دانشگاه صنعتی امیرکبیر

اقتصاد مهندسی

ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی

چاپ هفتم ، باویرایش وتجدیدنظر

تالیف

دکترمحمدمهدی اسکوئزاد

کتابخانه مرکزی آموزش عالی
دجاء

اقتصاد مهندسی
یا
ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی

تألیف: دکتر محمدمهدی اسکونژاد

استادیار دانشکده مهندسی صنایع
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چاپ هفتم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب : اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی
تألیف : دکتر محمدمهدی اسکونژاد
ناشر : مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر
چاپ هفتم : باتجدیدنظر، تابستان ۱۳۷۵
لیتوگرافی، چاپ و صحافی : مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر
تیراژ : ۵۰۰۰ نسخه
قیمت : ۱۱۰۰ تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

مقدمه مولف بر چاپ هفتم

چاپ اول این کتاب، بعنوان اولین کتاب اقتصاد مهندسی به زبان فارسی، در اردیبهشت ماه ۱۳۶۸ منتشر شد. علاقه و استقبال دانش‌پژوهان، کارشناسان، مهندسین و مدیران صنایع از کتاب حاضر منجر به انتشار چاپ‌های دوم تا ششم کتاب از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۴ گردید.

به منظور این تجدید چاپ، آخرین تغییرات علمی و تصحیحات لازم با توجه به موارد زیر تهیه و به نظم درآمد:

۱ـ تدریس مطالب کتاب برای دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد و مسئولین صنعتی و تولیدی کشور

۲ـ انتقادات پرارج دانشجویان، مدیران صنایع، مهندسین مشاور و کارشناسان

۳ـ نیاز روزافزون دانشجویان دانشگاهها در رشته‌های مختلف صنعتی به کتاب اقتصاد مهندسی

۴ـ مشخص شدن نقاط ضعف کتاب در اثر تدریس آن

۵ـ اضافه نمودن نکات علمی جدید، همراه با ویراستاری جدید.

این کتاب شامل چهار بخش و شانزده فصل بنحوی تالیف شده است که به کلیه سوالات مربوط به ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها چه تحت شرایط اطمینان و چه تحت شرایط عدم اطمینان پاسخ گوید. با کاربرد تکنیکهای اقتصاد مهندسی مهمترین تصمیم‌های فنی و اقتصادی شامل انتخاب محصول، انتخاب روش تولید و ارزیابی نوع تکنولوژی، تعیین ظرفیت اقتصادی، انتخاب محل ایجاد واحد صنعتی، انتخاب نوع ماشین‌آلات و تجهیزات، انتخاب شیوه حمل و نقل و مقایسه چند طرح صنعتی و... را

سطوح کارشناسی و کارشناسی ارشد و همچنین مدیران تولیدی و صنعتی توصیه می‌شود.

در پایان از همکاری مسئولین محترم مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر در ویراستاری، حروفچینی جدید و تجدید چاپ کتاب سپاسگزاری و قدردانی می‌شود. همچنین از همکاری آقای **سعید مخبری** که در مراحل بازنگری و تجدید چاپ زحمات بسیاری را متقبل شدند صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری می‌شود.

محمدمهدی اسکونژاد

خردادماه ۱۳۷۵

فهرست

بخش اول: مفاهیم اساسی اقتصاد مهندسی

فصل اول: مقدمه ۳
شناسایی یک موضوع قابل بررسی ۳
بررسی سیستم‌های تحلیل ۳
ارائه راه‌حل‌ها ۵
اهمیت ارزیابی در تحلیل‌های اقتصادی ۵
تعریف اقتصاد مهندسی ۶
تاریخچهٔ اقتصاد مهندسی ۸
تصمیم و تصمیم‌گیری ۹
ماهیت تصمیم ۹
معادلهٔ تصمیم ۱۰
انواع تصمیم‌گیری: ۱۱
تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان ۱۱
تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان ۱۲
تصمیم‌گیری در شرایط تعارض ۱۳
فصل دوم: اصول پایه‌ای در اقتصاد مهندسی ۱۵
بهره ۱۶
ارزش زمانی پول ۱۷
تعادل ۱۹
نرخ بازگشت سرمایه ۲۰
حداقل نرخ جذب‌کننده ۲۰
پارامترها و شکل فرآیند مالی ۲۱
مسائل ۲۵

فصل سوم: معرفی و کاربرد فاکتورها ۲۷
روابط بین P و F ۲۷
روابط بین P و A ۲۸
روابط بین F و A ۳۱
جدول فاکتورها ۳۲
درون‌یابی خطی ۳۳
محاسبات ارزشی فعلی، ارزش آینده و پرداخت مساوی ۳۶
مسائل ۵۰
فصل چهارم: حالتهای مخصوص فرآیند مالی ۵۵
شیب یکنواخت ۵۵
رابطه بین G و P ۵۶
رابطه بین G و A ۵۹
شیب یکنواخت کاهشی ۶۳
سری هندسی ۶۷
مسائل ۷۱
فصل پنجم: نرخهای اسمی و موثر ۷۷
مرکب شدن پیوسته ۸۳
مسائل ۸۷
بخش دوم: تکنیکهای اقتصاد مهندسی و کاربرد آنها ۹۰
فصل ششم: روش ارزش فعلی ۹۱
حالت اول: عمر پروژه‌ها برابرند ۹۲
حالت دوم: عمر پروژه‌ها نابرابرند ۹۴
حالت سوم: عمر پروژه‌ها نامحدودند ۹۷
مسائل ۱۰۲
فصل هفتم: روش یکنواخت سالیانه ۱۰۷

طریقه اول: محاسبه هزینه سالیانه ۱۰۷
طریقه دوم: محاسبه هزینه سالیانه ۱۰۹
طریقه سوم: محاسبه هزینه سالیانه ۱۰۹
مقایسه چند پروژه از طریق هزینه سالیانه ۱۱۲
مسائل ۱۱۶
فصل هشتم: روش نرخ بازگشت سرمایه ۱۱۹
محاسبه نرخ بازگشت سرمایه ۱۱۹
محاسبه نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از روش ارزش فعلی ۱۲۰
محاسبه نرخ بازگشت‌سرمایه‌با استفاده ازروش‌یکنواخت‌سالیانه ۱۲۲
مقایسه اقتصادی چند پروژه با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه ۱۲۳
تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی ۱۲۴
روش ترسیمی ۱۲۵
روش محاسباتی ۱۳۶
مشکلات محاسبه نرخ بازگشت سرمایه ۱۴۴
تبدیل فرآیند مالی به یک معادله ریاضی ۱۴۷
قانون تغییر علامت در فرآیند مالی ۱۴۸
مشکلات وجود چند نرخ بازگشت سرمایه ۱۵۰
نرخ بازگشت سرمایه خارجی ۱۵۳
مقایسه چند پروژه تحت شرایط نامشخص بودن MARR ۱۵۵
مسائل ۱۶۱
فصل نهم: روش نسبت منافع به مخارج ۱۶۷
مسائل ۱۷۶
فصل دهم: تکنیکهای دیگر اقتصاد مهندسی ۱۷۹
روش دورهٔ بازگشت سرمایه ۱۷۹

روش تجزیه و تحلیل عمر خدمت ۱۸۴
روش ارزش آینده ۱۸۷
مسائل ۱۹۰
بخش سوم: تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات ۱۹۴
فصل یازدهم: استهلاک ۱۹۵
تعریف استهلاک ۱۹۵
دلایل وجود استهلاک ۱۹۶
ارزش دفتری ۱۹۷
روشهای محاسبه استهلاک: ۱۹۷
۱ـ روش خط مستقیم ۱۹۷
۲ـ روش جمع ارقام سنوات ۲۰۰
۳ـ روش موجودی نزولی ۲۰۳
تغییر روش موجودی نزولی به روش خطی: ۲۰۵
الف ـ ارزش دفتری درسال آخرکوچکتر ازارزش اسقاطی است ۲۰۵
ب ـ ارزش دفتری در سال آخر بزرگتر از ارزش اسقاطی است ۲۱۰
۴ـ روش وجوه استهلاکی ۲۱۶
۵ـ روش تعداد تولید ۲۱۷
۶ـ روش مدت عملیات ۲۱۹
انتخاب روش استهلاک ۲۱۹
مسائل فصل یازدهم ۲۲۱
فصل دوازدهم: تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات ۲۲۶
مقدمه ۲۲۶
محاسبه درآمد خالص یا فرآیند مالی بعد از کسر مالیات ۲۲۶
مقایسه اقتصادی پروژه‌ها بعد از کسر مالیات ۲۲۹
نقش مالیات در بررسیهای اقتصادی ۲۳۰

اثر روشهای استهلاک در بررسیهای اقتصادی ۲۳۲
صرفه‌جوئی مالیاتی: ۲۳۵
۱-روش استهلاک خط مستقیم ۲۳۶
۲-روش جمع ارقام سنوات ۲۳۶
۳-روش موجودی نزولی ۲۳۷
اثر تامین قسمتی از هزینه اولیه از موسسات مالی در بررسیهای اقتصادی ۲۳۷
مسائل ۲۴۱
فصل سیزدهم: تجزیه و تحلیل جایگزینی (تعویض) ۲۴۷
مقدمه ۲۴۷
مفهوم دو کلمه «مدافع» و «رقیب» ۲۴۷
تفکیک هزینه‌ها ۲۴۸
تعیین عمر اقتصادی ۲۴۸
چگونگی تحلیل تعویض با توجه به افق برنامه‌ریزی (دوره مطالعه) ۲۵۲
عمر باقیماندهٔ مدافع با عمر مفید رقیب برابر است ۲۵۳
عمر مفید رقیب بیشتر از عمر باقیماندهٔ مدافع است ۲۵۹
نگاهی دقیق‌تر به رقیب ۲۶۳
مطلوبیت کوتاه‌تر کردن عمر رقیب ۲۶۸
ارزش تعویض مدافع ۲۷۰
مسائل ۲۷۲
فصل چهاردهم: آنالیز حساسیت ۲۸۱
بررسی حساسیت یک پروژه ۲۸۳
منحنی بی‌تفاوتی ۲۸۵
نواحی پذیرش و رد پروژه ۲۸۶
حدود تخمین ۲۸۹

میانگین و واریانس تخمین ۲۸۹
محاسبهٔ نقطه سربه‌سر بین طرحها ۲۹۴
نقطه سربه‌سر بین سه یا تعداد بیشتری از طرحها ۳۰۰
مسائل ۳۰۵
فصل پانزدهم: تورم ۳۱۱
مقدمه ۳۱۱
اندازه‌گیری نرخ تورم ۳۱۱
۱ـ شاخص قیمت مصرف‌کننده ۳۱۲
۲ـ شاخص قیمت عمده‌فروشی ۳۱۲
۳ـ شاخص قیمت مطلق ۳۱۲
اثر تورم در بررسیهای اقتصادی ۳۱۳
محاسبهٔ نرخ ظاهری (i_f) ۳۱۴
مقایسه مقدار ثابت قبل از کسر مالیات ۳۱۵
مقایسه فرآیند مالی متورم شده ـ بعد از کسر مالیات ۳۱۸
هزینه‌های شامل نشده در تحلیل بعد از کسر مالیات ۳۱۸
بی‌ثباتی قیمت در تحلیل بعد از کسر مالیات ۳۲۳
مقایسه بعد از کسر مالیات با فرآیند مالی اصلاح شده ۳۲۸
تصمیم‌گیری در مورد زمان و چگونگی در نظر گرفتن تورم ۳۳۰
اثرات تورم در بررسیهای اقتصادی بعد از مالیات ۳۳۱
تاثیر تورم بر ارزش فعلی خالص (NPW) ۳۳۲
الف ـ اثبات اینکه NPW در زمان تورم کاهش می‌یابد. ۳۳۲
ب ـ اثبات اینکه NPW می‌تواند در زمان تورم ثابت نگهداشته شود. ۳۳۳
مدل I ـ اثر تورم بر درآمد خالص ۳۳۴
مدل II ـ اثر تورم بر درآمد ناخالص ۳۳۵

روش استهلاک خط مستقیم ۳۳۷
روش جمع ارقام سنوات ۳۳۸
روش استهلاک موجودی نزولی دوبل ۳۳۸
مثالی از کاربرد مدلهای I و II ۳۳۹
مسائل ۳۵۶
بخش چهارم: تجزیه و تحلیل اقتصادی در شرایط عدم اطمینان ۳۶۲
فصل شانزدهم: تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم اطمینان ۳۶۳
مقدمه ۳۶۳
واردکردن ریسک در مطالعات اقتصادی ۳۶۳
۱ـ تعریف مساله ۳۶۴
۲ـ جمع آوری اطلاعات ۳۶۴
۳ـ فرموله کردن مساله ۳۶۵
۴ـ ارزیابی مساله ۳۶۶
اصول احتمالات ۳۶۶
امید ریاضی ۳۶۸
جدول پرداخت ۳۶۸
روش درخت تصمیم در ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری ۳۷۵
حالت غیراحتمالی ۳۷۵
الف ـ محاسبات بدون درنظرگرفتن ارزش زمانی پول ۳۷۶
ب ـ محاسبات با درنظرگرفتن ارزش زمانی پول ۳۷۶
حالت احتمالی ۳۷۷
روش بیز ۳۷۹
ریسک در آنالیز مالی ۳۸۵
توزیع و واریانس ۳۸۶
روابط ریسک مالی ۳۸۹

۱ـ زمان ریسک ۳۸۹
۲ـ ضریب تغییرات ۳۹۱
۳ـ سیاست توزیع سرمایه ۳۹۱
ریسک در فرآیند مالی تجمعی ۳۹۴
استفاده از روابط آماری ۳۹۷
شبیه‌سازی ۳۹۹
شبیه‌سازی مونت‌کارلو ۴۰۰
شبیه‌سازی فرآیند مالی ۴۰۱
سابروتین‌های تولید اعداد و متغیرهای تصادفی: ۴۰۶
الف ـ در مورد چند توزیع پیوسته (متصل) ۴۰۷
ب ـ در مورد چند توزیع گسسته (منفصل) ۴۰۸
مسائل ۴۱۳
ضمیمه یک: جدول فاکتورها
ضمیمه دو: جدول نرمال
فهرست منابع و مآخذ

بخش اول

مفاهیم اساسی اقتصاد مهندسی

فصل اول : مقدمه

فصل دوم : اصول پایه‌ای در اقتصاد مهندسی

فصل سوم : معرفی و کاربرد فاکتورها

فصل چهارم : حالتهای مخصوص فرآیند مالی

فصل پنجم : نرخهای اسمی و موثر

فصل اول

مقدمه

تحلیل اقتصادی پروژه، تکنیکهای مقایسه و تصمیم‌گیری و انتخاب از میان راه‌حلها، براساس شرایط مطلوب پولی یا اقتصادی را شامل می‌شود. به همان میزان که تکنولوژی صنعتی افزایش می‌یابد، تصمیم‌گیری اقتصادی نیز مشکل‌تر و حساس‌تر می‌شود. مجموعاً استفاده از این تکنیکها دارای اهمیت اساسی هستند، زیرا میزان سود یا ضرر حاصل از کیفیت راه‌حل خاص انتخاب شده، بستگی به استفادهٔ بجا از این تکنیکها دارد.

شناسایی یک موضوع قابل بررسی

نقطهٔ شروع در هر تلاش آگاهانه برای تصمیم‌گیری منطقی، شناخت موضوع، مشکل یا نارسایی و جوانب موجود می‌باشد. در شرایط خاص، شناسایی موضوع آسان است، مثلاً یک دستگاه خراب یا دستگاهی با قابلیت تولید نسبتاً ناکافی، به راحتی سبب شناسایی مشکل می‌شود. اما معمولاً مشکلات با وجود اهمیتی که در کاهش یا ایجاد مشکلات آینده دارند، بدون تحقیق و تدبّر قابل تشخیص نیستند. در حالیکه آگاهی از موضوع یا مشکل سبب حل یا تغییر آن در جهت سودرسانی می‌شود.

بررسی سیستم‌های تحلیل

سیستم‌های تحلیل، دسته‌ای از مراحل مربوط به هم می‌باشند که نتایج اصلی طرح و مدیریت را بررسی کرده و چگونگی همکاری افراد، پول و مواد را برای رسیدن به اهداف بزرگتر مشخص می‌نمایند.

این سیستم‌ها ضمن اینکه بررسی اهداف مناسب و مقایسه برحسب کمیت را شامل

می‌شوند، در بعضی موارد اثرات و خطرات هزینه‌ساز را همراه با تدابیر و راه حلهای استراتژیک به منظور حصول آن اهداف و نیز فرمول‌بندی راه‌حل‌ها در صورت نیاز به آن آزموده‌ها را دربرمی‌گیرند.

سیستم‌های تحلیل از طرق مختلف در پی بدست آوردن شیوهٔ برخورد با مشکلات می‌باشند که عبارتند از کشف علمی و اصولی اهداف، راه حل‌ها، فرضیات، موازین و خطراتی که در کل بعنوان یک سیستم جامع محسوب می‌شوند. این نحوه تحلیل، مناسبات مشترکی که تشکیل دهندهٔ یک سیستم می‌باشند را آشکار می‌نماید. دامنهٔ وسعت تعریف یک سیستم به اندازه‌ای است که شخص می‌تواند آن را به یک اداره، یک سازمان (در مفهوم کلی آن)، یک اقتصاد ملی و در کل به جهان اطلاق نماید. سیستم‌های تحلیل در اصل، استفاده از مفاهیم اقتصادی بسیار ظریف و قدیمی و راه حل تعیین شده برای مشکلات را شامل می‌شوند که عموماً دربرگیرندهٔ استفاده از بعضی ابزارهای تحلیلی هستند، مانند: مفاهیم جانبی تحلیل و تکنیکهای بهینه‌سازی برای تعیین راه‌حل‌های برتر، کاربردپذیری و تصمیم‌گیری تئوری برای مشخص کردن و تعریف موقعیت‌های کاملاً مطلوب و میزان کارآیی تحلیل برای بررسی و تحقیق اعتبار و درستی نتایج. یک سیستم تحلیل کارآمد، چه با تکنیکهای پیچیده سطح بالا و چه در سطوح معمولی، سیستمی است که به دقت، نتایج مهم بحث و راه‌حل‌ها را شناسایی می‌کند و هزینه‌ها و سودهای مختلف هر طرح را به شیوه‌ای مستدل برای افراد مسئول در جهت آخرین تصمیم‌گیری‌ها شرح می‌دهد.

پنج محور اصلی در یک سیستم تحلیل به شرح زیر می‌باشند: ۱ـ شرح اهداف ۲ـ فرمول‌بندی معیارهای تأثیرپذیر ۳ـ ارائه راه‌حل‌ها ۴ـ ارزیابی راه‌حل‌ها ۵ـ انتخاب راه‌حل‌ها.

نکات پوشیده‌ای در چگونگی استفاده از سیستم‌های تحلیل وجود دارد. با افزایش میزان وسعت یا عرصهٔ عمل سیستم، تعداد فاکتورهای متغیر یا پارامترها افزایش می‌یابند، از اینرو تشخیص محدوده سیستم حائز اهمیت است. گسترش دامنهٔ سیستم‌های تحلیل همراه با دید اجرائی نسبت به پروژه برای دستیابی به برآوردها و

ارزیابی‌ها، در بسیاری از شرایط که بدون تردید به آسانی قابل تقلیل نمی‌باشند (و در راه‌حل‌ها نقش اساسی دارند) در تصمیم‌گیری ضروری است.

ارائه راه‌حل‌ها

ضرورت نیاز به ابتکار و خلاقیت در ارائه راه‌حل‌ها انکارناپذیر می‌باشد، چنانچه نقیصهٔ مشترک بسیاری از تحلیل‌ها فقدان ابتکار است. در تأیید مطلب فوق می‌توان گفت، موضوع انتخاب یک راه‌حل شایسته، تنها انتخاب یک راه‌حل از میان دو یا تعداد بیشتری از راه‌حل‌ها نیست، بلکه راه‌حل انتخابی در مقایسه با سایر راه‌حل‌های شناخته شده باید بهینه باشد. تحقیق و بررسی عمیق جهت شناخت مشکلات، ضروری است. جستجو برای یافتن راه‌حل‌های ممکن، دربرگیرندهٔ دو نوع وظیفه می‌باشد: شرح رده‌ها یا شرح تفاوت راه‌حل‌ها بطور عملی، و شرح اختلافات چشمگیر تفاوت راه‌حل‌ها برای هر رده خاص در عمل. برای مثال مشکل فضای یک کارخانهٔ شلوغ شاید با اجرای رده‌های مختلفی از راه‌حل‌ها کاهش یابد. مواردی مانند: ساخت فضای بیشتر، اجارهٔ فضای وسیع‌تر، بازسازی فضای موجود، مقاطعه‌کاری فرعی، کاهش خط تولید، افزایش سرعت کار و غیره؛ همراه با هر یک از این رده‌های انتخابی، اختلافات و دگرگونیهایی نیز در نظر گرفته می‌شوند. تحلیل‌گر با شناسایی، شرح و توضیح اهداف و مشکلات می‌تواند منافع بسیاری را برای یک سازمان به ارمغان آورد. چنین بررسیهایی از جانب تحلیل‌گر انجام می‌شود و بکارگیری راه‌حل‌های رده‌های قابل اجرا را آسان می‌سازد. چنانچه راه‌حل‌های مختلف در هر رده، با قضاوتی صحیح برای تحلیل انتخاب شوند، هیچ راه‌حل برتر و با اهمیتی از قلم نمی‌افتد.

