم درنظر گرفته نمی شود بیشتر خواهد بود.

نکته: **بی ثباتی قیمت ها** به زمانی اطلاق می گردد که قیمت ها یا جریان های مالی هرکدام با نرخ تورم متفاوتی از نرخ تورم متوسط عمومی متورم می شوند. در حالت خاصی اگر این تغییر بر تنها برای درآمدها (دریافتی ها) و هزینه ها (پرداختی ها) متفاوت باشد، با توجه به این نکته که نرخ تورم متوسط عمومی نوعی میانگین وزنی همه افزایش قیمت‌هاست، می توان تغییرات NPW را نسبت به موقعی که ثبات وجود دارد بررسی نمود:

* اگر نرخ تورم درآمدها بزرگتر از نرخ تورم هزینه ها باشد، NPW افزایش خواهد یافت.
* اگر نرخ تورم درآمدها کوچکتر از نرخ تورم هزینه ها باشد، NPW کاهش خواهد یافت.

تست: قیمت اولیه یک ماشین ۶۰،۰۰۰ دلار می باشد. این ماشین برای ۵ سال استفاده خواهد شد که بعد از آن ارزش اسقاطی برابر با ۱۰،۰۰۰ دلار خواهد داشت. انتظار می رود هزینه های عملیاتی ماشین به طور متوسط ۲۰،۰۰۰ دلار به ازای هر سال باشد. اگر نرخ تورم ۴٪ سالیانه و حداقل نرخ جذب کننده شرکت ۲۰٪ سالیانه باشد، مقدار ارزش فعلی هزینه‌های این ماشین به کدامیک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟

(P/F, ۲۴.۸٪, ۵) = ۰.۳۳۰۳، (P/F, ۴٪, ۵) = ۰.۸۲۱۹، (P/F, ۲۰٪, ۵) =۰.۴۰۱۸

۱) ۱۰۱,۳۷۰ ۲) ۱۱۰،۷۰۰ ۳) ۱۲۵،۹۰۰ ۴) ۱۵۳،۴۲۰

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$i_f = 0.20 + 0.04 + (0.20)(0.04)$$
$$= 0.248 \text{ or } 24.8\%$$

درواقع باید از نرخ ۲۴.۸٪ برای محاسبه فاکتورهای مالی P/A و P/F استفاده کرد. اما مقدار فاکتور P/A در صورت مساله داده نشده است.

یادآوری: فاکتور P/A براحتی می تواند از طریق فاکتور P/F بدست آید،

www.tedoc.ir

$$(P/A, i, N) = \frac{1-(1+i)^{N}}{i(1+i)^{N}} = \frac{1-\frac{1}{(1+i)^{N}}}{i} = \frac{1-(1+i)^{-N}}{i} = \frac{1-(P/F, i, N)}{i}$$

بنابراین داریم،

$$(P/A,\ 24.8\%,\ 5) = \frac{1-0.3303}{0.248} = 2.7003$$

و ارزش فعلی هزینه ها برابر خواهد بود با:

$$P = 60{,}000 + 20{,}000(P/A, 24.8\%, 5) - 10{,}000(P/F, 24.8\%, 5)$$
$$= 60{,}000 + 20{,}000\,(2.7003) - 10{,}000(0.3303) = 110{,}703$$

تست: ماشینی که قیمت خرید آن ۵۰،۰۰۰ تومان است، شش سال عمر مفید با ارزش اسقاطی ۵،۰۰۰ دلار خواهد داشت. این ماشین در سال چهارم با هزینه ای معادل ۱۵،۰۰۰ دلار به روزآوری خواهد شد و هزینه های سالیانه عملیاتی آن برابر با ۳۰،۰۰۰ دلار خواهد بود. در نرخ تورم ٪۵ سالیانه و نرخ بهره واقعی ٪۱۰ سالیانه، ارزش فعلی ماشین به کدامیک از گزینه های زیر نزدیک‌تر است؟

(P/F, ۱۵.۵٪, ۶) = ۰.۴۲۱۲، (P/F, ۵٪, ۶) = ۰.۷۴۶۲، (P/F, ۱۰٪, ۶) =۰.۵۶۴۵

(P/F, ۱۵.۵٪, ۴) = ۰.۵۶۱۹، (P/F, ۵٪, ۴) = ۰.۸۲۲۷، (P/F, ۱۰٪, ۴) =۰.۶۸۳۰

۱) ۱۰۲،۶۰۳ ۲) ۱۲۹،۶۳۰ ۳) ۱۴۲،۷۲۰ ۴) ۱۶۸،۳۵۰

حل: گزینه ۴ صحیح است.