اهمیت ارزیابی در تحلیل‌های اقتصادی

از آنجا که تحلیل‌های اقتصادی برای دستیابی به راه‌حل یا راه‌حل‌هایی که در آینده مورد استفاده قرار می‌گیرند بکار می‌روند، طبیعتاً مبتنی بر ارزیابی‌های وقایعی هستند که در آینده اتفاق می‌افتند. مشکل‌ترین بخش از یک تحلیل اقتصادی، ارزیابی کمیت‌های

مرتبط با آینده می‌باشد. ارزیابی‌ها، بیشتر مبتنی بر نتایج گذشته بوده و بهترین و معمول‌ترین منبع اطلاعات در مورد نتایج گذشته، اطلاعات مربوط به گذشتهٔ تشکیلات اقتصادی است. بررسی سوابق، به جهت حصول ارزیابی‌های مثمرثمر و پرارزش، می‌بایست مکرراً در مورد سوابق آماری اقتصادی و مهندسی، با قضاوت صحیح و تحلیل معقول اجرا شود.

تعریف اقتصاد مهندسی

اقتصاد مهندسی عبارت است از مجموعه‌ای از تکنیکهای ریاضی، برای ساده‌کردن مقایسه اقتصادی پروژه‌های صنعتی و یا به عبارت ساده‌تر، اقتصاد مهندسی ابزار تصمیم‌گیری برای انتخاب اقتصادی‌ترینِ پروژه‌هاست.

مهندسین، طراحان و مجریان هستند. وظایف آنها مدیریت، تصمیم‌گیری و حل مسائل جهت دست‌یابی به اهداف سازمان می‌باشد. اقتصاد مهندسی در تمام فعالیت‌های ذکر شده برای مهندسین نقش اساسی دارد، زیرا کلیه فعالیتهای صنعتی باید مورد تجزیه و تحلیل اقتصادی قرار گیرند.

یک متخصص اقتصاد مهندسی با بهره‌گیری از علوم مهندسی و اقتصاد، باید برترین پروژه را با توجه به محدودیت منابع شناسائی کند. امروزه سؤالات بسیاری از طرف مهندسین مطرح است:

- آیا ماشینی که در حال کار است باید با یک ماشین جدید تعویض شود؟
- با توجه به محدودیت سرمایه، در کدامیک از پروژه‌ها باید سرمایه‌گذاری انجام گیرد؟
- آیا بهتر نیست سرمایه‌گذاری در پروژه‌هایی صورت گیرد که احتمال خطر کمتری برای سرمایه‌گذار دارد؟
- بررسیهای اقتصادی پروژه‌هایی که اجرای آنها با مخاطره همراه است چگونه است؟
- بین چند پروژه که ظاهراً دارای درآمد سالیانه مساوی هستند، اما فرآیندهای مالی

مختلفی دارند، کدام اقتصادی‌تر است؟

ـ آیا منافع در یک پروژه عام‌المنفعه در حدی هست که هزینه‌های اجرائی طرح را توجیه کند؟

ـ با تغییر (افزایش یا کاهش) هر یک از پارامترهای اقتصادی در یک پروژه، چه تغییری در تصمیم‌گیری اجرائی پروژه پدید می‌آید؟ به عبارت ساده‌تر، پروژه نسبت به کدام پارامتر حساس‌تر است؟

ـ آیا در زمان تورم، سرمایه‌گذاری باید صورت گیرد؟ تورم چه نقشی در مقایسه اقتصادی پروژه‌ها ایفا می‌کند؟

در کلیه سؤالات فوق، دو مورد اساسی را باید مورد توجه قرار داد:

۱ـ کلیه پروژه‌ها با توجه به محدودیت سرمایه مشخص شوند و اطلاعات موردنیاز جمع‌آوری گردد.

۲ـ اطلاعات، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و اقتصادی‌ترین پروژه شناسائی شود.

تا سال ۱۹۴۰ وظیفه اصلی مهندسین، طراحی و ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی و شناخت شیوه‌های تولیدی بود و توجه کاملی به حدود استفاده در مواد اولیه، نیروی انسانی و فیزیکی در تولید محصول نداشتند. امروزه مهندسین نه‌تنها برای کسب تکنولوژی جدید و پیشرفته کوشش می‌کنند، بلکه تجزیه و تحلیل اقتصادی کاملی را برای اجرای آن تکنولوژی انجام می‌دهند و نه‌تنها پارامترهای اقتصادی را مدنظر قرار می‌دهند، بلکه پارامترهای دیگری چون اصول ایمنی و حفاظت پرسنل، عوامل مختلف در محیط کار شامل عوامل فیزیکی، روانی، و... و جلب رضایت بیشتر مشتریان، با توجه به یک رقابت کامل در بازار جهانی را از نظر دور نمی‌دارند.

امروزه هدف اصلی مهندسین کاهش هزینه‌هاست. هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه‌های نیروی انسانی، مواد اولیه، انرژی و... بیشترین سهم را در قیمت تمام شده محصول دارند. مهندسین سعی می‌کنند نرخ بهره‌وری را به حداکثر برسانند، از ضایعات بکاهند، راندمان کاری را افزایش دهند و نهایتاً قیمت تمام شده محصول را کاهش و سود را افزایش دهند. بنابراین مهندسین دائماً در حال تصمیم‌گیری هستند، تصمیم‌گیری

تحت شرایط معین و معلوم یا شرایط احتمالی و نامعلوم. کلیه تصمیم‌گیریها براساس شناخت پارامترهای اقتصادی و استفاده از تکنیکهای کمّی در اقتصاد مهندسی قابل انجام است.

تاریخچه اقتصاد مهندسی

در سال ۱۸۸۷ کتابی تحت عنوان نظریه اقتصادی محل راه‌آهنها[1] توسط آرتور م. ولینگتن[2] به چاپ رسید. او که یک مهندس ساختمان بود، مهندسین راتشویق به بررسیهای اقتصادی پروژه‌های صنعتی نمود. او برای بررسی اقتصادی طرح راه‌آهن از روش ارزش فعلی با عمر بی‌نهایت[3] استفاده نمود.

در سال ۱۹۲۰ کتابی تحت عنوان مهندسی مالی[4] بوسیله ا. بی گلدمن[5] و در سال ۱۹۲۳ کتاب دیگری به نام اقتصاد مهندسی[6] توسط جی. سی. ال. فیش[7] منتشر شد. در کتابهای فوق سعی شد تا به کمک مدلهای ریاضی، پروژه‌ها بصورت مدلهای سرمایه‌گذاری فرموله شوند. گلدمن در کتاب خود از اینکه نویسندگان کتابهای مهندسی، به شناخت هزینه‌های لازم جهت اجرای طرحهای مهندسی و نهایتاً بررسیهای اقتصادی توجه کافی نمی‌نمایند، اظهار تاسف می‌کند. او بررسی اقتصادی طرحها را امری ضروری می‌داند.

در سال ۱۹۳۰ کتابی تحت عنوان مبانی اقتصاد مهندسی[8] توسط پروفسور اوژن ال. گرانت[9] به چاپ رسید. کتاب او اولین کتابی بود که پارامترهای اقتصادی را شناسائی و تکنیکهای کمّی اقتصاد مهندسی را ارائه نمود. او از مقایسه اقتصادی بین چند طرح

---

1 - The Economic Theory of the Location of Railways

2 - Arthur M. Wellington

3 - Capitalized Cost

4 - Financial Engineering

5 - O. B. Goldman

6 - Engineering Economy

7 - J. C. L. Fish

8 - Principle of Engineering Economy

9 - Eugene, L.Grant

سخن گفت و اصول اقتصاد مهندسی را معرفی نمود. به همین دلیل او را بنیانگذار علم اقتصاد مهندسی می‌نامند.

امروزه این علم وسعت کاملی یافته، کتابهای متعددی در این زمینه انتشار یافته، در تکنیکهای قدیمی بازنگری شده و تکنیکهای جدید و پیشرفته‌ای خصوصاً در زمینه آنالیز حساسیت، مخاطره (شرایط عدم اطمینان یا ریسک) و تورم ارائه شده است.

تصمیم[1] و تصمیم‌گیری[2]

از آنجا که تصمیم‌گیری صحیح بعنوان مهمترین وظیفه و مسئولیت اصلی یک مدیر مطرح می‌شود و تکنیکهای اقتصاد مهندسی، جهت‌دهندهٔ مدیر برای اتخاذ تصمیم صحیح است، ماهیت تصمیم و انواع تصمیم‌گیریها در اقتصاد مهندسی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

ماهیت تصمیم

تصمیم، عبارت از نتیجه و یا پایان یک فرآیند[3] است. فرآیندی که داده‌ها و اطلاعات موجود در مورد موضوعی را در جریان تجزیه و تحلیل قرار داده و از ترکیب مناسب آنها، به استراتژیهای موردنظر و بهترین راه‌حل می‌رسد. معهذا، پایان یک فرآیند می‌تواند شروع فرآیند دیگری باشد. بعبارت دیگر، اخذ یک تصمیم ممکن است آغازی باشد بر اخذ تصمیم یا تصمیم‌های دیگر. بدین جهت هرگونه تعریف در مورد ماهیت تصمیم، نارسا بنظر می‌رسد. در یک واحد تولیدی، ماهیت یک تصمیم بستگی به عللی دارد که سبب می‌گردد یک مدیر اقدام به اخذ تصمیم نماید. اما باید توجه کرد که این تصمیم خود موجب تصمیم‌گیری‌های بعدی شده، در مجموع تشکیل یک رشته نامحدود را می‌دهند، تا جائی که با یک تعریف ساده نمی‌توان ماهیت تصمیم را مشخص

---

1 - Decision

2 - Decision Making

3 - Process

نمود.

آنچه بیشتر در مورد ماهیت تصمیم، مورد توجه اقتصاددانان است، کمّی بودن ارزشها و هدفهای تصمیم می‌باشد. در حقیقت اقتصاددانان توجه اصلی خود را معطوف به فعالیتهای بازار اقتصادی نموده‌اند که در آنجا خدمات و کالاهای متعددی عرضه می‌شود و اغلب با معیار پول قابل سنجش هستند.

آدام اسمیث[1] معتقد بود که ارزشهای اقتصادی بطور اخص دارای نقش عمده و اساسی در تحقیقات علمی می‌باشند. او همچنین عقیده داشت که تحقیقات علمی، وقتی ثمربخش خواهند بود که ارزشهای غیرکمّی از حیطهٔ عملیات اقتصادی خارج گردند.

اتخاذ تصمیم توسط فرد یا مدیر یک سازمان، برای کسب یک هدف یا هدفهای معینی می‌باشد. هدفهای یک سازمان عبارت است از سودآوری، بهره‌وری، ابتکار و توسعه، بازاریابی، تامین منابع مالی، توسعه و افزایش کارآیی مدیریت، کارمندان و مسئولیت سازمان در مقابل جامعه.

معادله تصمیم

همانطور که اشاره شد، هر تصمیمی حداقل برای رسیدن به یک هدف خاص اتخاذ می‌گردد که حصول به آن هدف، خود بستگی به سایر متغیرهای موثر در مدل تصمیم‌گیری دارد. هدف یک تصمیم را «متغیر وابسته»[2] و سایر متغیرهای موثر را «متغیرهای مستقل»[3] می‌نامند. متغیرهای مستقل، خود به متغیرهای قابل کنترل و متغیرهای غیرقابل کنترل تقسیم می‌شوند.

رابطه بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل را می‌توان به صورت معادله زیر که برای هر موقعیت تصمیم‌گیری عمومیت دارد نوشت:

$$E = f(x,y)$$

---

1 - Adam Smith

2 - Independent Variable

3 - Dependent Variable

E = مشخص‌کننده درجه حصول به هدف تصمیم (متغیر وابسته)

x = مشخص‌کننده متغیرهای قابل کنترل (متغیر مستقل)

y = مشخص کننده متغیرهای غیرقابل کنترل (متغیر مستقل)

این معادله بیانگر آن است که درجه حصول به هدف تصمیم، تابعی از تغییرات متغیرهای قابل کنترل و متغیرهای غیرقابل کنترل است.

برتری این معادله در آن است که روابط بین عناصر یک موقعیت تصمیم‌گیری را، اعم از آنکه بصورت کمّی و قابل اندازه‌گیری باشند یا نباشند، بصورت سیستماتیک مشخص کرده و روشی منطقی برای یافتن راه‌حل و رفع مشکل ارائه می‌دهد.

انواع تصمیم‌گیری

انواع تصمیم‌گیری برمبنای حدود اطلاعات موجود درباره متغیرهای غیرقابل کنترل به قرار ذیل است:

۱ـ تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان:[1]

این نوع تصمیم‌گیری مربوط به زمانی است که متغیرهای غیرقابل کنترل، در مدل تصمیم‌گیری وجود ندارند. مدل‌سازی برای این‌گونه تصمیم‌گیریها براساس مدل‌های ریاضی و مشخص استوار است. تکنیکهای متنوعی که در این‌گونه تصمیم‌گیریها می‌توان از آنها یاری گرفت عبارتند از:

ـ تکنیکهای مختلف اقتصاد مهندسی مانند نرخ بازگشت سرمایه، ارزش فعلی، هزینه و درآمد یکنواخت سالیانه، نسبت منافع به مخارج و مدت بازگشت سرمایه.

ـ برنامه‌ریزیهای ریاضی شامل برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی صفر ـ یک و برنامه‌ریزی آرمانی.

ـ آنالیز نقطه سربه‌سر

1 - Decision Making Under Certainty

ـ آنالیز تعویض

۲ـ تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان:

الف ـ در حالت عدم اطمینان کامل[1]

ب ـ در حالت ریسک[2]

تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان کامل برای زمانی است که مشکل موجود شامل تعدادی از متغیرهای غیرقابل کنترل نیز می‌شود، ولی اطلاعات گذشته به منظور پیش‌بینی متغیرها در دسترس نبوده، از این‌رو محاسبه احتمال وقوع برای آنها مشکل و معمولاً غیر ممکن است. روشهای مدوّن برای این نوع تصمیم‌گیری بسیار اندک است و معمولاً از ماتریس تصمیم‌گیری[3] استفاده می‌شود.

تصمیم‌گیری در شرایط ریسک برای زمانی است که مشکل موجود شامل تعدادی از متغیرهای غیرقابل کنترل نیز می‌شود، ولی اطلاعات از گذشته در دسترس و احتمال وقوع آنها قابل پیش‌بینی است. موارد استفاده این نوع تصمیم‌گیری در اقتصاد مهندسی بسیار و روشهای مدوّن زیادی موجود است:

ـ انجام کلیه تکنیکهای ذکرشده در تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان در حالت احتمالی

ـ روش امید ریاضی[4]

ـ مدلهای شبیه‌سازی[5]

ـ تصمیم‌گیری شاخه‌ای[6] یا درخت تصمیم

ـ مواردی از برنامه‌ریزی دینامیک[7]

---

1 - Decision Making Under Uncertainly

2 - Decision Making Under Risk

3 - Decision Matrics

4 - Expected Value

5 - Simulation Models

6 - Decision Tree

7 - Dynamic Programming

۳ـ تصمیم‌گیری در شرایط تعارض[1]

این نوع تصمیم‌گیری مربوط به زمانی است که برای تصمیم‌گیرنده، استراتژی‌های رقیب یا رقبا جایگزین متغیرهای غیرقابل کنترل شوند. از تکنیکهای مهم در این نوع تصمیم‌گیری می‌توان از «تئوری بازیها»[2] نام برد.

1 - Decision Making Under Conflict 2 - Game Theory

فصل دوم

اصول پایه‌ای در اقتصاد مهندسی

در این فصل سعی می‌شود اصول اولیه و پایه‌ای در اقتصاد مهندسی معرفی شده، و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. برای شناخت بهتر این اصول مثال زیر عنوان می‌شود:

دو گزینه ذیل پیشنهاد می‌شود: دریافت ۱,۰۰۰ واحد پولی اکنون یا X واحد پولی یکسال بعد، اگر X مساوی:

الف: ۱,۰۰۰ واحد پولی

ب: ۱,۱۰۰ واحد پولی

ج: ۲,۰۰۰ واحد پولی

د: ۱۰,۰۰۰ واحد پولی باشد:

طبیعی است که انتخاب X، به خصوصیات و معلومات اقتصادی انتخاب‌کننده بستگی دارد. شاید نتوان فردی را یافت که «الف» یا ۱۰۰۰ = X را انتخاب کند. عدهٔ زیادی حتی ۱,۱۰۰ را در یکسال بعد انتخاب نمی‌کنند چون معتقدند که ارزش ۱,۱۰۰ واحد پولی در یکسال بعد کمتر از ارزش ۱۰۰۰ واحد پولی امروز است. عدهٔ کمی شاید معتقد باشند که ارزش ۲,۰۰۰ واحد پولی یکسال بعد کمتر از ارزش ۱,۰۰۰ واحد پولی اکنون است و بسیاری معتقدند که ارزش ۱۰,۰۰۰ واحد پولی یکسال بعد بیش از ارزش ۱,۰۰۰ واحد پولی اکنون است.

بنابراین هر فردی می‌تواند بین دریافت ۱,۰۰۰ واحد پولی اکنون و مقدار X در یکسال بعد بی‌تفاوت باشد. اگر فردی نسبت به دریافت ۱,۰۰۰ واحد پولی اکنون یا ۱,۲۵۰ واحد پولی یکسال بعد بی‌تفاوت باشد، نتیجه می‌شود که ۱,۲۵۰ واحد پولی در یکسال بعد دارای ارزش فعلی برابر با ۱,۰۰۰ اکنون است.

در مثال فوق به چند اصل مهم در اقتصاد مهندسی توجه شده است. بهره، ارزش

زمانی پول و تعادل از آن جمله‌اند که در ذیل به بررسی هر اصل می‌پردازیم:

بهره[1]

بهره، هزینه استفاده از سرمایه است. هرچه میزان نرخ بهره بیشتر باشد هزینه بیشتری جهت استفاده از سرمایه پرداخت خواهد شد. برای مثال اگر شخصی مبلغ ۳۰,۰۰۰ واحد پولی را با نرخ بهره ۸/۵٪ در سال قرض نماید و علاقمند باشد با اقساط ماهیانه قرض را پرداخت کند، جدول شماره ۱-۲ نشان دهنده میزان اقساط ماهیانه در مدت‌های متفاوت است. نحوه محاسبه جدول زیر در فصل بعد مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مدت بازپرداخت برحسب سال	قسط ماهیانه	کل بهره پرداختی
۱۵	۲۹۵/۵۰	۲۳,۱۹۰
۲۰	۲۶۰/۵۰	۳۲,۵۲۰
۲۵	۲۴۱/۷۵	۴۲,۵۲۵
۳۰	۲۳۰/۷۵	۵۳,۰۶۹

جدول شماره ۱-۲

جدول فوق نشان می‌دهد که هرچه مدت بازپرداخت زیاد شود، اگرچه قسط ماهیانه کاهش می‌یابد ولی کل بهره پرداختی افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۲-۲ میزان اقساط ماهیانه و کل بهره پرداختی (مبلغ ۳۰,۰۰۰ واحد پولی) را با مدت بازپرداخت ۳۰ سال و با نرخهای بهره متفاوت نشان می‌دهد:

1 - Interest

نرخ بهره برحسب درصد	قسط ماهیانه	کل بهره پرداختی
۷/۵	۲۱۰/۰	۴۵,۶۰۰
۸/۵	۲۳۰/۷۵	۵۳,۰۶۹
۹/۵	۲۵۲/۵۰	۶۰,۸۹۹
۱۰/۵	۲۷۴/۵۰	۶۸,۸۲۰

جدول شماره ۲ـ۲

در جدول فوق با افزایش نرخ بهره، میزان قسط ماهیانه و کل بهره پرداختی افزایش داشته‌اند. بطورکلی رابطه زیر برای مقدار بهره صادق است:

مقدار مبلغ اولیه ـ مقدار اصل و فرع = مقدار بهره

از رابطه فوق در قسمت بعدی استفاده خواهد شد.

ارزش زمانی پول[1]

«پول، پول می‌سازد.»، جمله‌ای است که به حقیقت نزدیک است. اگر شخصی مبلغی را امروز در بانک پس‌انداز یا در کارخانه‌ای که به سوددهی آن اطمینان دارد سرمایه‌گذاری نماید، در مدتی معین به مبلغ اولیه او مبلغی اضافه خواهد شد. این مبلغ اضافی که بر اثر وجود نرخ بهره (یا نرخ بازگشت سرمایه) ایجاد می‌شود، می‌تواند مفهوم ارزش زمانی پول را توصیف کند. ارزش زمانی پول از اصول اساسی اقتصاد مهندسی است و کلیه تکنیکهای موجود برمبنای ارزش زمانی پول بنا گشته است.

مثال معروفی که بیانگر مفهوم ارزش زمانی پول می‌باشد خرید جزیره منهتن[2] از سرخپوستان آمریکایی به مبلغ ۲۴ دلار در سال ۱۶۲۶ است. فرض کنید سرخپوستان می‌توانستند مبلغ ۲۴ دلار را با نرخ ۶٪ در سال پس‌انداز نمایند. جدول ۳ـ۲ ارزش ۲۴ دلار سرمایه اولیه را در زمانهای متفاوت نشان می‌دهد:

1 - Time Value of Money 2 - Manhattan Island

سال	ارزش ۲۴ دلار سرمایه اولیه
۱۶۲۶	۲۴
۱۶۷۶	۴۴۲/۰۸
۱۷۲۶	۸۱۴۳/۲۴
۱۷۷۶	۱۴۹۹۹۹/۹۲
۱۸۲۶	۲۷۶۳۰۲۱/۶۹
۱۸۷۶	۵۰۸۹۵۲۸۵/۷۶
۱۹۲۶	۹۳۷۴۹۹۰۱۵/۱۱
۱۹۷۶	۱۷۲۶۸۸۷۶۴۸۴/۳۸

جدول شماره ۳ـ۲

با توجه به تعاریف بهره و ارزش زمانی پول، محاسبه نرخ بهره سالیانه برحسب درصد که از رابطه زیر بدست می‌آید بیان می‌شود:

$$\text{نرخ بهره برحسب درصد} = \frac{\text{مقدار سرمایه اولیه ـ مقدار اصل و فرع}}{\text{مقدار سرماه اولیه}} \times ۱۰۰$$

رابطه فوق نرخ بهره را در یکسال معین می‌کند.

● مثال ۱ـ۲ـ شرکت «گلسار» مبلغ ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی را اول خرداد در بانکی پس‌انداز می‌کند و یکسال بعد مبلغ ۱۰۶,۰۰۰ واحد پولی از بانک دریافت می‌نماید. مقدار بهره و نرخ بهره را محاسبه کنید.

حل:

مقدار سرمایه اولیه ــ مقدار اصل و فرع = مقدار بهره

۱۰۶,۰۰۰ ــ ۱۰۰,۰۰۰ = ۶,۰۰۰ = مقدار بهره

$$\frac{۶,۰۰۰}{۱۰۰,۰۰۰} \times ۱۰۰ = ٪۶ = \text{نرخ بهره برحسب درصد}$$

● مثال ۲ـ۲ـ شرکت «گلمهر» قصد دارد مبلغ ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی را برای یکسال با

نرخ بهره ۵٪ قرض نماید. مقدار بهره و مبلغی را که شرکت پس از یکسال به بانک پرداخت خواهد کرد (اصل و فرع) چقدر است؟

حل:

مقدار بهره = ۲۰۰,۰۰۰ × (۰/۰۵) = ۱۰,۰۰۰

مقدار اصل و فرع = ۲۰۰,۰۰۰ + ۱۰,۰۰۰ = ۲۱۰,۰۰۰

مبلغ اصل و فرع می‌توان از رابطه زیر نیز بدست آورد:

مبلغ اصل و فرع = مبلغ اولیه × (نرخ بهره + ۱)

۲۰۰,۰۰۰ × (۱/۰۵) = ۲۱۰,۰۰۰

در مثالهای فوق، مدت برابر یکسال فرض شده بود، چنانچه مدت، بیش از یکسال و یا دوره‌های متفاوت مثلاً شش ماهه، ماهیانه، ... بود روش محاسباتی تغییر می‌کرد که در فصل‌های بعدی بحث خواهد شد.

تعادل[1]

ارزش زمانی پول و نرخ بهره با یکدیگر اصل تعادل را بوجود می‌آورند و آن عبارت از تساوی ارزش مقادیر مختلف پولی در زمانهای مختلف از نظر اقتصادی است. اگر نرخ بهره ۶٪ در سال فرض شود، ۱۰۰ واحد پولی امروز معادل است با ۱۰۶ واحد پولی در سال آینده در همین روز.

$$۱۰۰ + ۱۰۰ \times (۰/۰۶) = ۱۰۶$$

بعبارت دیگر ارزش ۱۰۰ واحد پولی امروز معادل است با ۹۴/۳۴ واحد پولی در چنین روزی در یکسال قبل، اگر نرخ بهره ۶٪ در سال باشد.

$$\frac{۱۰۰}{۱/۰۶} = ۹۴/۳۴$$

در حقیقت نرخ بهره را می‌توان به دو صورت زیر بدست آورد:

در سال ۶٪ یا $\frac{۱۰۶}{۱۰۰} = ۱/۰۶$

1 - Equivalence

در سال ۶٪ یا $\frac{۱۰۰}{۹۴/۳۴} = ۱/۰۶$

نرخ بازگشت سرمایه[1]

یک سرمایه‌گذاری، زمانی می‌تواند سود ده تلقی شود که سرمایه‌گذاران انتظار دریافت اصل و فرع بیشتری داشته باشند، یا به عبارت ساده‌تر آنها در انتظار دریافت یک نرخ بازگشت سرمایه مناسب باشند. نرخ بازگشت سرمایه (ROR) برای زمانی که مدت سرمایه‌گذاری یک سال باشد بصورت زیر است:

$$ROR = \frac{\text{سرمایه اولیه} - \text{اصل و فرع دریافتی}}{\text{سرمایه اولیه}}$$

یا

$$ROR = \frac{\text{سود}}{\text{سرمایه اولیه}}$$

همانطور که مشاهده می‌شود روش محاسبه نرخ بازگشت سرمایه مانند روش محاسبه نرخ بهره می‌باشد. نرخ بازگشت سرمایه زمانی مطرح است که سوددهی یک پروژه مدنظر است و نرخ بهره برای زمانی است که با مسئله قرض گرفتن از بانک، تحت یک نرخ مشخص و بازپرداخت قرض بصورتهای مختلف روبرو باشیم.

حداقل نرخ جذب کننده[2]

سرمایه‌گذار در جستجوی نرخ مناسبی برای سرمایه‌گذاری است. بدیهی است که این نرخ مناسب برای سرمایه‌گذار، نرخی است بیشتر یا حداقل مساوی با نرخ بانک (نرخ بهره). حداقل نرخ جذب کننده، نرخی جز آن نرخ مناسب نیست و معمولاً بیش از نرخ بهره می‌باشد. زیرا چنانچه سرمایه‌گذار مبلغ سرمایه‌گذاری را در بانک پس‌انداز نماید، برای دریافت مبلغ بهره که نرخ بازگشت سرمایه او محسوب می‌شود هیچگونه فعالیت یا ریسکی را متحمل نمی‌شود، در حالیکه سرمایه‌گذاری در یک واحد تولیدی یا صنعتی غالباً همراه با ریسک می‌باشد، بهمین جهت معمولاً سرمایه‌گذار انتظار دریافت

1 - Rate of Return

2 - Minimum Attractive Rate of Return

نرخ بازگشت سرمایه‌ای بیش از نرخ بانک را دارد.

مقدار حداقل نرخ جذب کننده برای اشخاص یا شرکتهای مختلف با توجه به خصوصیات سرمایه‌گذاران فرق دارد. خصوصیات سرمایه‌گذاران عبارت از سن، تجربیات، تحصیلات، تاهل، میزان سرمایه، ریسک‌پذیری و... است و بهمین جهت ممکن است یک پروژه برای شرکتی اقتصادی تلقی گردد و برای شرکت دیگری غیراقتصادی. چون شرکتِ اول، محاسبات اقتصادی پروژه را با حداقل نرخ جذب کننده کمتری انجام داده است و اجرای پروژه اقتصادی به نظر رسیده است. بدیهی است چنانچه نرخ بازگشت سرمایه یک پروژه بیشتر یا مساوی حداقل نرخ جذب کننده شود، آن پروژه اقتصادی است.

پارامترها و شکل فرایند مالی[1]

در این قسمت، پارامترهای مهم و نحوه ساخت فرآیند مالی تشریح خواهد شد. پارامترهای اصلی عبارتند از:

سرمایه اولیه یا ارزش فعلی سرمایه[2]

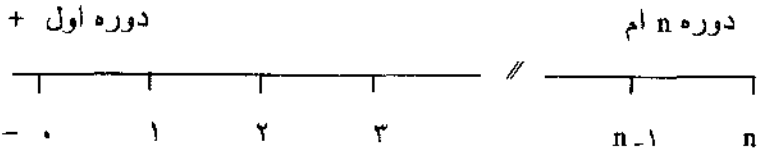
اصل و فرع یا ارزش آینده سرمایه[3]

هزینه و درآمد مساوی و یکنواخت در پایان هر دوره[4]

نرخ بهره یا نرخ بازگشت سرمایه[5]

تعداد دوره[6]

علاوه بر پارامترهای مذکور، پارامترهای دیگری در مباحث آینده معرفی خواهد گردید. شکل کلی یک فرآیند مالی بصورت زیر است:



1 - Symbols and Cash Flow Diagrams
2 - Present Worth
3 - Future Worth
4 - Uniform Annual Cost (Income)
5 - Interest Rate
6 - Number of Interest Period

در پایان هر دوره درآمدها یا هزینه‌ها بصورت خطوط مستقیم عمودی ظاهر می‌شوند، با این شرط که درآمدها در قسمت بالا و هزینه‌ها در قسمت پائین قرار خواهند گرفت. در مثالهای زیر نحوهٔ ساخت فرآیند مالی نشان داده می‌شود:

● مثال ۳ـ۲ـ مبلغ ۲۰,۰۰۰ واحد پولی برای مدت ۵ سال با نرخ بهره سالیانه ۶٪ قرض گرفته شده است. مقدار اصل و فرع پول پس از ۵ سال بازپرداخت خواهد شد. شکل فرآیند مالی را رسم کنید.

حل: اطلاعات داده شده عبارتند از:

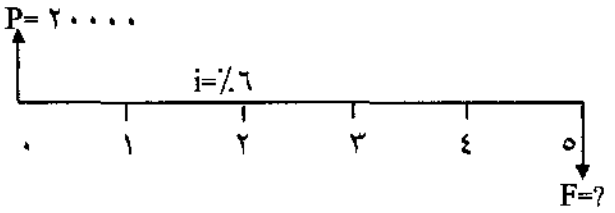
$P = ۲۰,۰۰۰$

$n = ۵$

$i = ٪۶$

$F = ?$

و شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:



● مثال ۴ـ۲ـ اگر شخصی از امروز هر سال مبلغ ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در بانکی با نرخ بهره ۷٪ در سال پس‌انداز نماید، پس از ۴ سال چه مقدار پول به عنوان اصل و فرع در بانک خواهد داشت.

حل: اطلاعات داده شده عبارتند از:

$A= ۱۰,۰۰۰$

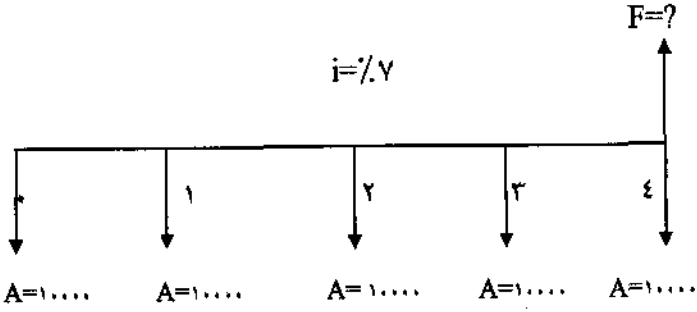
کتابخانه مرکز آموزش عالی
رجاء ۲۳

n = ۴

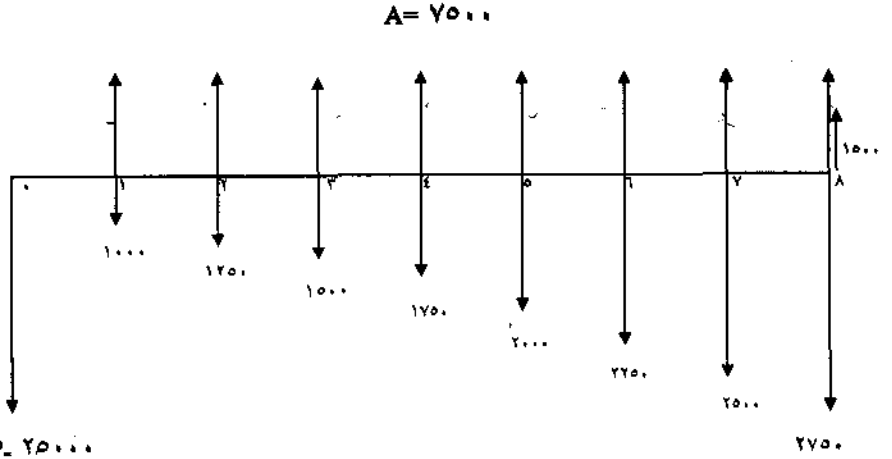
i = ٪۷

F = ?

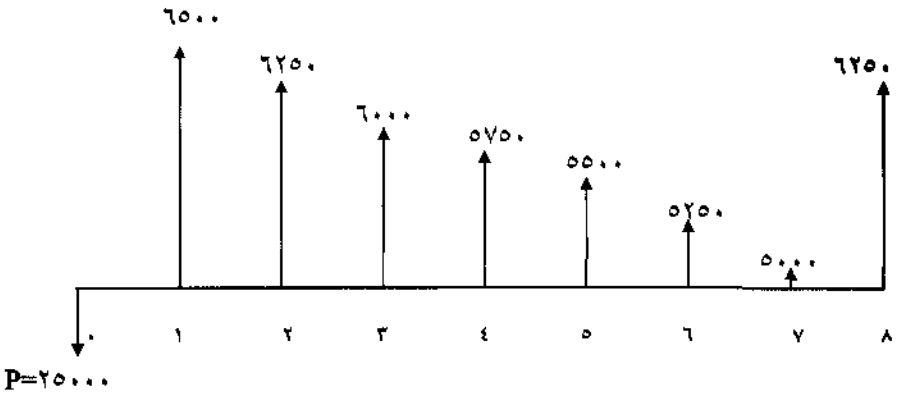
و شکل فرآیند مالی:



● مثال ۵ـ۲ : شرکت «گلناز» هفت سال پیش یک کمپرسور هوا را ۲۵,۰۰۰ واحد پولی خرید. درآمد سالیانه کمپرسور ۷,۵۰۰ واحد پولی بوده است. هزینه تعمیرات و نگهداری در سال اول ۱۰۰۰ واحد پولی، در سال دوم ۱,۲۵۰ واحد پولی و در سال سوم ۱,۵۰۰ واحد پولی بوده، بهمین ترتیب هر سال ۲۵۰ واحد پولی افزایش داشته است. شرکت قصد دارد کمپرسور را به مبلغ ۱,۵۰۰ واحد پولی (ارزش اسقاطی) در سال آینده بفروشد. شکل فرآیند مالی را رسم کنید.



شکل فوق را با توجه به هزینه‌ها و درآمدها می‌توان بصورت زیر خلاصه کرد:



جدول شماره ۴-۲ محاسبه مقدار خالص فرآیند مالی را نشان می‌دهد:

فرآیند مالی خالص	هزینه	درآمد	پایان هر سال
۲۵,۰۰۰ –	۲۵,۰۰۰	۰	۰
۶,۵۰۰	۱,۰۰۰	۷,۵۰۰	۱
۶,۲۵۰	۱,۲۵۰	۷,۵۰۰	۲
۶,۰۰۰	۱,۵۰۰	۷,۵۰۰	۳
۵,۷۵۰	۱,۷۵۰	۷,۵۰۰	۴
۵,۵۰۰	۲,۰۰۰	۷,۵۰۰	۵
۵,۲۵۰	۲,۲۵۰	۷,۵۰۰	۶
۵,۰۰۰	۲,۵۰۰	۷,۵۰۰	۷
۶,۲۵۰	۲,۷۵۰	۷,۵۰۰ + ۱,۵۰۰	۸

جدول ۴-۲

مسائل فصل دوم

● ۱-۲- ۴,۹۵۰ واحد پولی اکنون، با چه نرخ بهره‌ای معادل ۵,۴۰۰ واحد پولی در یکسال بعد می‌باشد؟

● ۲-۲- شرکت «گل‌کو» در یک پروژه صنعتی ۵۰۰,۰۰۰ واحد پولی سرمایه‌گذاری نموده است و انتظار می‌رود سود این سرمایه‌گذاری پس از یکسال ۷۵,۰۰۰ واحد پولی شود، نرخ بازگشت سرمایه برای شرکت مذکور چقدر خواهد بود؟

● ۳-۲- شرکت «گلسر» مبلغ یک میلیون واحد پولی را با نرخ ۱۰٪ در سال قرض می‌کند. مقدار بهره‌ای که شرکت پس از یکسال خواهد پرداخت و همچنین اصل و فرع پرداختی، پس از یکسال چقدر خواهد بود؟

● ۴-۲- چند سال طول می‌کشد تا ۱۵,۰۰۰ واحد پولی سه‌برابر شود. نرخ بهره ۶٪ در سال است. در این مسئله فرآیند مالی را رسم و پارامترها را معین نمائید.

● ۵-۲- شرکت «گل‌باران» علاقمند است در طرحی سرمایه‌گذاری نماید. شرایط سرمایه‌گذاری بدین‌قرار است که شرکت دو سال دیگر ازحالا مبلغی را سرمایه‌گذاری نماید. ازآغاز سال ششم همه ساله تا پنج سال مبلغ ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی درآمد خواهد داشت فرآیند مالی را رسم و پارامترهای معلوم ونامعلوم را معین نمائید.

● ۶-۲- شرکت «گلبو» یک ماشین پرکن را به مبلغ ۱,۰۰۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری نموده است. شرکت فروشنده ماشین پیشنهاد نموده که مبلغ ماشین همه‌ساله بصورت افزایشی تا پنج سال پرداخت شود. سال اول ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی و همه‌ساله با افزایش ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی نسبت به سال قبل (در سال دوم ۲۰۰,۰۰۰ ، سال سوم ۳۰۰,۰۰۰ و ...). فرآیند مالی را رسم و پارامترهای مختلف را معین نمائید.

فصل سوم

معرفی و کاربرد فاکتورها

هدف از این فصل معرفی، شناخت و کاربرد فاکتورهای مهم و اساسی در اقتصاد مهندسی است. این فاکتورها در حقیقت روابط بین پارامترهای معرفی شده در فصل دوم را نشان می‌دهند و کلیه محاسبات اقتصادی برمبنای این فاکتورها بنا شده‌اند.

روابط بین P و F

فرض کنید می‌خواهیم ارزش آینده یا اصل و فرع (F) برای مبلغ (P) در مدت n دوره (سال) با نرخ بهره (i) محاسبه نمائیم. فرض می‌شود P در $t = 0$ یا ابتدای دوره سرمایه‌گذاری شود، اگر F_1 ارزش آینده مبلغ P پس‌ازیکسال‌باشد، رابطه زیر برقرار است:

$$F_1 = P + Pi$$

$$F_1 = P\,(1 + i)$$

اگر F_2 ارزش آینده مبلغ P پس از دو سال باشد، روابط زیر نیز برقرار است:

$$F_2 = F_1 + F_1 i$$

$$= P\,(1 + i) + P\,(1 + i)\,i$$

$$= P\,(1 + i + i + i^2) \Rightarrow F_2 = P\,(1 + i)^2$$

به همین ترتیب مقدار F_3 عبارت است از:

$$F_3 = F_2 + F_2 i$$

$$= [P(1+i)+P(1+i)i] + [P(1+i) + P(1+i)i]i$$

$$= P(1+i) + 2P\,(1+i)\,i + P\,(1+i)i^2$$

$$= P\,(1+i)\,(1+2i+i^2)$$

$F_۲ = P(۱+i)^۲$

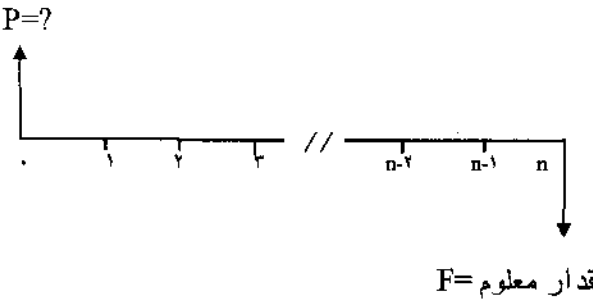
و بطورکلی رابطه زیر بین F و P برقرار است:

$$F = P(۱+i)^n \qquad (۳-۱)$$

فاکتور $(۱+i)^n$ بنام «فاکتور یکبار پرداخت»[1] معروف است. از فرمول (۱-۳) می‌توان نتیجه گرفت:

$$P = F\left[\frac{۱}{(۱+i)^n}\right] \qquad (۳-۲)$$

رابطه فوق زمانی استفاده می‌شود که مقدار F معلوم و P مجهول باشد. فاکتور $\left[\frac{۱}{(۱+i)^n}\right]$ بنام «فاکتور ارزش فعلی یکبار پرداخت»[2] معروف است. فرآیند مالی زیر رابطه (۲-۳) را نشان می‌دهد.