$$i_f = 0.10 + 0.05 + (0.10)(0.05) = 0.155 \text{ or } 15.5\%$$

$$P = 50{,}000 + 30{,}000\,\frac{1-(P/F, 15.5\%, 6)}{0.155} + 15{,}000\,(P/F, 15.5\%, 4) - 5{,}000\,(P/F, 15.5\%, 6)$$
$$= 168{,}346$$

مدل های اثر تورم در تحلیل اقتصادی بعد از مالیات

مدل I

* در این مدل تنها **درآمد ناخالص** تحت تأثیر تورم قرار دارد و اثر این تورم روی درآمد خالص بررسی می شود.
* در این مدل بعد از در نظر گرفتن تورم NPW کاهش می یابد. زیرا درآمد خالص با نرخ متغیر کمتری از نرخ تورم، در طول عمر مفید طرح افزایش یا کاهش خواهد یافت.
* این نرخ متغیر که با V نشان داده می شود تابعی از نرخ تورم، هزینه های عملیاتی و درآمد ناخالص متورم نشده است.

و اگر جریان مالی متورم بعد از کسر مالیات مربوط به دوره k ام را با $CFATf_k$ نشان دهیم از رابطه زیر بدست می آید:

www.iedoc.ir

$$V_k = \frac{CFATf_k}{CFATf_{k-1}} - 1 = \left[\frac{(GI-OC)(1+f)^k(1-TR)+D_k(TR)}{(GI-OC)(1+f)^{k-1}(1-TR)+D_{k-1}(TR)}\right] - 1$$

$$= f \times \left[\frac{(GI-OC)(1+f)^{k-1}(1-TR)+TR\left(\frac{D_k - D_{k-1}}{f}\right)}{(GI-OC)(1+f)^{k-1}(1-TR)+TR(D_{k-1})}\right]$$

کسر داخل کروشه می تواند کوچکتر، بزرگتر یا مساوی ۱ باشد. مثلا اگر شرایط زیر برقرار باشد بزرگتر از یک خواهد بود:

$$TR\left(\frac{D_k - D_{k-1}}{f}\right) > TR(D_{k-1}) \Rightarrow \frac{D_k - D_{k-1}}{f} > D_{k-1} \Rightarrow f < \frac{D_k}{D_{k-1}} - 1$$

در واقع سه حالت زیر رخ می دهد:

۱- اگر $f < \frac{D_k}{D_{k-1}} - 1$ آنگاه $V_k > f$ خواهد بود. در روش وجوه استهلاکی (SF) چنین است.

۲- اگر $f > \frac{D_k}{D_{k-1}} - 1$ آنگاه $V_k < f$ خواهد بود. در روش خط مستقیم (SL)، جمع ارقام سنوات (SYD) و مانده نزولی (DB) چنین است.

۳- اگر $f = \frac{D_k}{D_{k-1}} - 1$ آنگاه $V_k = f$ خواهد بود.

مدل II

* در این مدل تنها **درآمد خالص** تحت تأثیر تورم قرار دارد و اثر این تورم روی درآمد ناخالص بررسی می شود.
* در این مدل بعد از در نظر گرفتن تورم NPW ثابت می ماند.
* در واقع درآمد ناخالص باید با نرخی بیشتر از نرخ تورم متوسط عمومی افزایش یابد تا NPW ثابت نگه داشته شود، که این نرخ را با P نمایش می دهند و اگر درآمد ناخالص متورم بعد از کسر مالیات مربوط به دوره k ام را با GIf_k نشان دهیم از رابطه زیر بدست می آید:

$$P_k = \frac{GIf_k}{GIf_{k-1}} - 1 = \frac{(1+f)^k\left[GI_k(1-TR)+D_k(TR)\right]-D_k(TR)}{(1+f)^{k-1}\left[GI_{k-1}(1-TR)+D_{k-1}(TR)\right]-D_{k-1}(TR)} - 1$$

* اگر روش استهلاک خط مستقیم (SL) باشد داریم:

$$P_k = f + f\left(\frac{D}{GIf_{k-1}} \times \frac{TR}{1-TR}\right) \qquad \text{or} \qquad P_k = f + \frac{f}{n}\left(\frac{P\text{-}SV}{GIf_{k-1}} \times \frac{TR}{1-TR}\right)$$

و همواره در روش SL، $P_k \geq f$. یعنی انتخاب روش استهلاک خط مستقیم منجر به افزایش قیمت ها با نرخی بیش از نرخ تورم خواهد شد.