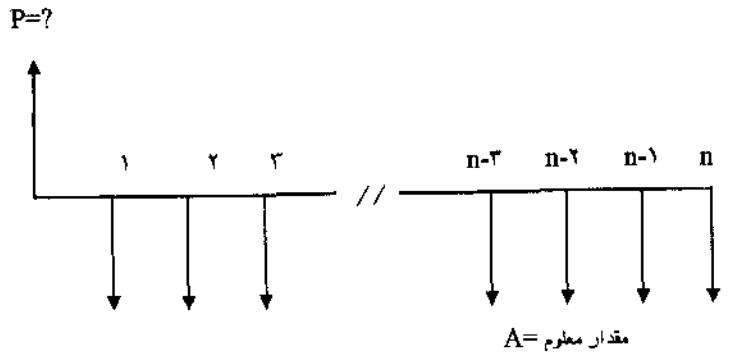


روابط بین P و A

فرآیند مالی زیر رابطه بین P و A را بهتر نمایان می‌سازد:

1 - Single - Payment Compound - Amount Factor

2 - Single - Payment Present Worth Factor



ارزش فعلی (P) یکسری پرداخت‌های یکسان (A) را می‌توان با فرض اینکه هر پرداخت (A) نقش (F) را ایفا می‌کند و با استفاده از فرمول (۲ـ۳) تعیین کرد:

$$P = A\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۱}}\right] + A\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۲}}\right] + A\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۳}}\right] + \ldots$$

$$+ A\left[\frac{۱}{(۱+i)^{n-۱}}\right] + A\left[\frac{۱}{(۱+i)^{n}}\right]$$

از مقدار A فاکتور گرفته می‌شود و رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$$P = A\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۱}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۲}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۳}} + \ldots + \frac{۱}{(۱+i)^{n-۱}} + \frac{۱}{(۱+i)^{n}}\right] \quad (۳ـ۳)$$

معادله (۳ـ۳) را در $\frac{۱}{(۱+i)}$ ضرب می‌نمائیم:

$$\frac{P}{(۱+i)} = A\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۲}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۳}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۴}} + \ldots + \frac{۱}{(۱+i)^{n}} + \frac{۱}{(۱+i)^{n+۱}}\right] \quad (۳ـ۴)$$

تفاضل (۴-۳) از (۳-۳) رابطه زیر را بوجود می‌آورد:

$$\frac{P}{(1+i)} - P = A\left[-\frac{1}{(1+i)^{1}} + \frac{1}{(1+i)^{n+1}}\right]$$

از P فاکتور گرفته، رابطه فوق را مرتب می‌کنیم:

$$P\left[\left(\frac{1}{1+i}\right) - 1\right] = A\left[\frac{1}{(1+i)^{n+1}} - \frac{1}{1+i}\right]$$

$$P\left(\frac{-i}{1+i}\right) = A\frac{1}{1+i}\left[\frac{1}{(1+i)^{n}} - 1\right]$$

رابطه فوق بر $\left[\frac{-i}{(1+i)}\right]$ تقسیم می‌شود:

$$P = A\left(\frac{1}{1+i}\right)\frac{\left[\frac{1}{(1+i)^{n}} - 1\right]}{\frac{-i}{(1+i)}}$$

$$P = A\left(\frac{1}{-i}\right)\left[\frac{1-(1+i)^{n}}{(1+i)^{n}}\right]$$

$$P = A\left[\frac{(1+i)^{n} - 1}{i(1+i)^{n}}\right] \qquad (۳-۵)$$

فاکتور $\left[\frac{(1+i)^{n} - 1}{i(1+i)^{n}}\right]$ «فاکتور ارزش فعلی سری یکنواخت»[1] نامیده‌می‌شود و مقدار

1 - Uniform - Series Present Worth Factor

ارزش فعلی یک‌سری یکنواخت‌درآمد یا هزینه‌مساوی‌که درپایان هر دوره اتفاق می‌افتند را با نرخ بهره (i) تعیین می‌کند.

رابطه ۵ـ۳ را می‌توان برای محاسبه مقدار پرداخت یکسان (A) با داشتن ارزش فعلی (P) بصورت زیر تغییر داد:

$$A = P\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] \qquad (۳ـ۶)$$

فاکتور $\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right]$ «فاکتور بازیافت سرمایه»[1] نامیده می‌شود و در حقیقت سرمایه (P) را با توجه به نرخ بهره (i) در مدت (n) دوره به پرداخت‌های مساوی یکنواخت توزیع می‌کند.

روابط بین F و A

اگر به جای (P) در رابطه (۶ـ۳) مقدار رابطه (۲ـ۳) را قرار دهیم رابطه بین (A) و (F) حاصل می‌شود:

$$A = F\left[\frac{1}{(1+i)^n}\right]\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right]$$

$$A = F\left[\frac{i}{(1+i)^n - 1}\right] \qquad (۳ـ۷)$$

فاکتور $\left[\frac{i}{(1+i)^n - 1}\right]$ «فاکتور وجوه استهلاکی»[2] نامیده می‌شود و مقدار ارزش

1 - Capital - Recovery Factor

2 - Sinking - Fund Factor

آینده یا اصل و فرع (F) را با توجه به نرخ بهره (i) در مدت (n) دوره به پرداختهای مساوی توزیع می‌کند. رابطهٔ زیر بسادگی از رابطه (۳ـ۷) بدست می‌آید:

$$F = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right] \qquad (۳ـ۸)$$

فاکتور $\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right]$ «فاکتور پرداخت مساوی برای مقدار مرکب»[1] نامیده شده و مقدار پرداخت مساوی و یکنواخت را با توجه به نرخ بهره (i) در مدت (n) دوره به ارزش آینده تبدیل می‌کند.

جدول فاکتورها

برای جلوگیری از محاسبات مداوم و تکراری مقدار فاکتورهای یادشده، جدول فاکتورها در پایان کتاب (ضمیمه یک) ارائه شده است. این جداول کلیه فاکتورها را با نرخهای متنوع، از ۰/۲۵٪ تا ۵۰٪، و دوره‌های متفاوت از ۱ تا ۱۰۰، محاسبه و هر فاکتور را به صورت فرم استاندارد (X/Y ، i% ، n) نمایش داده است. Y پارامتر معلوم و X پارامتر مجهول است. مثلاً مقدار فاکتور (P/A ، ۵٪ ، ۱۰) را می‌توان براحتی در صفحه مربوط به نرخ ۵٪ در دورهٔ دهم یافت که مقدار آن، ۷/۷۲۱۷، را همچنین می‌توان از فرمول (۳ـ۵) به طریق زیر نیز بدست آورد.

$$(P/A,٪۵,۱۰) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$= \frac{(1 + ۰/۰۵)^{۱۰} - 1}{۰/۰۵\,(1 + ۰/۰۵)^{۱۰}} = ۷/۷۲۱۷$$

جداول پایان کتاب در میزان محاسبات صرفه‌جویی کرده، نقش موثری در تسریع

1 - Uniform - Series Compound - Amount Factor

محاسبات دارد. جدول (۱-۳) فرمهای استاندارد پارامترهای مجهول و معلوم و همچنین فرمول کلی محاسبه پارامتر مجهول را نشان می‌دهد.

پارامتر مجهول	پارامتر معلوم	فرم استاندارد فاکتور	فرمول
P	F	(P/F، i%، n)	P=F(P/F، i% ، n)
F	P	(F/P ، i% ، n)	F=P(F/P ، i% ، n)
P	A	(P/A ، i% ، n)	P=A(P/A ، i% ، n)
A	P	(A/P ، i% ، n)	A=P(A/P ، i% ، n)
A	F	(A/F ، i% ، n)	A=F(A/F ، i% ، n)
F	A	(F/A ، i% ، n)	F=A(F/A ، i% ، n)

جدول ۱-۳

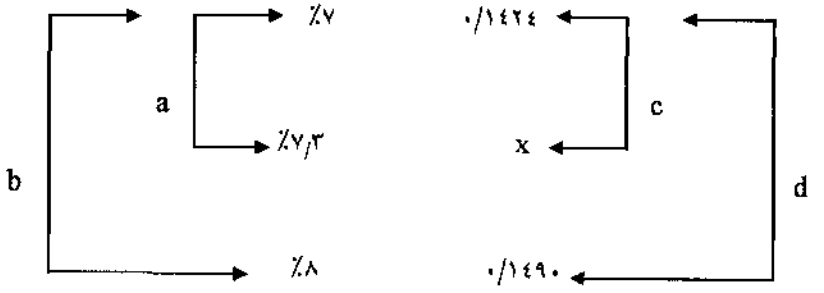
درون‌یابی خطی

گاهی برای یک مقدار مشخص i، یا یک دوره مشخص n، مقدار فاکتور در جدول موجود نیست. مثلاً فاکتور (۱۰ ، ۳/۷٪ ، A/P) که نرخ ۳/۷٪ = i در جدول موجود نیست. برای نرخهای ۷٪ و ۸٪ در مدت ۱۰ سال فاکتور A/P را می‌توان از جدول بدست آورد. مقدار (۱۰ ، ۳/۷٪ ، A/P) را نمی‌توان از جدول یافت مگر با «درون‌یابی»[1] خطی بین نرخهای بیشتر و کمتر از ۳/۷٪ که ۷٪ و ۸٪ می‌باشند. رابطه خطی می‌تواند صحیح باشد، اگر دو عدد کمتر یا بیشتر از پارامتر مجهول (i یا n) نزدیک به آن پارامتر باشند.

مراحل مختلف تعیین فاکتور (A/P,۳/۷٪,۱۰) بدین‌ترتیب است که ابتدا مقادیر فاکتورهای (A/P,۷٪,۱۰) و (A/P,۸٪,۱۰) را از جدول بدست آورده و تناسب زیر را

1 - Interpolation

تشکیل می‌دهیم:



مقادیر a و b و c عبارت از تفاضل بین اعداد تشکیل دهندهٔ آن مقادیر است. رابطه زیر همواره برقرار است:

$$\frac{a}{c} = \frac{b}{d}$$

$$c = \frac{a}{b} d \qquad (۳-۹)$$

$$c = \frac{۷/۳ - ۷}{۸ - ۷} (۰/۱۴۹۰ - ۰/۱۴۲۴)$$

$$c = \frac{۰/۳}{۱} (۰/۰۰۶۶)$$

$$c = ۰/۰۰۱۹۸$$

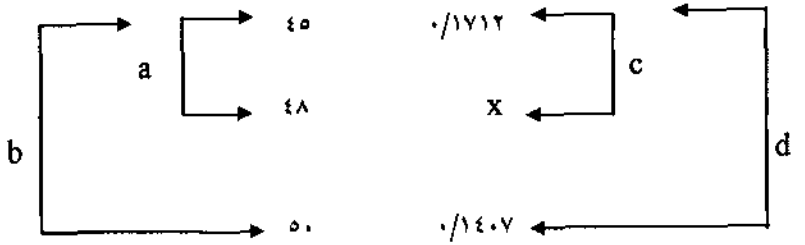
از آنجا که مقدار فاکتور A/P از ٪۷ به ٪۸ در حال افزایش است (از ۰/۱۴۲۴ به ۰/۱۴۹) مقدار C باید به مقدار فاکتور در ٪۷ ، یعنی ۰/۱۴۲۴ اضافه شود تا مقدار فاکتور مجهول X به دست آید:

$$X = ۰/۱۴۲۴ + ۰/۰۰۱۹۸ = ۰/۱۴۴۳۸$$

بدیهی است که همیشه امکان محاسبه این‌گونه فاکتورها از طریق روابط ارائه شده بین پارامترها با قراردادن i و n میسر می‌باشد.

● مثال ۱-۳- مقدار (۴۸ ، ٪۴ ، P/F) را از جدول بدست آورید:

حل: فاکتور فوق در n = ۴۸ در جدول موجود نیست ولی در n = ۴۵ و n = ۵۰ مقدار P/F مشخص است. تناسب زیر پس از یافتن مقادیر (P/F ، ۴٪ ، ۴۵) و (P/F ، ۴٪ ، ۵۰) از جدول فاکتورها تشکیل می‌شود:



با استفاده از رابطه (۹ـ۳):

$$C = \frac{a}{b} \cdot d$$

$$C = \frac{۴۸ - ۴۵}{۵۰ - ۴۵} (۰/۱۷۱۲ - ۰/۱۴۰۷)$$

$$C = ۰/۰۱۸۳$$

از آنجا که فاکتور P/F از ۴۵ به ۵۰ در حال کاهش است (از ۰/۱۷۱۲ به ۰/۱۴۰۷) مقدار C باید از مقدار فاکتور در ۴۵ ، یعنی ۰/۱۷۱۲ کاسته شود.

$$X = ۰/۱۷۱۲ - ۰/۰۱۸۳ = ۰/۱۵۲۹$$

● مثال ۲ـ۳ـ مقدار فاکتور (P/A ، ۱۳٪ ، ۴۲) را از طریق جدول محاسبه کنید.

حل: از آنجا که مقادیر i = ۱۳٪ و n = ۴۲ در جدول وجود ندارند، یک درون‌یابی دوطرفه باید انجام شود. اولین مرحله محاسبه فاکتور مذکور، تشکیل تناسب زیر و محاسبه P/A در i = ۱۳٪ برای n = ۴۰ و n = ۴۵ است:

i	n = ۴۰	n = ۴۵
٪۱۲	۸/۲۴۳۸	۸/۲۸۲۵
٪۱۳	X۴۰	X۴۵
٪۱۵	۶/۶۴۱۸	۶/۶۵۴۳

محاسبات مربوط به X۴۰ و X۴۵ در ذیل آمده است:

$$C۴۰ = \frac{۱}{۳}(۱/۶۰۲۰) = ۰/۵۳۴۰$$
$$X۴۰ = ۸/۲۴۳۸ - ۰/۵۳۴۰ = ۷/۷۰۹۸$$
$$C۴۵ = \frac{۱}{۳}(۱/۶۲۸۲) = ۰/۵۴۲۷$$
$$X۴۵ = ۸/۲۸۲۵ - ۰/۵۴۲۷ = ۷/۷۳۹۸$$

حال مقدار فاکتور P/A در n = ۴۲ طبق تناسب زیر حاصل خواهد شد:

P/A	n
۷/۷۰۹۸	۴۰
X۴۲	۴۲
۷/۷۳۹۸	۴۵

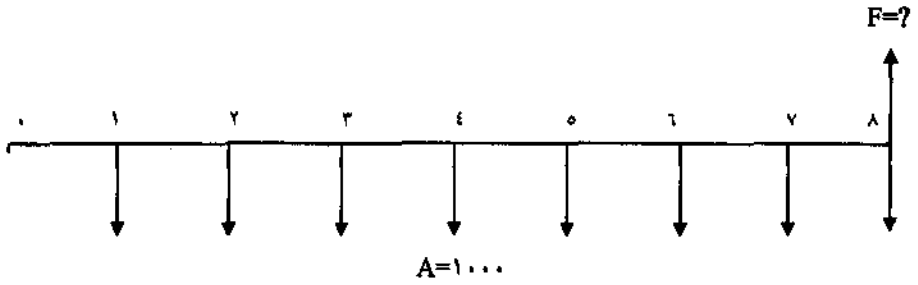
$$X۴۲ = ۷/۷۰۹۸ + \frac{۲}{۵}(۰/۰۳۰) = ۷/۷۲۱۸$$

و بدین‌ترتیب بعد از یک درون‌یابی دومرحله‌ای یا دوطرفه، به مقدار (۴۲ ، ۱۳٪ ، P/A) ، برابر با ۷/۷۲۱۸ می‌رسیم. بعد از تشریح جدول فاکتورها و موارد استفاده درون‌یابی، به بررسی موارد استفاده فاکتورها می‌پردازیم.

محاسبات ارزش فعلی، ارزش آینده و پرداخت مساوی

اولین قدم برای محاسبات اقتصادی یک پروژه، رسم فرآیند مالی پروژه است. فرآیند مالی، خود راهنمای انتخاب فرمول و فاکتور مناسب خواهد بود. اکنون به بررسی چند مثال برای محاسبات ارزش فعلی، ارزش آینده و پرداخت مساوی (هزینه یا درآمد) می‌پردازیم:

● مثال ۳ـ۳ـ چه مقدار پول در حساب بانکی شما خواهد بود، اگر شما از سال آینده، برای ۸ سال، هر سال ۱،۰۰۰ واحد پولی در حساب بانکی خود پس‌انداز نمائید. نرخ بهره برای پس‌انداز در بانک ۴٪ فرض می‌شود. شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:

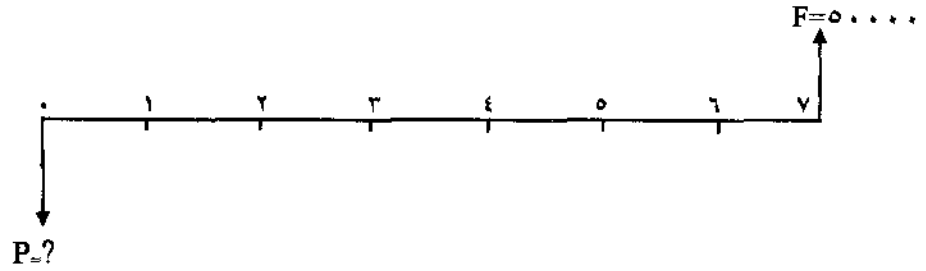


حل: از آنجاکه اولین پرداخت در پایان سال اول و آخرین پرداخت در پایان سال هشتم قرار دارد، از فاکتور F/A بصورت زیر استفاده می‌شود:

$F = ۱,۰۰۰ (F/A ، ٪۴ ، ۸) = ۱,۰۰۰ (۹/۲۱۴) = ۹,۲۱۴$

● مثال ۴-۳-اگر در یک طرح، بعد از ۷ سال به شما ۵۰,۰۰۰ واحد پولی به عنوان اصل و فرع بپردازند، اکنون چه‌مقدار پول در این طرح سرمایه‌گذاری می‌کنید؟ حداقل نرخ جذب کننده ٪۵ در سال فرض می‌شود.

حل: شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:



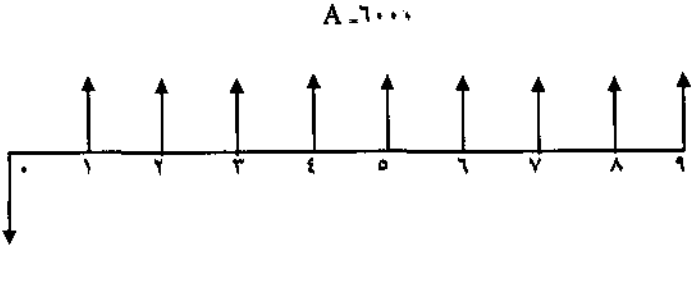
$P = ۵۰,۰۰۰ = (P/F ، ٪۵ ، ۷)$

$P = ۵۰,۰۰۰ (۰/۷۱۰۷) = ۳۵,۵۳۵$

● مثال ۵-۳-اگر بانکی متعهد شود از سال آینده در چنین روزی تا مدت ۹ سال، همه‌ساله مبلغ ۶,۰۰۰ واحد پولی به شما پرداخت نماید و نرخ بانک ٪۷ در سال فرض

شود، چه مقدار پول در این طرح سرمایه‌گذاری می‌کنید؟

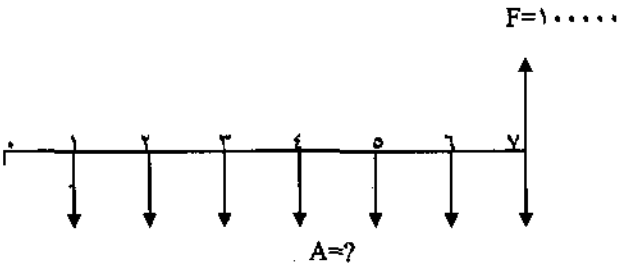
حل: شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:



$$P = ۶,۰۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۷\ ،\ ۹) = ۶,۰۰۰\ (۶/۵۱۵۲) = ۳۹۰۹۱/۲$$

● مثال ۶-۳- چه مقدار پول باید هر سال (شروع یکسال بعد) در بانک پس‌انداز کنید تا پس از ۷ سال با نرخ بهرهٔ بانک ۵٪، مبلغ ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی در حساب شما باشد:

حل: شکل فرآیند مالی به صورت زیر است:

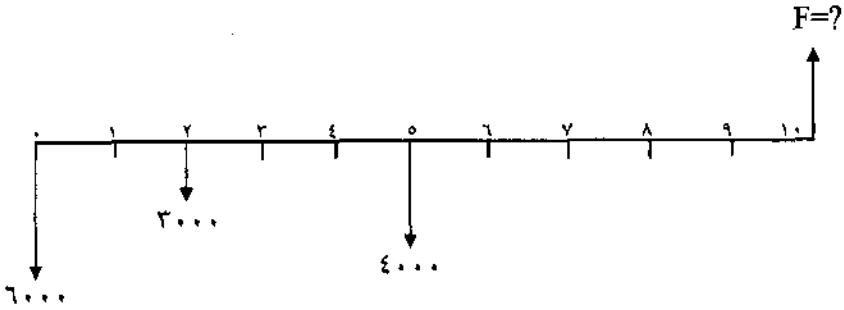


$$A = ۱۰۰,۰۰۰\ (A/F\ ،\ ٪۵\ ،\ ۷) = ۱۰۰,۰۰۰\ (۰/۱۲۲۸۲) = ۱۲,۲۸۲$$

● مثال ۷-۳- اگر شخصی امروز ۶,۰۰۰ واحد پولی، دو سال دیگر در چنین روزی ۳,۰۰۰ واحد پولی و پنج سال دیگر در چنین روزی ۴,۰۰۰ واحد پولی در بانک، با نرخ

بهره ۵٪ پس‌انداز کند، پس از ۱۰ سال از امروز، چه مقدار پول در حساب بانکی او خواهد بود؟

حل: شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:



ارزش فعلی هر یک از اقلام پس‌انداز شده در حال، دو سال و پنج سال بعد بصورت P ، به F تبدیل خواهد شد:

$$F = ۶,۰۰۰ (F/P ، ٪۵ ، ۱۰) + ۳,۰۰۰ (F/P ، ٪۵ ، ۸) + ۴,۰۰۰ (F/P ، ٪۵ ، ۵)$$

$$F = ۶,۰۰۰ (۱/۶۲۸۹) + ۳,۰۰۰ (۱/۴۷۷۵) + ۴,۰۰۰ (۱/۲۷۶۳)$$

$$F = ۱۹۳۱۱/۱$$

مسئله فوق را می‌توانستیم از طریق دیگری حل نمائیم. ابتدا ارزش فعلی اقلام پس‌انداز شده را در سال مبداء (سال صفر) محاسبه می‌کنیم و سپس کل ارزش فعلی را برای تعیین ارزش آینده به سال دهم انتقال می‌دهیم:

$$P = ۶,۰۰۰ + ۳,۰۰۰ (P/F ، ٪۵ ، ۲) + ۴,۰۰۰ (P/F ، ٪۵ ، ۵)$$

$$P = ۶,۰۰۰ + ۳,۰۰۰ (۰/۹۰۷۰) + ۴,۰۰۰ (۰/۷۸۳۵)$$

$$P = ۱۱,۸۵۵$$

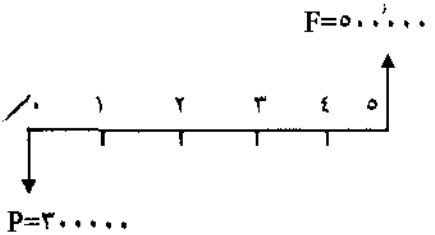
$$F = ۱۱,۸۵۵ (F/P ، ٪۵ ، ۱۰) = ۱۱,۸۵۵ (۱/۶۲۸۹)$$

$F = ۱۹,۳۱۰/۶$

تفاوت جزئی در جوابها، بخاطر استفاده از فاکتورهای متفاوت و تقریب جزئی در فاکتورهاست. منظور از تقریب در فاکتورها، رقم‌های اعشاری است که اغلب تا سه رقم اعشار وجود دارد.

● مثال ۸ـ۳ـشرکت «گل‌بار» قصد دارد در یک پروژه تولیدی سرمایه‌گذاری نماید. نحوه سرمایه‌گذاری بدین‌ترتیب است که شرکت در حال حاضر ۳۰۰,۰۰۰ واحد پولی می‌پردازد و بعد از ۵ سال مبلغ ۵۰۰,۰۰۰ واحد پولی دریافت می‌کند. اولاً نرخ بازگشت سرمایه برای شرکت چقدر خواهد بود؟ ثانیاً: اگر بانکی حاضر شود نرخ بهره ۷٪ را به عنوان نرخ بازگشت سرمایه به شرکت بپردازد، بشرطی که شرکت به همان نحو سرمایه‌گذاری را در بانک انجام دهد، آیا بهتر نیست شرکت در بانک سرمایه‌گذاری نماید؟

حل: شکل فرآیند مالی به صورت زیر است:



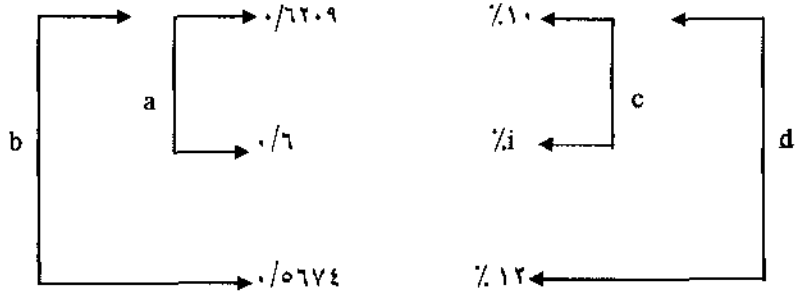
نرخ بازگشت سرمایه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P = F\,(P/F\,،i\%\,،n)$$

$$۳۰۰,۰۰۰ = ۵۰۰,۰۰۰\ (P/F\,،i\%\,،۵)$$

$$(P/F\,،i\%\,،۵) = \frac{۳۰۰,۰۰۰}{۵۰۰,۰۰۰} = ۰/۶$$

با استفاده از جدول فاکتورها باید مقدار (i) را تعیین کرد. بدین‌ترتیب که باید در ستون P/F در سال پنجم، در جستجوی نرخی بود که P/F آن ۰/۶ است. عدد ۰/۶ را نمی‌توان در ستون P/F مشاهده کرد ولی اعداد بالا و پائین ۰/۶ در نرخهای ٪۱۰ ، ٪۱۲ وجود دارند. سپس تناسب زیر باید تشکیل گردد:



$$C = \left(\frac{۰/۶۲۰۹ - ۰/۶}{۰/۶۲۰۹ - ۰/۵۶۷۴}\right)(۱۲-۱۰) = ۰/۷۸۱۳$$

$$i = ۱۰ + ۰/۷۸ = ٪۱۰/۷۸$$

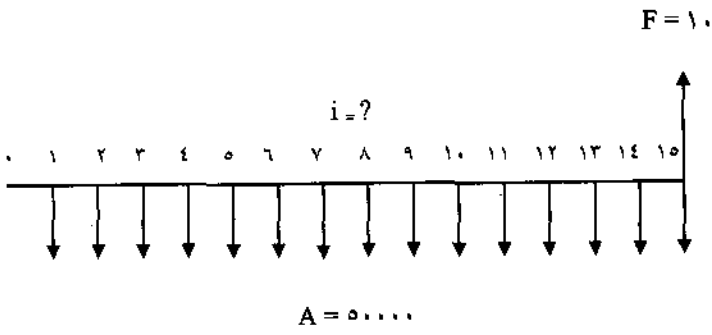
که معمولاً عبارت بالا به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$ROR = ٪۱۰/۷۸$$

برای پاسخ به قسمت دوم سوال، از آنجا که نرخ بازگشت سرمایه ٪۱۰/۷۸ از ٪۷ نرخ بانک بیشتر است، برای شرکت، سرمایه‌گذاری در واحد تولیدی اقتصادی‌تر است تا پس‌انداز نمودن در بانک.

● مثال ۹-۳- حداقل نرخ جذب کننده شرکت «گلنار» ٪۵ در سال است. پیشنهادی بدین‌قرار به شرکت شده است: از یکسال بعد، همه‌ساله تا ۱۵ سال مبلغ ۵۰،۰۰۰ واحد پولی در طرحی سرمایه‌گذاری شود و در پایان ۱۵ سال مبلغ ۱،۰۰۰،۰۰۰ واحد پولی دریافت شود. تصمیم شرکت چیست؟

حل: ابتدا نرخ برگشت سرمایه با توجه به شکل فرآیندهای طرح محاسبه می‌شود:



$A = F(A/F, i\%, n)$

$۵۰,۰۰۰ = ۱,۰۰۰,۰۰۰ (A/F, i\%, ۱۵)$

$(A/F, i\%, ۱۵) = ۰/۰۵$

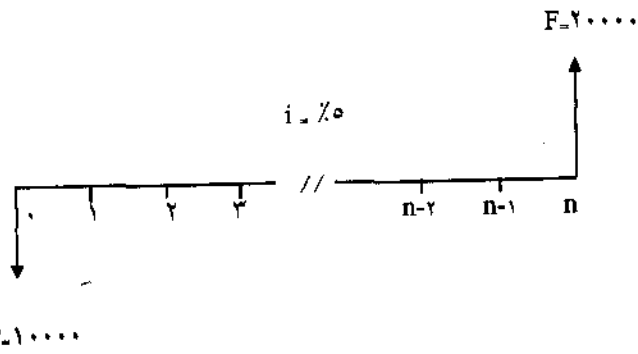
با استفاده از جدول و روش درون‌یابی، نرخ بازگشت سرمایه عبارت است از:

$ROR = ٪۳/۹۸$

از آنجا که حداقل نرخ جذب کننده شرکت ۵٪ در سال است، بنابراین این پیشنهاد اقتصادی نمی‌باشد.

● مثال ۱۰-۳- چه مدت طول می‌کشد تا ۱۰,۰۰۰ واحد پولی به ۲۰,۰۰۰ واحد پولی تبدیل شود، اگر نرخ بانک ۵٪ در سال فرض شود.

حل: شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:



$P = F\ (P/F\ ،i\%\ ،n)$

$۱۰,۰۰۰ = ۲۰,۰۰۰\ (P/F\ ،٪۵\ ،n)$

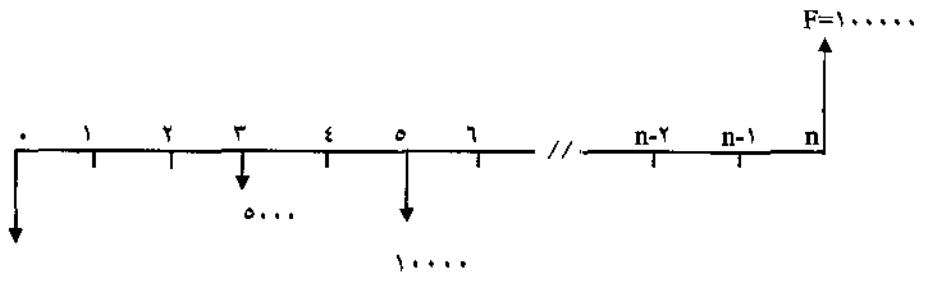
$(P/F\ ،٪۵\ ،n) = ۰/۵$

در جدول فاکتورها، در صفحه نرخ ۵٪ و در ستون P/F مشاهده می‌شود که ۰/۵، بین سالهای ۱۴ و ۱۵ واقع است.

با استفاده از روش درون‌یابی: $n = ۱۴/۲$

● مثال ۱۱-۳-یک سرمایه‌گذار، مبلغ ۲۰,۰۰۰ واحد پولی اکنون، ۵,۰۰۰ واحد پولی سه سال دیگر از حال، ۱۰,۰۰۰ واحد پولی پنج سال دیگر از حال در یک طرح سرمایه‌گذاری می‌کند. از حالا چند سال طول می‌کشد تا اصل و فرع سرمایه‌گذاری‌های انجام شده توسط او به ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی برسد؟ نرخ بازگشت سرمایه در طرح ۶٪ پیش‌بینی شده است.

حل: شکل فرآیند مالی این طرح بصورت زیر است:



یکی از راههای سادهٔ حل این مسئله بدین‌ترتیب است که ارزش فعلی ۵,۰۰۰ در سال سوم و ۱۰,۰۰۰ در سال پنجم را در سال مبداء (سال صفر) تعیین و با ۲۰,۰۰۰ در سال صفر جمع نمود تا ارزش فعلی کل بدست آید. این ارزش فعلی در مدت n سال باید برابر ۱۰۰,۰۰۰ شود:

$P = ۲۰,۰۰۰ + ۵,۰۰۰ (P/F ، ٪۶ ، ۳) + ۱۰,۰۰۰ (P/F ، ٪۶ ، ۵)$

$P = ۲۰,۰۰۰ + ۵,۰۰۰ (۰/۸۳۹۶) + ۱۰,۰۰۰ (۰/۷۴۷۳)$

$P = ۳۱,۶۷۱$

$P = F (P/F ، i\% ، n)$

$۳۱,۶۷۱ = ۱۰۰,۰۰۰ (P/F ، ٪۶ ، n)$

$(P/F ، ٪۶ ، n) = ۰/۳۱,۶۷۱$

عدد فوق در صفحه نرخ ٪۶، در ستون $\frac{P}{F}$ بین سالهای ۱۹ و ۲۰ واقع است که با روش درون‌یابی داریم:

$n = ۱۹/۷۳$

راه دیگر حل این مسئله بدین‌ترتیب است که ارزش آینده هر یک از اقلام سرمایه‌گذاری در حال، سال دوم و سال پنجم به طریق زیر پیدا شود. مقادیر $P_۱$، $P_۲$ و $P_۳$ مقادیر سه بار سرمایه‌گذاری هستند:

$F = P_۱ (F/P ، i\% ، n) + P_۲ (F/P ، i\% ، n-۳) + P_۳ (F/P ، i\% ، n-۵)$

$F = ۲۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۶ ، n) + ۵,۰۰۰ (F/P ، ٪۶ ، n-۳) + ۱۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۶ ، n-۵)$

از آنجا که عبارت طرف راست، باید برابر با مقدار ۱۰۰,۰۰۰ شود، باید n های مختلف در عبارت فوق قرار گیرند تا شرایط برای درون‌یابی فراهم گردد:

$n = ۱۹ \quad F = ۹۵,۸۳۰$

$n = ۲۰ \quad F = ۱۰۱,۵۷۵$

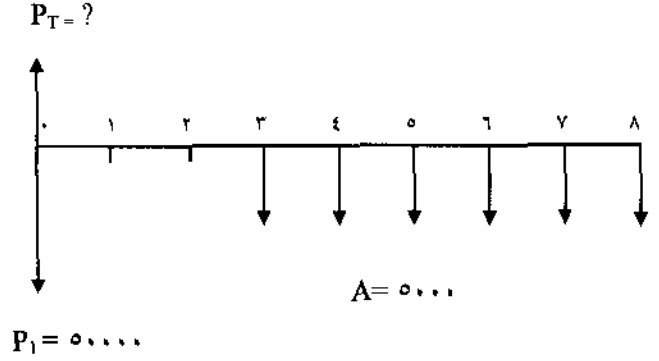
با استفاده از روش درون‌یابی، مشاهده می‌گردد که قبل: $n = ۱۹/۷۳$ خواهد شد.

در مثالهای ۳ـ۳ تا ۱۱ـ۳ کلیه پرداختها از سال مبداء شروع و به سال آخر ختم می‌شد و یا چند پرداخت منفصل وجود داشت. در مثالهای بعد توجه خاص به مسائلی که مبداء دریافتها یا پرداختها از سالی غیر از سال صفر است معطوف می‌گردد.

● مثال ۱۲ـ۳ـ شرکت «گلکار» یک ماشین کشاورزی را خریداری می‌کند. ۵۰,۰۰۰

واحد پولی را نقد می‌پردازد و قرار است از سه سال بعد، به مدت شش سال همه ساله ۵,۰۰۰ واحد پولی بپردازد. اگر حداقل نرخ جذب کننده شرکت ۸٪ در سال فرض شود، ارزش فعلی ماشین کشاورزی چقدر است؟

حل: شکل فرآیند مالی عبارت است از:



در شکل فوق، P_T ارزش فعلی کل[1] را نشان می‌دهد که عبارت است از مجموع:

$$P_T = P_1 + P_2$$

که P_2 ارزش فعلی پرداختهای مساوی از سال سوم تا سال هشتم است. اما برای محاسبه P_2، مبداء در سال دوم فرض می‌شود و سپس ارزش فعلی از سال دوم به سال مبداء واقعی یعنی سال صفر انتقال می‌یابد:

$$P_T = ٥٠,٠٠٠ + ٥,٠٠٠ \ (P/A \ ، ٪٨ \ ، ۶) \ (P/F \ ، ٪٨ \ ، ۲)$$

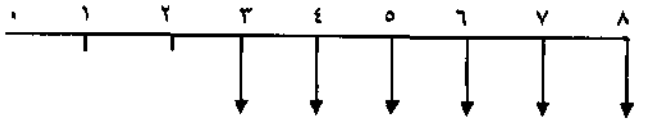
$$P_T = ٥٠,٠٠٠ + ٥,٠٠٠ \ (۴/۶۲۲۹) \ (۰/۸۵۷۳)$$

$$P_T = ۶۹,۸۱۶$$

● مثال ۱۳-۳-شرکت «گلریز» ماشینی را خریداری نموده است و قرار است از سال سوم

1 - Total Present Worth

تا سال هشتم (برطبق فرایند مالی زیر)، پرداختهای مساوی معادل با ۸,۰۰۰ بپردازد. شرکت علاقمند است بداند که اگر نرخ بهره ۶٪ در سال فرض شود، پرداختهای مساوی و یکنواخت از سال اول تا سال هشتم چقدر است؟



A=۸۰۰۰

حل: برای بدست آوردن پرداخت مساوی از سال اول تا سال هشتم (A) می‌توان از دو طریق عمل کرد:

طریق اول بدین‌ترتیب است که ارزش فعلی شش پرداخت، طبق شکل فوق در سال مبداء یعنی سال صفر بدست آید:

$P = ۸,۰۰۰ (P/A ، ٪۶ ، ۶) (P/F ، ٪۶ ، ۲)$

$P_T = ۳۵,۰۱۱/۲$

و سپس A از P محاسبه گردد:

$A = P (A/P ، ٪۶ ، ۸)$

$A = ۳۵,۰۱۱/۲ (۰/۱۶۲۲۱)$

$A = ۵,۶۳۸/۲$

طریق دوم بدین‌ترتیب است که ابتدا ارزش آیندهٔ شش بار پرداخت مساوی، یعنی F محاسبه و سپس A را از F بدست آوریم:

$F = ۸,۰۰۰ (F/A ، ٪۶ ، ۶)$

$F = ۵۵,۸۰۰$

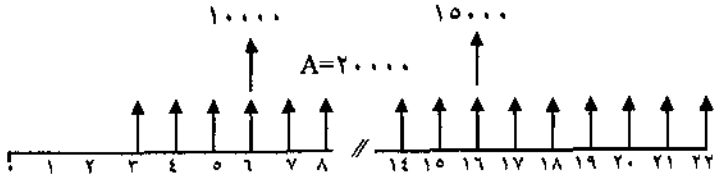
$A = F (A/F ، ٪۶ ، ۸)$

$A = ۵۵,۸۰۰ (۰/۱۰۱۰۴)$

$A = ۵,۶۳۸$

● مثال ۱۴-۳- ارزش فعلی فرآیند مالی زیر را محاسبه کنید. نرخ بهره سالیانه ۶٪ فرض

شده است.



حل: متذکر می‌شود که مقدار A = ۲۰,۰۰۰ از سال سوم تا سال بیست و دوم تکرار شده است. در سالهای ششم و شانزدهم نیز درآمد ۱۰,۰۰۰ و ۱۵,۰۰۰ وجود دارد.

کلیه درآمدهای مساوی از سال سوم تا بیست و دوم ابتدا از طریق P/A به سال مبداء خود و سپس به مبداء واقعی یعنی سال صفر انتقال می‌یابد. ارزش فعلی کل (P_T) عبارت خواهد بود از:

$$P_T = ۲۰,۰۰۰ (P/A ، ٪۶ ، ۲۰) (P/F ، ٪۶ ، ۲) + ۱۰,۰۰۰ (P/F ، ٪۶ ، ۶)$$
$$+ ۱۵,۰۰۰ (P/F ، ٪۶ ، ۱۶)$$
$$P_T = ۲۱۷,۱۱۸$$

● مثال ۱۵-۳- مقدار درآمد مساوی یکنواخت را در فرآیند مالی مثال ۱۴-۳ محاسبه کنید.

حل: درآمد مساوی یکنواخت را از دو طریق می‌توان بدست آورد:

الف: از طریق ارزش فعلی $A = P_T (A/P ، ٪۶ ، ۲۲)$

در مثال قبل P_T محاسبه شد. در این صورت تعیین A یا مقدار درآمد مساوی یکنواخت به سادگی عملی است:

$$A = ۲۱۷,۱۱۸ (۰/۰۸۳۰۵)$$
$$A = ۱۸,۰۳۲$$

ب: از طریق ارزش آینده

باید ابتدا مقدار ارزش آینده کل (F_T) محاسبه و سپس با استفاده از از فاکتور A/F، A تعیین شود.