* اگر روش استهلاک جمع ارقام سنوات (SYD) یا مانده نزولی (DB) باشد، P_t می تواند بزرگتر، کوچکتر یا مساوی f باشد.

www.tedoc.ir

آنالیز حساسیت[۲۶]

* می دانیم پارامترهای متفاوتی در یک مسأله تحلیل اقتصاد مهندسی دخیل هستند. آنالیز حساسیت، تغییرات نتایج مسأله را زمانی که یکی یا چندتا از این پارامترها دچار تغییر می شوند بررسی می کند.
* معمولاً اگر پارامترهای اولیه تغییر نمایند ولی نتایج اولیه ثابت بمانند، برای سرمایه‌گذاران یا تصمیم گیرندگان حدودا مطلوب خواهد بود. ابتدا از طریق آنالیز حساسیت به مقدار تغییرات در متیج اولیه پی می برند و سپس اقدام به جلوگیری از این تغییرات می کنند.
* آنالیز حساسیت عبارتست از تکرار محاسبات یک فرآیند مالی با تغییر دادن پارامترهای اصلی و مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از اطلاعات اولیه.

حساسیت یک پروژه نسبت به یک یا چند پارامتر

* اگر تغییر کوچکی در یک پارامتر، منجر به تغییر چشمگیری در نتایج گردد، گفته می شود که طرح نسبت به آن پارامتر حساسیت دارد و آن یک پارامتر حساس است.

به عنوان مثال فرض کنید مقادیر ارزش فعلی یک پروژه با اعمال تغییراتی در پارامترهای هزینه پرسنلی (افزایش ٪۵ ای یا افزایش ٪۱۰ ای) و سطح تقاضا (کاهش یا افزایش ٪۱۰ ای) بصورت زیر است:

هزینه پرسنلی	سطح تقاضا		
	کاهش ٪۱۰ای	اطلاعات اصلی	افزایش ٪۱۰ای
اطلاعات اصلی	۲۵۰،۰۰۰	۳۰۰،۰۰۰	۴۲۰،۰۰۰
افزایش ٪۵ای	۲۵۵،۰۰۰	۳۱۰،۰۰۰	۴۴۰،۰۰۰
افزایش ٪۱۰ای	۲۶۵،۰۰۰	۳۲۵،۰۰۰	۴۶۵،۰۰۰

همانطور که می بینید تغییراتِ هزینه پرسنلی، تغییر قابل ملاحظه ای در مقدار ارزش فعلی ایجاد نکرده است اما تغییرات تقاضا به شدت ارزش فعلی را تغییر داده است. بنابراین این پروژه نسبت به پارامتر تقاضای خود حساسیت دارد.

* معمولا یک نمودار هندسی حساسیت که در آن می توان تغییرات ارزش فعلی (یا هر فاکتور اقتصاد مهندسی دیگری را) نسبت به تمامی پارامترهای پروژه مشاهده نمود رسم می شود.
* معمولا عمر مفید و درآمد سالیانه حساسترین عوامل ارزیابی پروژه هستند.

منحنی بی تفاوتی[۲۷] و نواحی پذیرش و رد

* منحنی بی تفاوتی مسیر ترکیباتی از پارامترهای پروژه را نشان می دهد که در آن NPW=۰ می باشد.

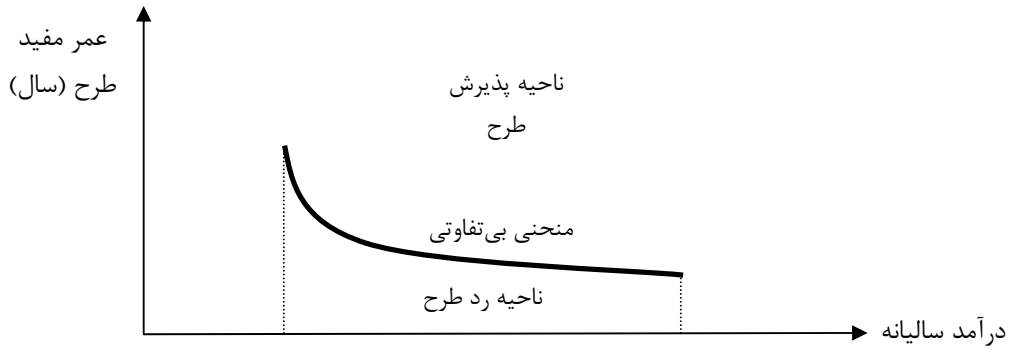
* منحنی بی تفاوتی رایجی که مورد بررسی قرار می گیرد، منحنی عمر-درآمد سالیانه می باشد که تغییرات این دو پارامتر نسبت به هم به صورت زیر می باشد:

---

[۲۶] -Sensitivity Analysis

[۲۷] -Isoquant Graph

www.iedoc.ir



درواقع رفتار عمر و درآمد سالیانه در جهت عکس یکدیگر می باشند. مثلا با کاهش عمر، درآمد سالیانه افزایش می یابد و برعکس.