$F_T = ۲۰,۰۰۰ (F/A ، ٪۶ ، ۲۰) + ۱۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۶ ، ۱۶) + ۱۵,۰۰۰ (F/P ، ٪۶ ، ۶)$

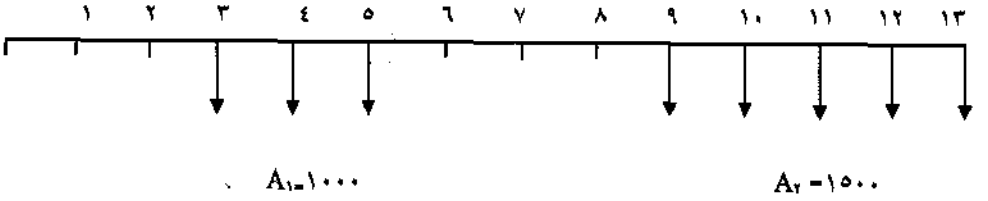
$F_T = ۷۸۲,۳۸۱$

$A = F_T (A/F ، ٪۶ ، ۲۲)$

$A = ۷۸۲,۳۸۱ (۰/۰۲۳۰۵)$

$A = ۱۸,۰۳۴$

● مثال ۱۶-۳-ارزش فعلی را در فرآیند مالی زیر محاسبه کنید، اگر نرخ ۱۵٪ در سال فرض شود:



حل: محاسبه ارزش فعلی شکل فوق می‌تواند از طرق مختلف انجام شود که به توضیح دو طریق زیر می‌پردازیم:

الف: از طریق ارزش فعلی

$P_T = P_{A۱} + P_{A۲}$

$P_{A۱} = A_۱ (P/A ، ٪۱۵ ، ۳) (P/F ، ٪۱۵ ، ۲)$

$P_{A۱} = ۱,۰۰۰ (۲/۲۸۳) (۰/۷۵۶)$

$P_{A۱} = ۱,۷۲۶$

$P_{A۲} = A_۲ (P/A ، ٪۱۵ ، ۵) (P/F ، ٪۱۵ ، ۸)$

$P_{A۲} = ۱,۵۰۰ (۳/۳۵۲) (۰/۳۲۷)$

$P_{A۲} = ۱,۶۴۴$

$P_T = ۳,۳۷۰$

ب: از طریق ارزش آینده

$P_T = (F_{A۱} + F_{A۲})\ (P/F\ ،٪۱۵\ ،۱۳)$

$F_{A۱} = ۱,۰۰۰\ (F/A\ ،٪۱۵\ ،۳)\ (F/P\ ،٪۱۵\ ،۸)$

$F_{A۱} = ۱۰,۶۲۱$

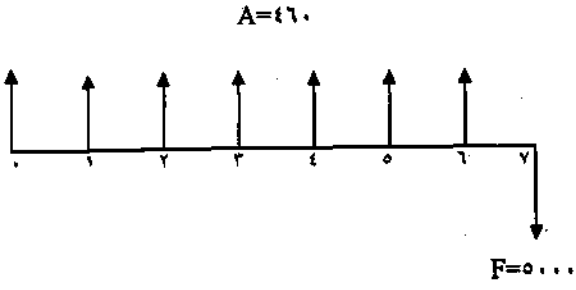
$F_{A۲} = ۱,۵۰۰\ (F/A\ ،٪۱۵\ ،۵)$

$F_{A۲} = ۱۰,۱۱۳$

$P_T = (۱۰,۶۲۱ + ۱۰\ ،۱۱۳)\ (۰/۱۶۲۵)$

$P_T = ۳,۳۷۰$

● مثال ۱۷-۳- فرآیند مالی شرکت «گلنار» بصورت زیر می‌باشد. ارزش فعلی شکل را اگر حداقل نرخ بهره جذب کننده سالانه ۸٪ فرض شود محاسبه نمائید.



حل:

$P_T = ۴۶۰ + ۴۶۰\ (P/A\ ،٪۸\ ،۶) - ۵,۰۰۰\ (P/F\ ،٪۸\ ،۷)$

$P_T = -۳۳۱$

توضیح اینکه ارزش فعلی ۴۶۰ در سال صفر، برابر با خودش بوده و از آنجا که فرآیند مالی سال هفتم هزینه می‌باشد، با علامت منفی نشان داده شده است.

مسائل فصل سوم

در مسائل ۱ـ۳ تا ۳ـ۳ مقدار فاکتورهای خواسته شده را از طریق درون‌یابی خطی محاسبه نمائید:

● ۱ـ۳ـ
a. (P/A ، ٪۸/۵ ، ۱۳)
b. (F/A ، ٪۳۷ ، ۲۴)
c. (P/F ، ٪۷/۷ ، ۹)
d. (A/F ، ٪۴۹ ، ۲۸)

● ۲ـ۳ـ
a. (F/P ، ٪۳ ، ۳۹)
b. (A/P ، ٪۱۰ ، ۹/۸)
c. (A/F ، ٪۶ ، ۵۲)
d. (P/F ، ٪۱۸ ، ۳۷)

● ۳ـ۳ـ
a. (P/F ، ٪۳/۸ ، ۷/۷)
b. (P/A ، ٪۹/۶ ، ۶۸)
c. (F/A ، ٪۲۳ ، ۱۱/۶)
d. (A/F ، ٪۱۷ ، ۲۳)

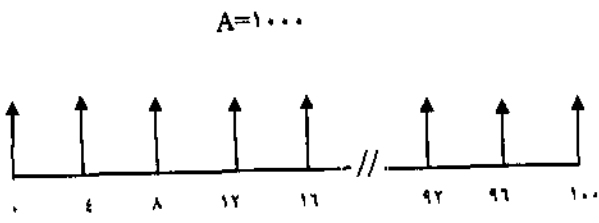
● ۴ـ۳ـ اگر شما مبلغ ۵,۰۰۰ واحد پولی را در بانکی با نرخ ۱۸٪ در سال، به مدت ۱۲ سال پس‌انداز نمائید، اصل و فرع پس از مدت مذکور چقدر خواهد بود؟

● ۵ـ۳ـ شخصی مبلغ ۴۵,۰۰۰ واحد پولی را با نرخ ۲۰٪ در سال قرض می‌کند و یکسال پس از قرض گرفتن، شروع به پرداخت اقساط سالانه خواهد نمود. اگر شخص بخواهد مبلغ مذکور را در ۵ قسط مساوی سالیانه بپردازد، قسط سالیانه را تعیین نمائید.

● ۶-۳- اگر شخصی ۸,۰۰۰ واحد پولی اکنون و ۱۶,۰۰۰ واحد پولی سه سال دیگر در چنین روزی در بانک پس‌انداز نماید، چند سال طول می‌کشد تا اصل و فرعی برابر با ۳۵,۰۰۰ واحد پولی از بانک دریافت نماید. نرخ بهره بانک ۱۰٪ در سال است.

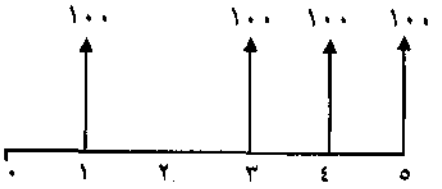
● ۷-۳- شرکت «گلجو» طرحی برای بازنشستگی کارمندان خود دارد. کارمندان به مدت ۲۵ سال، هر سال ۷,۲۰۰ واحد پولی، حق بازنشستگی می‌پردازند و این پرداخت از پایان سال اول آغاز می‌شود. شرکت تضمین می‌نماید که در پایان دوره ۲۵ سال، مبلغ ۲۵۰,۰۰۰ واحد پولی به کارمندان بطور یکجا بپردازد. نرخ بازگشت سرمایه روی این طرح بازنشستگی چقدر است؟

● ۸-۳- مقدار ارزش فعلی را در فرآیند مالی زیر محاسبه کنید. نرخ بهره ۱۵٪ در سال می‌باشد.

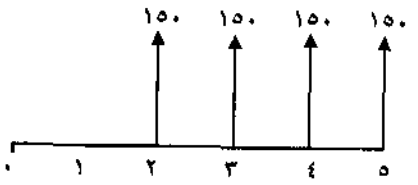


● ۹-۳- مقدار ارزش فعلی را در فرآیندهای مالی زیر با نرخ بهره سالیانه ۱۵٪ در دوره محاسبه نمائید:

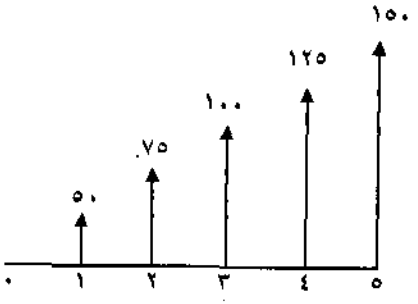
a.


۱۰۰
۱۰۰
۱۰۰
۱۰۰
۰ ۱ ۲ ۳ ٤ ٥

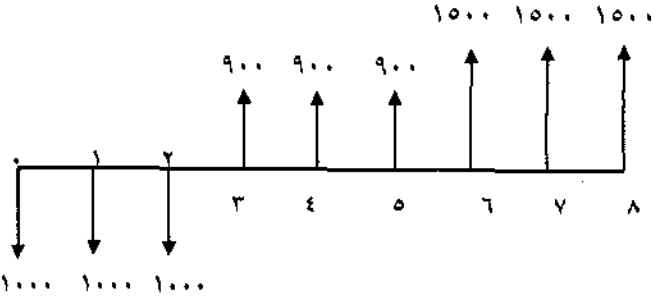
b.


۱۵۰
۱۵۰
۱۵۰
۱۵۰
۰ ۱ ۲ ۳ ٤ ٥

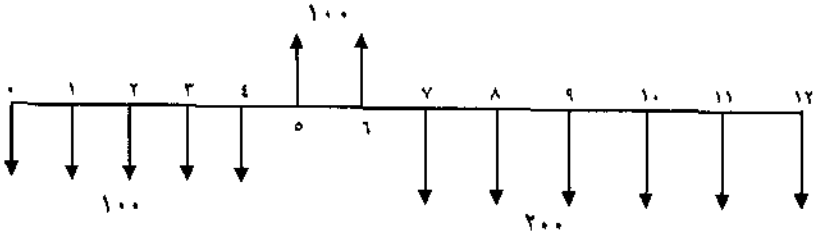
c.


۱۵۰
۱۲۵
۱۰۰
۷۵
۵۰
۰ ۱ ۲ ۳ ٤ ٥

d.


۱۵۰۰ ۱۵۰۰ ۱۵۰۰
۹۰۰ ۹۰۰ ۹۰۰
۰ ۱ ۲
۳ ٤ ٥ ٦ ۷ ۸
۱۰۰۰ ۱۰۰۰ ۱۰۰۰

e.

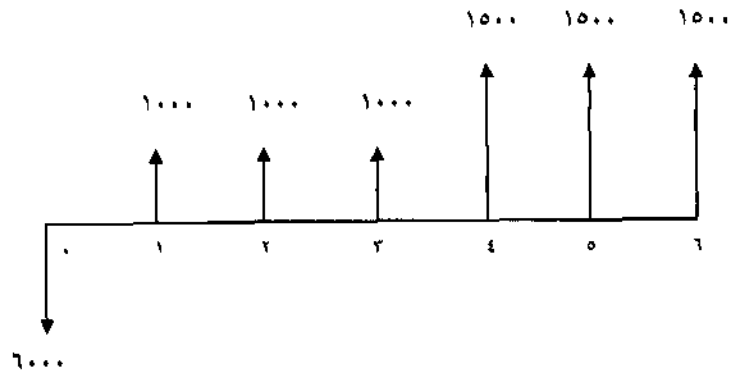

۱۰۰
۰ ۱ ۲ ۳ ٤ ٥ ٦ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲
۱۰۰
۲۰۰

● ۱۰ـ۳ـ مقدار دریافت یکنواخت سالیانه را در مسئله شماره ۸ـ۳ معین نمائید.

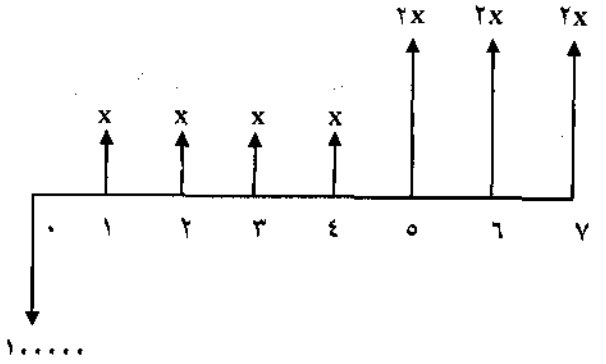
● ۱۱ـ۳ـ مقدار دریافت یکنواخت سالیانه را در مسئله شماره ۹ـ۳ قسمتهای a و b و c نمائید.

● ۱۲ـ۳ـ در مسئله ۹ـ۳ قسمت e، هزینه یکنواخت سالیانه (هزینه سالیانه از سال ۱ تا ۱۲) را بدون درنظر گرفتن درآمدهای سال پنجم و ششم محاسبه نمائید.

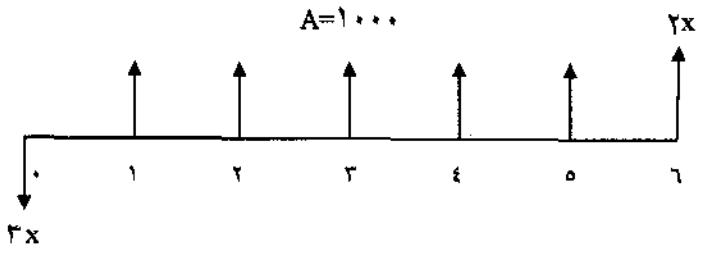
● ۱۳ـ۳ـ پروژه‌ای با فرآیند مالی زیر به شرکت «گلپر» پیشنهاد شده است. حداقل نرخ جذب کننده شرکت برابر ۸٪ در سال است. آیا اجرای این پروژه را به شرکت توصیه می‌نمائید.



● ۱۴ـ۳ـ در فرآیند مالی زیر مقدار X را تعیین کنید. نرخ بهره سالیانه ۲۰٪ است.



● ۱۵-۳- در فرآیند مالی زیر مقدار X را محاسبه نمائید. نرخ بهره سالیانه ۱۵٪ است.



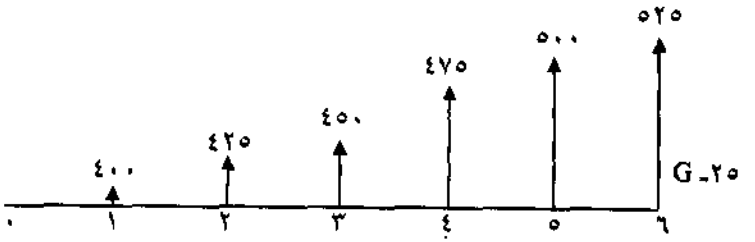
فصل چهارم

حالتهای مخصوص فرآیند مالی

هدف از این فصل شناخت حالتهای مخصوص فرآیند مالی است. در این فصل دو حالت مهم فرآیند مالی که عبارتند از «شیب یکنواخت» و «سریهای هندسی»، معرفی و بررسی خواهند شد.

شیب یکنواخت[1]

چنانچه یک فرآیند مالی که شامل هزینه یا درآمد در هر دوره است بطور یکنواخت کاهش یا افزایش یابد، حالت شیب یکنواخت را بوجود می‌آورد. به عبارت دیگر درآمدها یا هزینه‌ها به میزان ثابتی افزایش یا کاهش می‌یابند. شکل فرآیندهای زیر حالت شیب افزایشی را نشان می‌دهد.



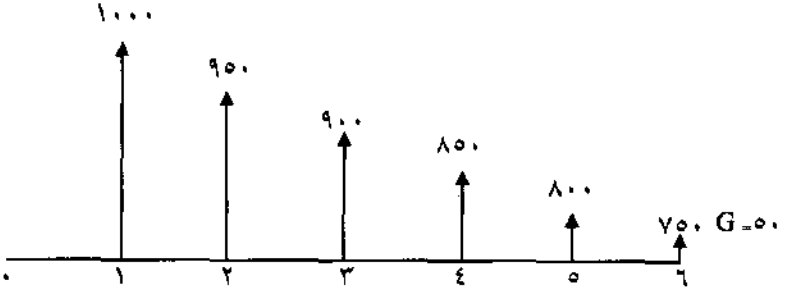
در شکل فوق مقدار ثابتی که هر سال نسبت به سال قبل افزایش می‌یابد، ۲۵ می‌باشد. این مقدار ثابت را با G[2] نشان می‌دهند. حالت شیب کاهشی را در شکل فرآیند مالی زیر می‌توان دید. مقدار ثابتی که هر سال نسبت به سال قبل کاهش داشته برابر با ۵۰

---

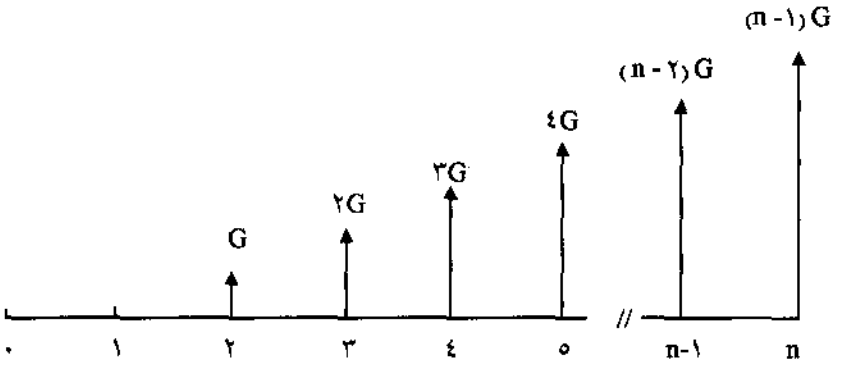
1 - Uniform Gradients

2 - Gradient

یا ۵۰ = G می‌باشد.



شکل کلی سری شیب یکنواخت بصورت زیر می‌باشد:



شکل فوق، استاندارد می‌باشد و G از سال دوم آغاز می‌گردد. فاکتورهای P/G و A/G را می‌توان از شکل فوق تعیین کرد.

رابطه بین G و P

رابطه بین G و P را می‌توان از طرق مختلف بدست آورد. استفاده از فاکتور P/F یکی از آن طرق می‌باشد. مقدار ارزش فعلی درآمدها در شکل استاندارد (شکل فوق) در سال صفر از رابطه زیر حاصل خواهد شد:

کتابخانه مرکز آموزش عالی
وجاء ۵۲

$$P = G\,(P/F, i\%, ۲) + ۲G\,(P/F, i\%, ۳) + ۳G\,(P/F, i\%, ۴) + \ldots$$
$$+ [(n-۲)\,G]\,(P/F, i\%, n-۱) + [(n-۱)\,G]\,(P/F, i\%, n)$$

از مقدار G فاکتور می‌گیریم:

$$P = G\,(P/F, i\%, ۲) + ۲\,(P/F, i\%, ۳) + ۳\,(P/F, i\%, ۴) + \ldots$$
$$+ [(n-۲)\,(P/F, i\%, n-۱) + (n-۱)\,(P/F, i\%, n)]$$

بجای مقادیر P/F در سالهای مختلف از رابطه (۲ـ۳) استفاده می‌شود و رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P = G\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۲}} + \frac{۲}{(۱+i)^{۳}} + \frac{۳}{(۱+i)^{۴}} + \ldots + \frac{n-۲}{(۱+i)^{n-۱}} + \frac{n-۱}{(۱+i)^{n}}\right] \quad (۴\text{ـ}۱)$$

دو طرف رابطه بالا را در (i + ۱) ضرب می‌کنیم و رابطه (۲ـ۴) بدست می‌آید:

$$P(۱+i) = G\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۱}} + \frac{۲}{(۱+i)^{۲}} + \frac{۳}{(۱+i)^{۳}} + \ldots + \frac{n-۲}{(۱+i)^{n-۲}} + \frac{n-۱}{(۱+i)^{n-۱}}\right]$$

(۴ـ۲)

با کسر کردن رابطه (۱ـ۴) از (۲ـ۴) رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$P(۱+i) - P = G\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۱}} + \frac{(۲-۱)}{(۱+i)^{۲}} + \frac{۳-۲}{(۱+i)^{۳}} + \ldots + \frac{(n-۱)-(n-۲)}{(۱+i)^{n-۱}} - \frac{(n-}{(۱+i}\right.$$

بعد از ساده کردن دو طرف رابطه فوق خواهیم داشت:

$$Pi = G\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۱}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۲}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۳}} + \ldots + \frac{۱}{(۱+i)^{n-۱}} + \frac{(۱-n)}{(۱+i)^{n}}\right]$$

آخرین عبارت داخل کروشه یعنی $\frac{۱-n}{(۱+i)^{n}}$ بصورت $\frac{۱}{(۱+i)^{n}} - \frac{n}{(۱+i)^{n}}$ تفکیک شده و رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$Pi = G\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۱}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۲}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۳}} + \ldots + \frac{۱}{(۱+i)^{n-۱}} + \frac{۱}{(۱+i)^{n}}\right] - \frac{Gn}{(۱+i)^{n}}$$

مقدار $\frac{۱}{i}$ را در دو طرف رابطهٔ فوق ضرب می‌کنیم:

$$P = \frac{G}{i}\left[\frac{۱}{(۱+i)^{۱}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۲}} + \frac{۱}{(۱+i)^{۳}} + \ldots + \frac{۱}{(۱+i)^{n-۱}} + \frac{۱}{(۱+i)^{n}}\right] - \frac{Gn}{i(۱+i)^{n}}$$

مقدار داخل کروشه بیانگر تعیین ارزش فعلی مقدار یکنواخت A یا به عبارت دیگر فاکتور P/A است که با جایگزینی (۵-۳) داریم:

$$P = \frac{G}{i}\left[\frac{(۱+i)^{n} - ۱}{i(۱+i)^{n}}\right] - \frac{Gn}{i(۱+i)^{n}}$$

$$P = \frac{G}{i}\left[\frac{(۱+i)^{n} - ۱}{i(۱+i)^{n}} - \frac{n}{(۱+i)^{n}}\right] \qquad (۴-۳)$$

عبارت فوق به صورت فاکتور (P/G ، i% ، n) نشان داده می‌شود و فرمول کلی عبارت خواهد بود از:

$$P = G\ (P/G\ ،i\%\ ،n)$$

این رابطه ارزش فعلی یک سری درآمد یا هزینه را که با یک شیب ثابت از سال دوم شروع می‌شود محاسبه می‌نماید.

رابطه بین G و A

با محاسبه رابطه بین G و P، بسادگی رابطه بین G و A حاصل خواهد شد. چنانچه در رابطه (۳-۴) بجای P ، رابطه (۳-۵) یعنی رابطه بین P و A را قرار دهیم، رابطه G و A حاصل می‌شود:

$$A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right] = \frac{G}{i}\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - \frac{n}{(1+i)^n}\right]$$

پس از ساده کردن طرفین خواهیم داشت:

$$A = G\left[\frac{1}{i} + \frac{n}{(1+i)^n - 1}\right]$$

عبارت فوق بصورت فاکتور (A/G ، i% ، n) نشان داده می‌شود که بصورت فرمول زیر بکار خواهد رفت:

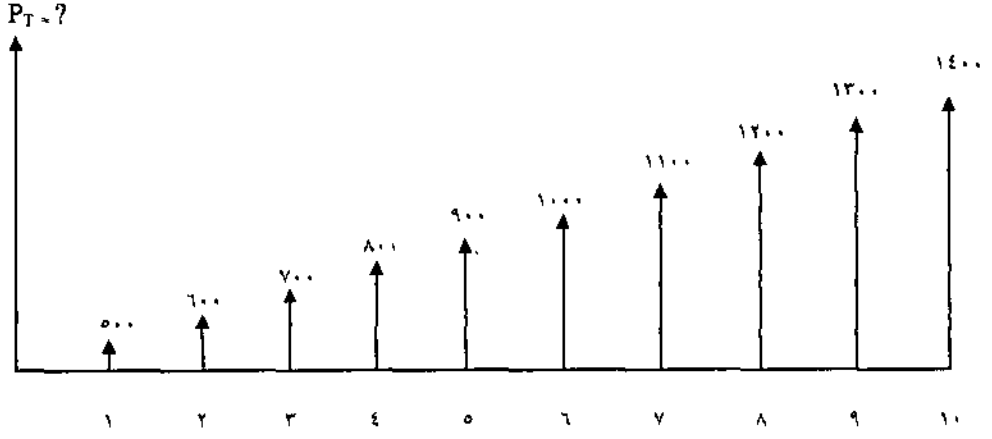
$$A = G\ (A/G\ ،i\%\ ،n)$$

در حقیقت روابط زیر برقرار است:

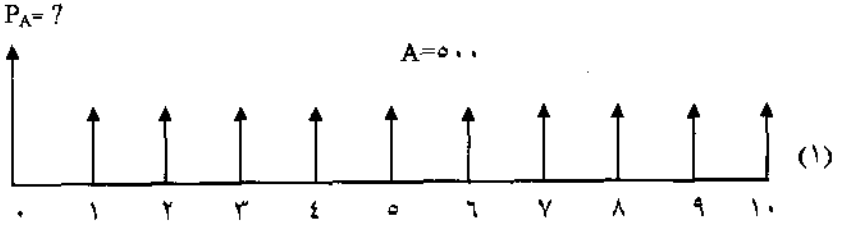
$$(A/G\ ،i\%\ ،n) = (P/G\ ،i\%\ ،n)\ (A/P\ ،i\%\ ،n)$$
$$(P/G\ ،i\%\ ،n) = (A/G\ ،i\%\ ،n)\ (P/A\ ،i\%\ ،n)$$

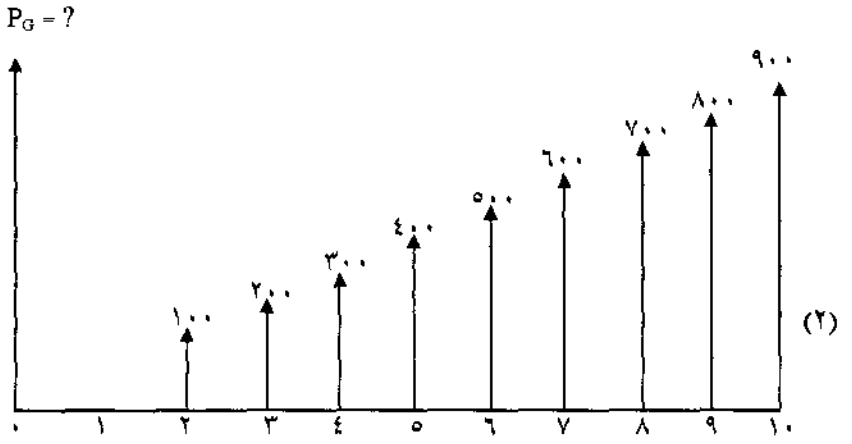
در پایان ضمیمه یک در جدول فاکتورها دو فاکتور A/G و P/G را با نرخها و دوره‌های متفاوت می‌توان یافت و با استفاده از مقادیر از پیش تعیین شده می‌توان در محاسبات تسریع بعمل آورد. برای آشنایی بیشتر با شیب یکنواخت به ذکر چند مثال می‌پردازیم:

● مثال ۱-۴- شرکت «گلپا» علاقمند است ارزش فعلی فرآیند مالی زیر را محاسبه کند، حداقل نرخ جذب کننده ۵٪ در دورهٔ در نظر گرفته شده است.



حل: همانطورکه مشاهده می‌شود یک شیب یکنواخت، که هر دوره نسبت به دورهٔ قبل (G=۱۰۰) افزایش دارد قابل تشخیص می‌باشد. شکل فوق را می‌توان به دو شکل زیر تقسیم کرد:





$P_T = P_A + P_G$

$P_A = ۵۰۰ (P/A ، ٪۵ ، ۱۰) + ۱۰۰ (P/G ، ٪۵ ، ۱۰)$

$P_A = ۵۰۰ (۷/۷۲۱۷) + ۱۰۰ (۳۱/۶۲۵)$

$P_A = ۷,۰۲۶/۰۵$

● مثال ۲ـ۴ـ مقدار درآمد سالیانه یکنواخت (A) را در مثال ۱ـ۴ محاسبه کنید؟

حل: در رابطه $A = A_1 + A_G$

A_1 = درآمد یکنواخت در شکل (۱)

A_G = درآمد یکنواخت حاصل از شیب یکنواخت در شکل (۲)

$A = ۵۰۰ + ۱۰۰ (A/G ، ٪۵ ، ۱۰)$

$A = ۵۰۰ + ۱۰۰ (۴/۰۹۹)$

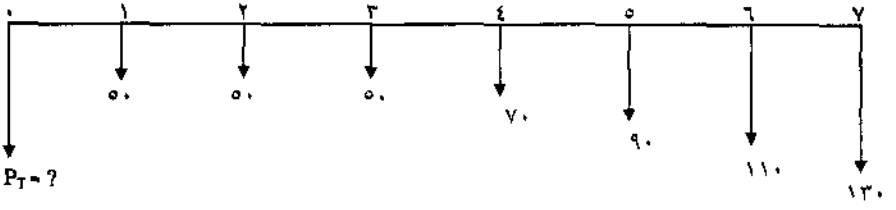
$A = ۹۰۹/۹۰$

روش دیگر بدست آوردن A با استفاده از P_T در مثال قبل است:

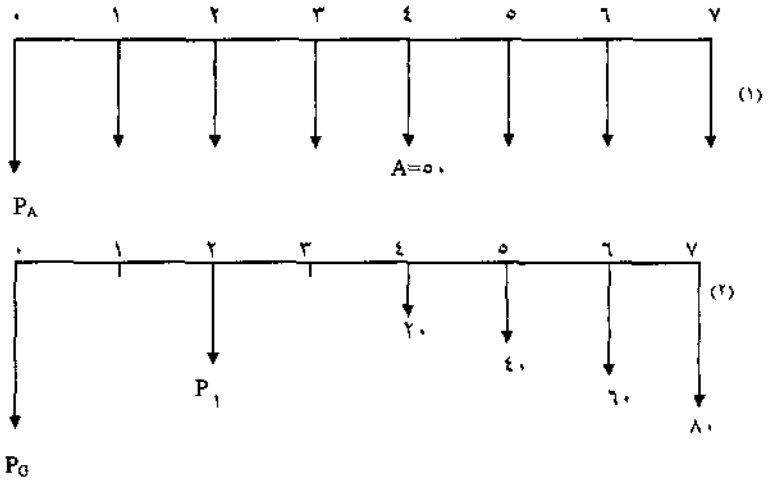
$A = P_T (A/P ، ٪۵ ، ۱۰)$

$A = ۷,۰۲۶/۰۵ (۰/۱۲۹۵) = ۹۰۹/۸۷$

● مثال ۳-۴- میزان هزینه‌های سالیانه سیستم تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات در شرکت «گل‌آرا» طبق فرآیند مالی زیر برآورده شده است. حداقل نرخ جذب‌کننده ٪۵ در سال فرض شده و اعداد برحسب ۱,۰۰۰ هستند. ارزش فعلی هزینه‌ها را محاسبه نمائید.



حل: شکل فوق به دو شکل زیر تقسیم می‌شود:



در شکل (۲) شیب افزایشی یکنواختی که از سال چهارم با G = ۲۰ شروع می‌شود را می‌توان مشاهده کرد. مبداء این سری هزینه، سال دوم بوده و بسادگی می‌توان ارزش فعلی را در سال دوم بدست آورد.

$$P_۱ = ۲۰ \ (P/G \ ، ٪۵ \ ، ۵)$$
$$= ۲۰ \ (۸/۲۳۷) = ۱۶۴/۷۴$$

مقدار $P_۱$ باید به سال مبداء اصلی یعنی سال صفر منتقل شود:

$$P_G = ۱۶۴/۷۴ \ (P/F \ ، ٪۵ \ ، ۲)$$
$$P_G = ۱۶۴/۷۴ \ (۰/۹۰۷۰) = ۱۴۹/۴۲$$

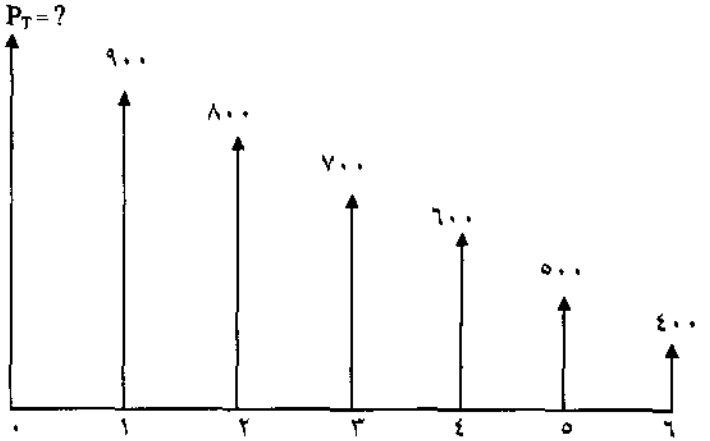
مقدار ارزش فعلی کل عبارت است از:

$$P_T = P_A + P_G$$
$$P_T = ۵۰ \ (P/A \ ، ٪۵ \ ، ۷) + P_G$$
$$P_T = ۵۰ \ (۵/۷۸۶۴) + ۱۴۹/۴۲$$
$$P_T = ۴۳۸/۷۴$$

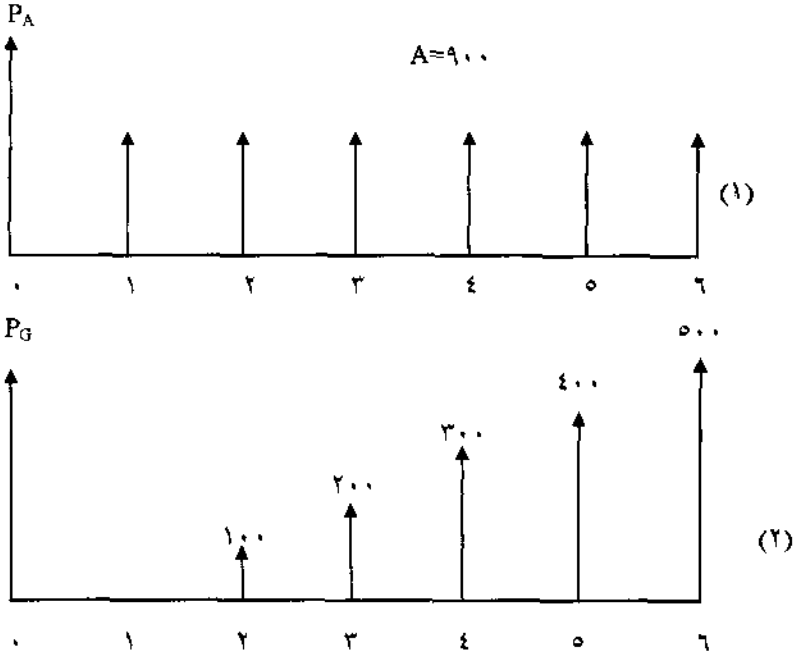
شیب یکنواخت کاهشی

چنانچه یک فرآیند مالی دارای شیب یکنواخت کاهشی بود می‌توان با تبدیل شکل کاهشی به افزایشی و با استفاده از محاسبات مربوط به شیب یکنواخت افزایشی، ارزش فعلی فرآیند مالی را محاسبه نمود.

● مثال ۴-۴-ارزش فعلی فرآیند مالی زیر را با نرخ ٪۷ در سال محاسبه نمائید.



حل: فرآیند مالی یک شیب کاهشی با G = ۱۰۰ را نشان می‌دهد. شکل فوق را می‌توان به دو شکل زیر تقسیم کرد و ارزش فعلی را بدست آورد.



مقادیر اضافی که شکل (۱) نسبت به فرآیند مالی اصلی دارد، شکل (۲) را تشکیل می‌دهد. به بیان دیگر ارزش فعلی مسئله عبارت از تفاوت ارزش فعلی شکل (۲) با شکل (۱) است:

$P_T = P_A - P_G$

$P_T = ۹۰۰ (P/A ، ٪۷ ، ۶) - ۱۰۰ (P/G ، ٪۷ ، ۶)$

$P_T = ۹۰۰ (۴/۷۶۶۵) - ۱۰۰ (۱۰/۹۷۸)$

$P_T = ۳,۱۹۲/۰۵$

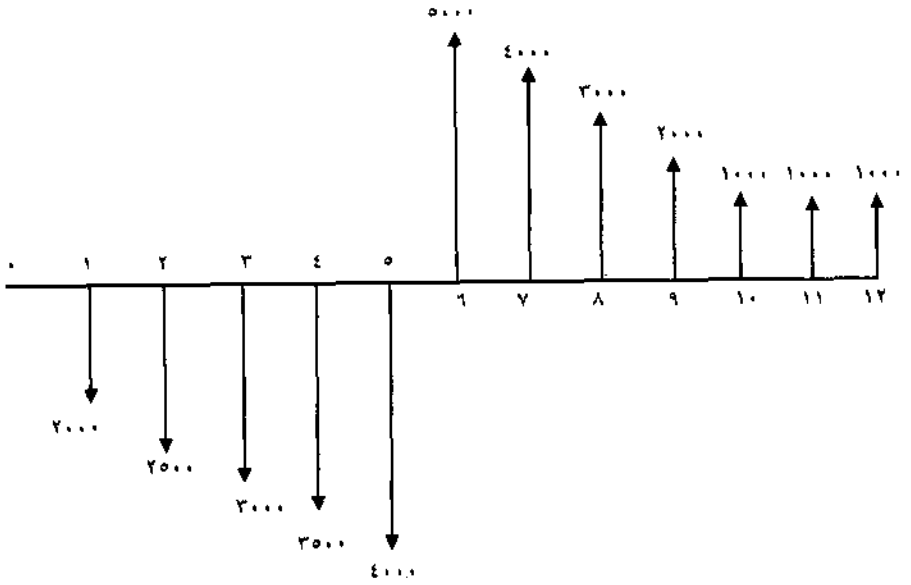
چنانچه درآمد یکنواخت‌سالیانه (A) موردنظرباشد می‌توان آنرا به‌راحتی محاسبه کرد:

$A = ۹۰۰ - ۱۰۰ (A/G ، ٪۷ ، ۶)$

$A = ۹۰۰ - ۱۰۰ (۲/۳۰۳)$

$A = ۶۶۹/۷$

● مثال ۵-۴- طرح تولید میز تحریر خاصی به شرکت «گل‌ابزار» پیشنهاد شده است. فرآیند مالی محصول عبارت از سرمایه‌گذاریهای متعدد در ۵ دوره و سپس فروش محصول و کسب درآمد در ۷ دورهٔ بعد است، شکل فرآیند مالی بصورت زیر است. نرخ جذب کننده برای شرکت ٪۷ در دوره می‌باشد. آیا با استفاده از روش ارزش فعلی می‌توان گفت این طرح اقتصادی است؟



حل: شکل فرآیند مالی فوق از دو قسمت تشکیل شده است. P_1 ارزش فعلی هزینه و P_2 ارزش فعلی درآمد فرض می‌شود. محاسبه مقدار P_1 و P_2 در ذیل نشان داده شده و از تفاوت آنها P_T یا ارزش فعلی خالص بدست آمده است:

$$P_1 = ۲,۰۰۰ (P/A ، ٪۷ ، ۵) + ۵۰۰ (P/G ، ٪۷ ، ۵)$$

$$P_1 = ۲,۰۰۰ (۴/۱۰۰۲) + ۵۰۰ (۷/۶۴۶)$$

$$P_1 = ۱۲,۰۲۳/۱۴۰$$

$$P_2 = [۵,۰۰۰ (P/A ، ٪۷ ، ۵) - ۱,۰۰۰ (P/G ، ٪۷ ، ۵)] (P/F ، ٪۷ ، ۵)$$
$$+ ۱,۰۰۰ (P/A ، ٪۷ ، ۲) (P/F ، ٪۷ ، ۱۰)$$

$$P_2 = [۵,۰۰۰ (۴/۱۰۰۲) - ۱,۰۰۰ (۷/۶۴۶)] (۰/۷۱۳۰)$$

$$= ۱,۰۰۰ (۱/۸۰۸) (۰/۵۰۸۴)$$

$$P_2 = ۱۰,۰۸۴/۸۰$$

$$P_T = P_2 - P_1$$

$$P_T = ۱۲,۰۲۳/۴۰ - ۱۰,۰۸۴/۸۰$$

$$P_T = - ۱,۹۳۸/۶$$

از آنجاکه ارزش فعلی خالص منفی است، این طرح اقتصادی نمی‌باشد. با استفاده از نتیجه فوق می‌توان مقدار A خالص را نیز محاسبه کرد:

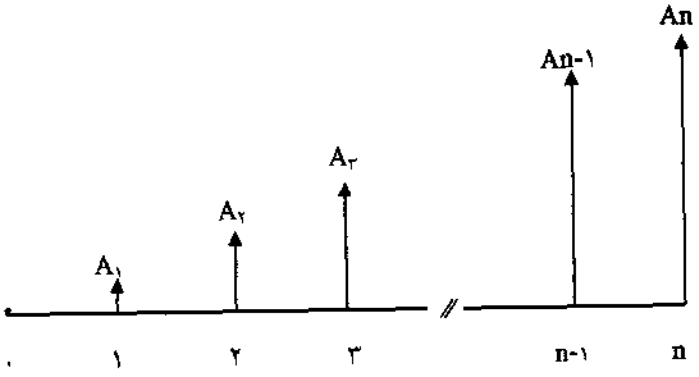
$$A = - ۱,۹۳۸/۶ (A/P ، ٪۷ ، ۱۲)$$

$$A = - ۱,۹۳۸/۶ (۰/۱۲۵۹)$$

$$A = - ۲۴۴/۰۷$$

سری هندسی[1]

یک سری هندسی یک فرآیند مالی است که هر پرداخت یا دریافت آن نسبت به دورهٔ قبل به اندازهٔ درصد معینی افزایش یا کاهش می‌یابد. شکل زیر یک سری هندسی که دریافتها طبق نرخ مشخصی همه‌ساله افزایش می‌یابند را نشان می‌دهد:



اگر j درصد تغییر فرض شود، مقدار دریافت در سال t عبارت خواهد بود از:

$$A_t = A_{t-1}\ (1+j) \qquad t = 2,...,n$$

و یا بطورکلی:

$$A_t = A_1\ (1+j)^{t-1} \qquad t = 1,...,n$$

برای محاسبه ارزش فعلی فرآیند مالی فوق، هر یک از دریافتها را F فرض نموده، با استفاده از رابطه P و F، رابطه (۲ـ۳)، رابطه زیر را برقرار می‌کنیم:

1 - Geometric Series

$$P = \sum_{t=1}^{n} A_1 (1+j)^{t-1} / (1+i)^t$$

$$P = \sum_{t=1}^{n} A_1 (1+j)^{t-1} \times (1+i)^{-t}$$

رابطه فوق را می‌توان پس از یک سری عملیات ریاضی به صورت زیر ساده و خلاصه کرد:

$$P = A_1 \left[\frac{1 - (1+j)^n (1+i)^{-n}}{i - j} \right] \qquad i \neq j \qquad (۴-۴)$$

$$P = \frac{nA_1}{1+i} \qquad i = j \qquad (۴-۵)$$

روابط فوق زمانی استفاده می‌شود که مقدار A_1 (اولین پرداخت یا دریافت)، j (درصد تغییرات هر دورهٔ پرداخت یا دریافت) و i (نرخ بهره یا حداقل نرخ جذب کننده) معلوم باشد. روابط فوق می‌تواند بصورت فاکتور $(P/A, i, j, n)$ نیز نشان داده شود و فرمول زیر برقرار است.

$$P = A_1 (P/A, i, j, n) \qquad (۴-۶)$$

برای حالتی که $j \geq 0$ و $i \neq j$ باشد رابطه (۴-۴) می‌تواند بصورت زیر بیان شود:

$$P = A_1 \left[\frac{1 - (F/P, j, n)(P/F, i, n)}{i - j} \right] \qquad j \geq 0 \quad , \quad i \neq j$$

مقدار فاکتور P/A_1 را برای مقادیر i و j می‌توان به سادگی تعیین کرد.