* در منحنی عمر-درآمد سالیانه، ناحیه رد پروژه پایین منحنی و ناحیه پذیرش پروژه بالای منحنی می باشد و روی منحنی، شرایط بی تفاوتی وجود دارد.

آنالیز سناریوها[۲۸] یا روش سه تخمین

در این روش سه نوع تحلیل با با عنوان های زیر مورد بررسی قرار می گیرند:

۱- محتمل (M)[۲۹]: که در آن فرآیند مالی دارای جریان های مالی محتمل یا متوسط می باشند.

۲- خوشبینانه (O)[۳۰]: که در آن فرآیند مالی دارای جریان های مالی در بهترین شرایط هستند.

۳- بد بینانه (P)[۳۱]: که در آن فرآیند مالی دارای جریان های مالی در بدترین شرایط هستند.

* فرض می شود داده ها از توزیع بتا پیروی می کنند.

میانگین و واریانس تخمین‌ها

* زمانی که مقادیر تخمین های سه گانه به تنهایی نتوانند اقتصادی یا غیر اقتصادی بودن طرح را مشخص کنند، مقدار میانگین تخمین ها را برای فاکتور اقتصادی مورد نظر (NPW، NEUA یا ROR) بدست آورده و تحلیل را طبق آن انجام می دهیم.

* باتوجه به اینکه فرض می شود داده ها از توزیع بتا پیروی می کنند، اگر مقدار نتیجه بدست آمده (مثلاً NPW یا NEUA یا ROR) توسط تخمین محتمل، خوشبینانه و بد بینانه را به ترتیب M، O و P بنامیم داریم:

$$\text{میانگین تخمین ها} = \frac{O + 4M + P}{6}$$

---

[۲۸] -Scenario Analysis

[۲۹] -Mean

[۳۰] -Optimistic

[۳۱] Pessimistic

www.iedoc.ir

واریانس تخمین ها $= (\frac{O - P}{6})^2$

* مقدار تخمین زده شده توسط روش محتمل دارای بیشترین وزن در میانگین می باشد.

* اگر از روش NPW یا NEUA استفاده می کنیم و مقدار تخمین بدبینانه مثبت شود، طرح اقتصادی بوده و نیازی به محاسبه میانگین تخمین ها نیست.

* اگر از روش ROR استفاده می کنیم و مقدار تخمین بدبینانه از حداقل نرخ جذب کننده بزرگتر یا مساوی آن شد طرح اقتصادی بوده و نیازی به محاسبه میانگین تخمین ها نیست.

آنالیز نقطه سر به سری (BEP)[۳۲]

* زمانی که در حال مقایسه دو طرح هستیم و بدست آوردن یک یا چند عنصر هزینه ای (مانند هزینه سالیانه، ارزش فعلی خالص و غیره) مشکل است، آن پارامتر غیرقطعی را به صورتی تابعی از یک متغیر در نظر گرفته و مقدار آن متغیر را به گونه ای بدست می آوریم که به ازای آن دو طرح سر به سر شوند. البته این متغیر باید بین هر دو طرح مشترک باشند.

* پس از بدست آوردن BEP دو طرح در مقدار متغیر انتخاب شده، براحتی می توان متوجه شد که قبل از BEP یکی از طرح ها و بعد از آن طرح دیگری اقتصادی تر است.

* رسم نمودار برای انجام آنالیز BEP به خصوص در حالتِ مقایسه بین بیش از دو طرح بسیار کارا خواهد بود.

تست: درآمد سالیانه ساختمانی تجاری ۲۰،۰۰۰ دلار و هزینه های سالیانه آن ۲۰۰۰ دلار تخمین زده شده است. اگر بتوان امروز این ساختمان را به قیمت ۱۴۹،۰۰۰ دلار خرید، در ۱۰ سال آینده قیمتی که باید آن را فروخت تا در نرخ بهره ۱۰٪ برای ما به صرفه باشد چقدر است؟

$(P/A, ۱۰٪, ۱۰) = ۶.۱۴۴۵$ $(P/F, ۱۰٪, ۱۰) = ۰.۳۸۵۵$

۱) ۹۰،۰۰۰ ۲) ۸۰،۰۰۰ ۳) ۱۰۰،۰۰۰ ۴) ۹۵،۰۰۰

حل: گزینه ۳ صحیح است. نقطه سر به سر قیمت فروش در ۱۰ سال آینده را بصورت زیر محاسبه می کنیم،

$P = (A_{درآمدها} - A_{هزینه‌ها}) (P/A, i \%, n) + F_{فروش} (P/F, i \%, n)$

$۱۴۹،۰۰۰ = (۲۰،۰۰۰ - ۲،۰۰۰) (P/A, ۱۰٪, ۱۰) + F_{فروش} (P/F, ۱۰٪, ۱۰)$

$۱۴۹،۰۰۰ = ۱۸،۰۰۰(۶.۱۴۵) + F_{فروش} (.۳۸۵۵)$

$F_{فروش} = ۹۹،۵۸۵$

بنابراین حداقل قیمت فروش در ۱۰ سال آینده باید برابر با ۹۹،۵۸۵ و به ازای هر قیمت فروشی بزرگتر از این به صرفه خواهد بود.

---

[۳۲] -Break-Even Point (BEP) Analysis

www.iedoc.ir

تست: فردی تصمیم دارد یک سیستم انبار سوخت، که منجر به صرفه جویی تخمین زدهٔ ۶.۵ ریال بر گالن در هزینه‌های سوختی او خواهد شد، برای مزرعه اش نصب کند. هزینه اولیه این سیستم ۱۰،۰۰۰ تومان و هزینه های تعمیرات و نگهداری آن یک سری حسابی با مقدار آغازین ۲۵ تومان در سال دوم می باشد. پس از یک دوره ۱۰ ساله ارزش اسقاطی تخمینی برابر با ۳،۰۰۰ تومان می باشد. اگر پول ٪۱۲ ارزش داشته باشد، نقطه سر به سری مقدار سوخت به کدامیک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟ (A/P, ۱۲٪, ۱۰) = ۰.۱۷۶۹۸ ,(A/G, ۱۲٪, ۱۰)=۳.۵۸۴۶

۱) ۲۵,۹۸۰ ۲) ۳۰،۷۹۰ ۳) ۲۱،۵۶۰ ۴) ۳۴،۳۲۰

حل: گزینه ۱ صحیح است.

$$EAUC = (۱۰،۰۰۰ - ۳،۰۰۰)(A/P, ۱۲٪, ۱۰) + ۳،۰۰۰(.۱۲) + ۲۵(A/G, ۱۲\%, ۱۰) = ۱،۶۸۸.۶۳$$

$$EAUB = X(۰.۰۶۵) = X(۰.۰۶۵)$$

$$۰ = -۱،۶۸۸.۶۳ + X(۰.۰۶۵)$$

$$X = ۲۵،۹۷۹$$

تصمیم گیری در شرایط ریسک[۳۳]

* شرایط ریسک مربوط به زمانی است که می دانیم پارامترها در آینده تغییر خواهند کرد و احتمالات مربوط به تغییرات آن ها را نیز می دانیم.

* ریسک در سرمایه گذاری‌های بلندمدت مشهودتر است تا در سرمایه گذاری‌های کوتاه‌مدت.

* در واقع چون در شرایط ریسک از احتمالات استفاده می کنیم، تمامی اصول احتمالات نیز در طی انجام تحلیل برقرار است.

مثال: چرخه رولت[۳۴] دایره ای است که به چند قطاع (نه لزوما مساوی) تقسیم شده است. فرض کنید این بار آن را به ۳۸ قطاع مساوی تقسیم کرده ایم که از ۱۸ قطاع سیاه رنگ، ۱۸ قطاع قرمز رنگ و ۲ قطاع سبز رنگ تشکیل شده است. اگر بعد از یک بار چرخاندن چرخه رولت، روی رنگ سیاه بایستد، ۱۰۰ امتیاز مثبت و اگر روی رنگ دیگری بایستد ۱۰۰ امتیاز منفی خواهیم گرفت. مقدار مورد انتظار امتیاز پس از یک بار چرخاندن چرخه چقدر است؟

---

[۳۳] -Risk

[۳۴] -Roulette wheel

www.iedoc.ir

حل:

احتمال اینکه روی رنگ سیاه بایستد $= \frac{18}{38}$

مقدار مورد انتظار یا امید ریاضی $= 100\frac{18}{38} - 100\frac{20}{38} = -\frac{100}{19} \approx -5,26$

روش امید ریاضی (میانگین وزنی)

* امید ریاضی جریانات مالی، اثر ریسک را بر نتایج بالقوه به وسیله میانگین وزنی نشان می دهد، و به آن مقدار مورد انتظار نیز می گویند[۳۵].

* اگر احتمال مستقل وقوع پدیده i با P_i نمایش داده شود که $\sum P_i = 1$، و جریان مالی پدیده i ام برای پروژه j ام با CF_{ij} نمایش داده شود، امید ریاضی مربوط به آن پدیده برای پروژه j ام برابر خواهد بود با:

$$EV_j = \sum_i P_i \times CF_{ij}$$

* طرحی که امید ریاضی درآمدهای آن بیشتر از همه یا امید ریاضی هزینه های آن کمتر از همه باشد، اقتصادی ترین طرح است.

* هرنوع افزایش در زمان کل سرمایه گذاری یا کاهش اطمینان به درآمدها، باعث بیشتر شدن ریسک می گردد.

مثال: کشوری قصد دارد یک کارخانه تسهیلات تولید برق جدید تاسیس کند. دو گزینه موجود، کارخانه سوخت زغال سنگ (CB) و کارخانه انتشار گاز (GD) می باشند. ساخت کارخانه CB و GD به ترتیب هزینه ای معادل ۱۵۰ و ۳۰۰ تومان به ازای هر مگاوات در پی خواهد داشت. با توجه به عدم اطمینان موجود راجع به در دسترس بودن سوخت و تاثیرات آینده آب و هوا روی کیفیت، عمر مفید کارخانه نامشخص است ولی تخمین های احتمالی زیر راجع به آن موجود می باشد:

	احتمال	
عمر مفید (سال)	کارخانه CB	کارخانه GD
۱۰	.۱۰	.۰۵
۲۰	.۵۰	.۲۵
۳۰	.۳۰	.۵۰
۴۰	.۱۰	.۲۰

(الف) عمر مورد انتظار هر کارخانه را محاسبه کنید.

(ب) بر اساس نسبت هزینه ساخت به ازای هر مگاوات به عمر مورد انتظار، کدام کارخانه ترجیح داده می شود؟

---

[۳۵] -Expected Value (EV)

www.tedoc.ir

حل:

(الف) عمرهای مورد انتظار یا همان امید ریاضی عمرها برابر است با،

EV(CB) = .۱۰(۱۰) + .۵۰(۲۰) + .۳۰(۳۰) + .۱۰(۴۰) = ۲۴

EV(GD) = .۰۵(۱۰) + .۲۵(۲۰) + .۵۰(۳۰) + .۲۰(۴۰) = ۲۸.۵

(ب) نسبت های خواسته شده را محاسبه می کنیم:

CB : ۱۵۰/۲۴ = ۶.۲۵

GD : ۳۰۰/۲۸.۵ = ۱۰.۵۳

بنابراین کارخانه CB ترجیح داده می شود.

مثال: کارخانه چیپس سیب زمینی پالمر، باید تجهیزات جدید برای تولید خلال سیب زمینی خریداری کند. مهندس صنایع کارخانه تشخیص داده است که سه نوع مختلف از این تجهیزات ماشینی وجود دارد. اطلاعات مربوط به آنها در جداول زیر موجود است. انتظار می رود همه این ماشین ها ۶ سال عمر کنند. اگر حداقل نرخ جذب کننده این موسسه ۱۰٪ باشد، کدام ماشین باید انتخاب گردد؟

ماشین ۱

هزینه اولیه	۴۵،۰۰۰
هزینه های سالیانه	
p = .۲	۳،۰۰۰
p = .۷	۴،۵۰۰
p = .۱	۵،۵۰۰
ارزش اسقاطی	
p = .۷	۷،۵۰۰
p = .۳	۹،۵۰۰

ماشین ۲

هزینه اولیه	۵۲،۰۰۰
هزینه های سالیانه	
p = .۴	۵،۰۰۰
p = .۴	۶،۵۰۰
p = .۲	۸،۵۰۰
ارزش اسقاطی	
p = .۴	۵،۵۰۰
p = .۳	۷،۵۰۰
p = .۳	۸،۵۰۰

ماشین ۳

هزینه اولیه	۷۶،۰۰۰
هزینه های سالیانه	
p = .۳	۵،۰۰۰
p = .۵	۷،۵۰۰
p = .۲	۹،۵۰۰
ارزش اسقاطی	
p = .۶	۸،۵۰۰
p = .۴	۹،۰۰۰

www.iedoc.ir

حل:

محاسبه ارزش فعلی خالص مورد انتظارِ ماشین اول

ابتدا امید ریاضی هزینه های سالیانه و ارزش اسقاطی را محاسبه می کنیم، سپس در فرمول ارزش فعلی خالص جایگذاری می کنیم.

EV (هزینه‌های سالیانه) = .۲(۳۰۰۰) + .۷(۴۵۰۰) + .۱(۵۵۰۰) = ۴،۳۰۰

EV (ارزش اسقاطی) = .۷(۷۵۰۰) + .۳(۹۵۰۰) = ۸،۱۰۰

NPW_1 = -۴۵،۰۰۰ - ۴۳۰۰(P/A, ۱۰٪, ۶) + ۸۱۰۰(P/F, ۱۰٪, ۶) = -۵۹،۱۵۴

محاسبه ارزش فعلی خالص مورد انتظارِ ماشین دوم

E(هزینه‌های سالیانه) = ۶،۳۰۰

E(ارزش اسقاطی) = ۷،۰۰۰

NPW_2 = -۷۵،۴۸۵

محاسبه ارزش فعلی خالص مورد انتظارِ ماشین سوم

E(هزینه‌های سالیانه) = ۷،۱۵۰

E(ارزش اسقاطی) = ۸،۷۰۰

NPW_3 = -۱۰۲،۲۲۷

ماشین اول انتخاب می ود زیرا ارزش فعلی خالص مورد انتظار آن از بقیه ماشین ها کمتر است.

واریانس یا انحراف از معیار

* در شرایطی که امید ریاضی ها برابر باشند، باید واریانس یا انحراف از معیار طرح ها مورد بررسی قرار گیرد. درواقع هرچه انحراف از معیار کوچکتر باشد، ریسک کمتر بوده و پروژه اقتصادی تر است. به عبارت دیگر مقدار انحراف از معیار می تواند مقدار ریسک در نظر گرفته شود.

* واریانس و انحراف از معیار به ترتیب از فرمول های زیر بدست می آیند:

$$Var_j = \sum_i P_i\left(CF_{ij} - EV_j\right)$$

$$\sigma_j = \sqrt{Var_j}$$

* اگر توزیع بکار برده شده در تحلیل ریسک، نرمال باشد براحتی می توان با استفاده از فرمول متغیر نرمال استاندارد بر حسب میانگین و انحراف معیار توزیع، مقادیر احتمالات مهم را بدست آورد. مثلاً اگر متغیر اصلی ما NPW باشد که در اثر ریسک به متغیری تبدیل شده که از توزیع نرمال با میانگین μ و واریانس σ^2 پیروی می کند، آنگاه احتمال اینکه NPW از مقدار مشخصی مثلا به اندازه x کوچکتر شود برابر است با:

$$P(NPW < x) = P\left(\frac{NPW - \mu}{\sigma} < \frac{x - \mu}{\sigma}\right) = P\left(Z < \frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$

که Z متغیر استاندارد نرمال می باشد و با استفاده از جدول استاندارد نرمال می توان مقدار احتمال فوق را بدست آورد.

www.iedoc.ir

مثال: به کارخانه ای یک ماشین جدید با اطلاعات ارزش فعلی خالص زیر پیشنهاد شده است. ریسک مربوط به این پیشنهاد را محاسبه نمائید.

احتمال	NPW
.۱۵	۳۴،۵۶۰
.۲۵	۳۸،۷۶۰
.۴۰	۴۲،۷۹۰
.۲۰	۵۲،۳۳۰

حل:

$$EV(NPW) = .15(34,560) + .25(38,760) + .40(42,790) + .20(52,330) = 42,456$$

$$EV(NPW^2) = .15(34,560^2) + .25(38,760^2) + .40(42,790^2) + .20(52,330^2) = 1,834,822,860$$

$$\sigma = \sqrt{EV(NPW^2) - EV(NPW)^2} = \sqrt{1,834,822,860 - 42,456^2} = 5,684$$

مثال: فرودگاهی قصد دارد در مزایده یک مسیر هوایی جدید به آسیا شرکت کند. انتظار می رود این مسیر قیمت بسیار زیادی داشته باشد. عدم اطمینان در تمامی پارامترهای مربوط به این سرمایه گذاری وجود دارد. برنده مزایده می تواند قبل از مزایده بعدی تا ۵ سال از این مسیر استفاده کند. اطلاعات مربوط به هزینه های محتمل در جدول زیر آمده است. اگر MARR=۸٪، ریسک مربوط به این مسیر هوایی را مشخص کنید.

	P=.۱۵	P=.۴۵	P=.۳۰	P=.۱۰
هزینه مزایده (هزینه اولیه)	۱۱،۵۰۰،۰۰۰	۲۲،۲۵۰،۰۰۰	۲۷،۵۰۰،۰۰۰	۳۸،۲۵۰،۰۰۰
هزینه خالص سالیانه	۳،۰۰۰،۰۰۰	۵،۷۰۰،۰۰۰	۷،۰۰۰،۰۰۰	۹،۶۰۰،۰۰۰

حل:

$$P=.15 \Rightarrow NPW = -11,500,000 + 3,000,000(P/A, 8\%, 5) = 479,000$$

$$P=.45 \Rightarrow NPW = -22,250,000 + 5,700,000(P/A, 8\%, 5) = 510,100$$

$$P=.30 \Rightarrow NPW = -27,500,000 + 7,000,000(P/A, 8\%, 5) = 451,000$$

$$P=.10 \Rightarrow NPW = -38,250,000 + 9,600,000(P/A, 8\%, 5) = 82,800$$

$$EV(NPW) = .15(479,000) + .45(510,100) + .30(451,000) + .10(82,800) = 444,975$$

$$EV(NPW^2) = .15(479,000^2) + .45(510,100^2) + .30(451,000^2) + .10(82,800^2)$$

$$= 213,212,938,500$$

$$\sigma = \sqrt{213,212,938,500 - 444,975^2} = 123,330$$

ریسک بصورت تابعی از زمان

* اطمینان به تخمین های چندین سال بعد کمتر از اطمینان به تخمین های آینده نزدیک است.

www.iedoc.ir

* انحراف استاندارد با زمان افزایش می یابد. اگر σ انحراف استاندارد اولیه باشد n تعداد سالهای برنامه ریزی، افزایش در انحراف استاندارد به صورت $\sigma\sqrt{n}$ خواهد بود.

ضریب تغییرات (CV)[۳۶]

* اگر میزان سرمایه گذاری های اولیه طرحها متفاوت باشد، تصمیم گیری بر اساس انحراف معیار استاندارد ممکن است اشتباه باشد.

* برای حل این مشکل، در چنین شرایطی به جای انحراف معیار استاندارد از ضریب تغییرات یا CV استفاده می شود که فرمول آن برای پروژه j ام به شکل زیر خواهد بود:

$$CV_j = \frac{\sigma_j}{EV_j}$$

* هرچه ضریب تغییرات یک پروژه کوچکتر باشد، آن پروژه اقتصادی تر است.

تجزیه و تحلیل همبستگی[۳۷] در مسأله توزیع سرمایه

* ارتباط بین فرآیند مالی یک پروژه با فرآیند مالی ناشی از سایر سرمایه گذاری ها، بوسیله تجزیه و تحلیل همبستگی اندازه گیری می شود.

* ضریب همبستگی $r = +1$ به معنی تطابق کامل فرآیند مالی پروژه بر اساس الگوی فرآیند مالی کل و ضریب همبستگی $r = -1$ خلاف این را میرساند.

* در کل با فرض اینکه سرمایه گذاری می تواند به یک پروژه تخصیص یابد:
۱- طرحی که دارای همبستگی منفی با سایر فرآیندهای مالی باشد، به فرآیند مالی کلی ترجیح داده می‌شود. ریسک با هموارسازی ترقی و تنزلها از طریق معکوس کردن، کاهش می یابد.
۲- طرحهای ناهمبسته ($r = ۰$) به طرحهایی که فرآیند مالی آنها دارای همبستگی مثبت با سایر فرآیندهای مالی است، ترجیح داده می شوند.
۳- هرچه روند فرآیند مالی پروژه به فرآیند مالی کل نزدیکتر باشد، ریسک کمتر کاهش می یابد. پروژه ای که همبستگی مثبت و کامل ($r = ۱$) دارد به معکوس شدن فرآیند مالی کمکی نمی کند، لذا مشارکتی در کاهش ریسک ندارد.

* هدف از در نظر گرفتن همبستگی فرآیندهای مالی، امتیاز دادن به طرحهایی است که ترقی و تنزلهای فصلی و سیکلی را کاهش می دهند.

---

[۳۶] -Coefficient of Variation

[۳۷] -Correlation Analysis

www.iedoc.ir

مراجع

۱. Chan S. Park, ***Fundamentals of Engineering Economics***, Prentice-Hall, ۲۰۰۴

۲. Engineering Economics Exercises, Oxford University Press

۳. Mc-Graw Hill Online Center, Engineering Economics

۴. دکتر محمدمهدی اسکونژاد، ***اقتصاد مهندسی؛ ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی***، چاپ بیست و هشتم، انتشارات صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، ۱۳۸۶

۵. دکتر حمیدرضا گل‌مکانی، ***اقتصاد مهندسی***، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (واحد تفرش)، ۱۳۸۷

www.iedoc.ir