● مثال ۶-۴-شرکت «گلسرخ» پیش‌بینی کرده که هزینه‌های نیروی انسانی آن شرکت ۸٪ در سال افزایش دارند. این شرکت علاقمند است بداند که چه مقدار سرمایه را امروز باید در بانکی پس‌انداز کند تا هزینه‌های نیروی انسانی ۵ سال آینده تامین گردد، نرخ بانک ۱۰٪ در سال است و هزینه نیروی انسانی سال آینده شرکت ۵۰,۰۰۰ واحد پولی است.

حل: داده‌های مسئله عبارتند از:

$A_1 = ۵۰,۰۰۰ \quad j = ٪۸ \quad i = ٪۱۰ \quad n = ۵$

طبق رابطه (۶-۴) داریم:

$P = A_1 (P/A ، ۱۰ ، ۸ ، ۵)$

$P = ۵۰,۰۰۰ (۴/۳۸۳۱)$

$P = ۲۱۹,۱۵۵$

اگر هزینه‌های نیروی انسانی بجای ۸٪ در سال ۱۰٪ افزایش می‌یافت طبق رابطه (۵-۴) خواهیم داشت:

$$P = \frac{nA_1}{1+i}$$

$$P = \frac{۵(۵۰,۰۰۰)}{۱/۱۰} = ۲۲۷,۲۷۲/۷۳$$

ارزش آینده یک سری هندسی را نیز می‌توان بسادگی بدست آورد.
چنانچه روابط (۴-۴) و (۵-۴) را در فاکتور (F/P ، i% ، n) ضرب کنیم، روابط زیر

حاصل خواهند شد:

$$F = A_1 \left[\frac{(1+j)^n - (1+j)^n}{i - j} \right] \qquad i \neq j \qquad (۴-۷)$$

$$F = nA_1 (1 + j)^{n-1} \qquad i = j \qquad (۴-۸)$$

روابط فوق بصورت فرمول ذیل نوشته می‌شود:

$$F = A_1 (F/A_1 \, ، i \, ، j \, ، n) \qquad (۴-۹)$$

● مثال ۷-۴-درآمد حاصل از فروش دارویی مخصوص در شرکت داروسازی «گل‌دارو» هر ساله ۱۰٪ افزایش دارد. شرکت دارای حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ در سال می‌باشد و درآمد سال آینده شرکت ۵۰,۰۰۰ واحد پولی است. ارزش آینده درآمدها در پایان سال دهم چقدر خواهد بود؟ داده‌های مسئله عبارتند از:

$A_1 = ۵۰,۰۰۰ \qquad i = ٪۸ \qquad j = ٪۱۰ \qquad n = ۱۰$

حل: با استفاده از فرمول (۹-۴) داریم:

$F = A_1 (F/A_1 \, ، ۸ \, ، ۱۰ \, ، ۱۰)$

$F = ۵۰,۰۰۰ \; (۲۱/۷۴۰۹)$

$F = ۱,۰۸۷,۰۴۵$

مسائل فصل چهارم

● ۱ـ۴ـ مقدار فاکتورهای زیر را از طریق درون‌یابی خطی محاسبه نمائید.

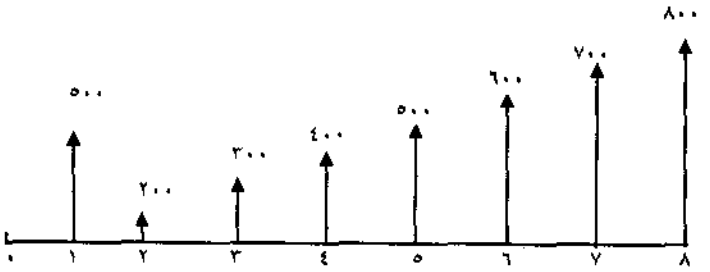
a. (P/G ، ٪۱۰ ، ۸)

b. (A/G ، ٪۱۷ ، ۱۳)

c. (P/G ، ٪۲۸ ، ۴۱)

● ۲ـ۴ـ مقدار درآمد یک شرکت در سال اول ۲۰۰ هزار واحد پولی بوده و پس از ۸ سال این سود همه‌ساله افزایش داشته و به ۳,۵۴۰ هزار واحد پولی رسیده است. اگر افزایش سالانه از شیب یکنواخت پیروی کند: اولاً ـ فرآیند مالی را رسم نمائید و مقدار افزایش سالیانه را نشان دهید. ثانیاً ـ ارزش فعلی این سری دریافت را محاسبه نمائید. نرخ را ۱۵٪ فرض کنید.

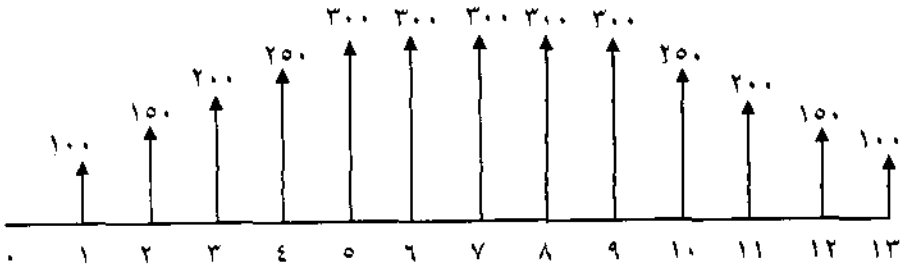
● ۳ـ۴ـ شرکت «گل‌نام» دارای فرآیند مالی زیر است. ارقام در فرآیند مالی، نشان‌دهنده سود شرکت در سالهای آتی است، ارزش فعلی را محاسبه نمائید. نرخ ۱۰٪ در سال فرض می‌شود:



● ۴ـ۴ـ درآمد سال اول شرکتی که سال گذشته در یک پروژه ساختمانی سرمایه‌گذاری نموده ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی بوده است و این درآمد همه‌ساله ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در سال کاهش می‌یابد تا به صفر برسد. اگر نرخ جذب‌کننده شرکت ۱۰٪ در سال باشد،

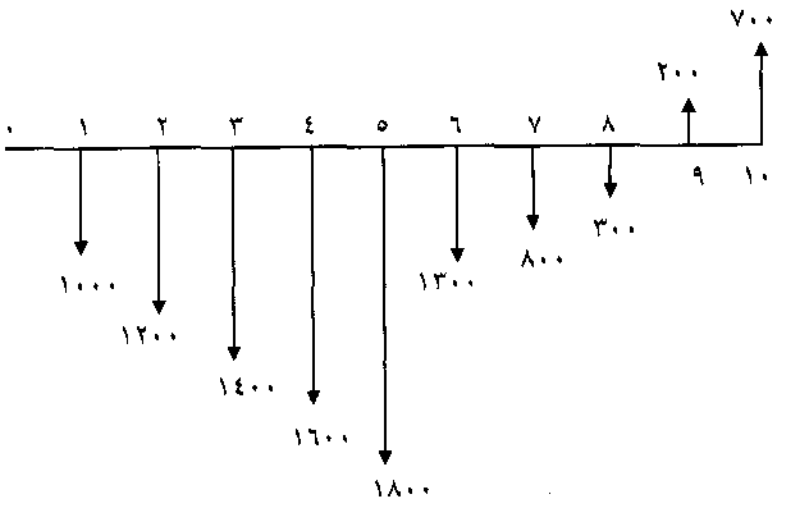
درآمد یکنواخت سالیانه را محاسبه نمائید.

● ۴-۵-ارزش فعلی را در فرآیند مالی زیر محاسبه نمائید. حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ در سال است.

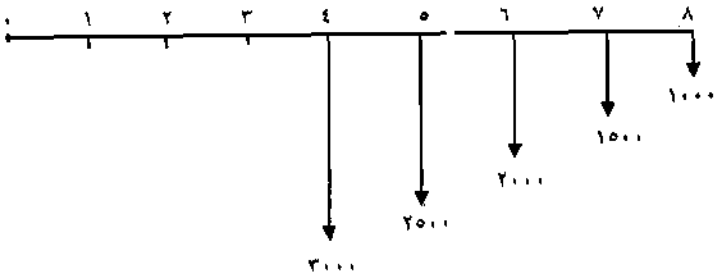


● ۴-۶-مقدار دریافت یکنواخت را در مسئله ۴-۵ محاسبه نمائید. نرخ بهره ۱۵٪ در سال است.

● ۴-۷-مقدار ارزش فعلی را در فرآیند مالی زیر محاسبه کنید. نرخ بهره ۱۰٪ در سال است.



● ۸-۴-ارزش مالی فعلی و آیندهٔ زیر را با نرخ بهره ۸٪ در سال محاسبه نمائید.



● ۹-۴-به شرکت «گلفر» دو پروژه A و B پیشنهاد شده است. فرآیند مالی پروژه‌ها در جدول زیر داده شده است. به ازای چه مقداری از X دو فرآیند مالی برابرند. حداقل نرخ جذب کننده شرکت ۱۲٪ است.

پایان دوره	A	B
۰	−۸,۰۰۰	−۱۵,۰۰۰
۱	۶,۰۰۰	۴,۰۰۰
۲	۵,۰۰۰	۳,۰۰۰ + X
۳	۴,۰۰۰	۲,۰۰۰ + ۲X
۴	۵,۰۰۰	۳,۰۰۰ + ۳X
۵	۶,۰۰۰	۴,۰۰۰ + ۴X
۶	۵,۰۰۰	۳,۰۰۰ + ۵X

● ۱۰-۴-دو طرح A و B به ازای چه مقدار از X با هم برابرند. نرخ بهره ۱۲٪ در سال است.

پایان دوره	A	B
۱	−۱۲,۰۰۰	−X
۲	۱,۰۰۰	۷,۰۰۰
۳	۴,۰۰۰	۵,۰۰۰
۴	۷,۰۰۰	۳,۰۰۰
۵	۱۰,۰۰۰	۱,۰۰۰
۶	۱۳,۰۰۰	۰

● ۱۱-۴-در سه طرح A و B و C مقادیر X و Y را به نحوی تعیین کنید که ارزش فعلی سه طرح با نرخ سالیانه ۲۰٪ برابر باشند.

پایان دوره	A	B	C
۰	−۱,۰۰۰	−۲,۵۰۰	Y
۱	X	۳,۰۰۰	Y
۲	۱/۵X	۲,۵۰۰	Y
۳	۲/۰X	۲,۰۰۰	۲Y
۴	۲/۵X	۱,۵۰۰	۲Y
۵	۳/۰X	۱,۰۰۰	۲Y

● ۱۲-۴-شخصی علاقمند است برای فرزندش سالانه مبلغی در بانک پس‌انداز نماید تا پس از ۲۰ سال سرمایه قابل توجهی برای فرزندش در بانک موجود باشد. او در پایان یک سالگی فرزندش، مبلغ ۲۰,۰۰۰ واحد پولی در بانک می‌گذارد و همه‌ساله از رابطه $A_t = ۱/۱۰\ A_{t-۱}$ استفاده می‌نماید. میزان ارزش آینده این مبالغ (سرمایه فرزند در پایان ۲۰ سالگی) چقدر خواهد بود اگر نرخ بانک ۲۰٪ در سال فرض شود.

● ۱۳-۴- شخصی مبلغ ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی سود در پایان اولین سال از آغاز بهره‌برداری در شرکت تولیدی خود دارد. مبلغ سود در سالهای آتی از فرمول $A_t = ۰/۹\ A_{t-۱}$ پیش‌بینی می‌شود. ارزش فعلی سود او در آغاز سال بهره‌برداری چقدر بوده است؟ نرخ جذب کننده برای این شخص حداقل ۲۰٪ می‌باشد و عمر مفید شرکت ۱۰ سال فرض می‌شود.

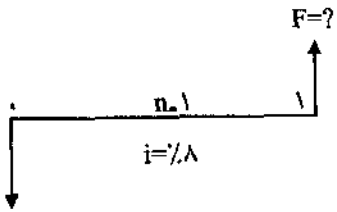
فصل پنجم

نرخهای اسمی و موثر

در فصلهای قبل نرخ بهره یا حداقل نرخ جذب کننده بصورت نرخ سالیانه معرفی شدند و یا به بیان دیگر دوره مرکب شدن بصورت سالیانه مورد بررسی قرار می‌گرفت. وقتی دورهٔ مرکب شدن کمتر و یا بیشتر از یکسال باشد، بحث نرخهای اسمی و موثر پیش می‌آید. مثلاً اگرنرخ‌بهره ۱٪ در ماه باشد تفاوت نرخهای اسمی و موثر را بهتر می‌توان تشخیص داد. اگر ۱٪ در ماه را در تعداد ماه در سال یعنی ۱۲ ضرب کنیم، نرخ اسمی سالیانه ۱۲٪ بدست خواهد آمد. همانطور که ملاحظه می‌شود مسئله ارزش زمانی پول در حاصلضرب ۱۲٪ = ۱۲ × ۱٪ در نظر گرفته نشده است.

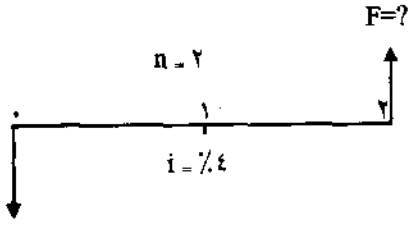
چنانچه ارزش زمانی پول را با توجه به دورهٔ مرکب شدن در نظر بگیریم، نرخی حاصل خواهد شد که مسلماً بیش از ۱۲٪ خواهد بود. این نرخ «نرخ موثر سالیانه» نامیده می‌شود و بستگی به نوع مرکب شدن در طول سال دارد.

برای تشخیص رابطه بین نرخهای اسمی و موثر به‌مثال زیر می‌پردازیم. فرض کنید در جستجوی تعیین ارزش مبلغ ۱,۰۰۰ واحدپولی دریک سال بعد بانرخ ۸٪ درسال هستید. شکل فرآیند مالی زیر رابطه P و F را نشان‌می‌دهد و محاسبه F بطریق زیر انجام می‌شود:



$$F = P\,(1+i)^n = ۱,۰۰۰\,(۱/۰۸)^۱ = ۱۰۸۰$$

نرخ ۸٪ در سال که در محاسبات فوق بکار رفته است نرخ اسمی سالیانه می‌باشد. اگر نحوه بیان نرخ را تغییر بدهیم و بگوئیم که نرخ، ۸٪ در سال باشد ولی بهره هر شش ماه یکبار دریافت می‌شود، شکل فرآیند مالی مثال فوق به صورت زیر است:



در شکل فوق مسئله نرخ بهره که هر شش ماه یکبار پرداخت می‌شود رعایت شده است. تفاوت دو شکل در این است که در شکل دوم، سال بصورت دو دوره شش ماهه و با نرخ ۴٪ در هر دوره نشان داده شده است. محاسبه F به ترتیب زیر است:

$$F = ۱,۰۰۰ (۱/۰۴)^۲ = ۱,۰۰۰ (۱/۰۸۱۶)$$

$$F = ۱,۰۸۱/۶$$

اگرچه در شکل دوم، دوزه دوبرابر شد ولی نرخ نیز به **نصف تقلیل یافت** و در حقیقت در پایان دوره اول مقدار ارزش آینده برابر است با:

$$F_۱ = ۱,۰۰۰ (۱/۰۴) = ۱,۰۴۰$$

و در پایان دوره دوم:

$$F_۲ = ۱,۰۴۰ (۱/۰۴) = ۱,۰۸۱/۶$$

همانطور که مشاهده می‌شود در پایان دوره دوم، روی بهره حاصله در پایان دوره اول، که مقدار آن ۴۰ می‌باشد نیز بهره تعلق گرفته است و مفهوم متفاوت بودن جوابها را بهتر می‌توان مشاهده کرد. جواب ۱,۰۸۱/۶ را می‌توانستیم از طریق دیگری هم بدست آوریم. اگر نرخ را ۸/۱۶٪ در سال فرض می‌کردیم:

$F = ۱,۰۰۰ (۱/۰۸۱۶) = ۱,۰۸۱/۶$

و بدین‌ترتیب می‌توان رابطه بین دو نرخ موثر و اسمی را به ترتیب زیر نوشت:

$$(۱ + i_e) = (۱ + \frac{r}{t})^t$$

$$i_e = (۱ + \frac{r}{t})^t - ۱ \qquad (۵-۱)$$

در رابطه (۱-۵) پارامترها عبارتند از:

$t_e =$ نرخ موثر در دوره[1]

$r =$ نرخ اسمی در دوره[2]

$t =$ تعداد مرکب شده در دوره[3]

به مثال فوق بازمی‌گردیم که در آن نرخ، ۸٪ در سال ولی بهره هر شش ماه یکبار پرداخت می‌شد. داده‌های مسئله عبارتند از:

$r =$ ٪۸ در سال

$t = ۲$

و نرخ موثر سالیانه i_e عبارت است از:

$$i_e = (۱ + \frac{۰/۰۸}{۲})^۲ - ۱$$

$i_e = ۰/۰۸۱۶$ یا ٪۸/۱۶

و همانطور که نشان داده شد می‌توان به ارزش آینده $F = ۱,۰۸۱/۶$ با استفاده از $i_e =$ ٪۸/۱۶ رسید. با حل چند مثال به رابطه این دو نرخ، بیشتر پی می‌بریم:

● مثال ۱-۵. یک بانک صنعتی اعلام کرده است که نرخ بهره این بانک برای تاسیس واحدهای صنعتی ۱٪ در ماه است. نرخ موثر سالیانه را محاسبه کنید.

---

1 - Effective Interest Rate

2 - Nominal Interest Rate

3 - Number of Compounding Periods

حل: نرخ اسمی سالیانه، طبق تعریف، از ضرب کردن تعداد مرکب شدن در سال، در ۱٪ بدست می‌آید.

نرخ اسمی سالیانه ۱۲٪ = ۱۲ × ۱٪

با استفاده از فرمول (۱ـ۵) داریم:

$$i_e = (1 + \frac{0/12}{12})^{12} - 1$$

i_e = نرخ موثر سالیانه ۱۲/۶۸٪

البته برای بدست آوردن نرخ موثر سالیانه، مجبور به محاسبه نرخ اسمی سالیانه نیستیم و می‌توانیم از رابطه زیر به جواب نرخ موثر سالیانه دست یابیم:

$$i_e = (1 + 0/01)^{12} - 1$$
$$i_e = 12/68\%$$

● مثال ۲ـ۵ـ شرکت «گل‌ابزار» قصد خرید یک ماشین صنعتی را به قیمت ۴۵,۰۰۰ واحد پولی دارد و بانکی حاضر است این مبلغ را به شرکت قرض بدهد. نرخ بانک ۱۲٪ در سال می‌باشد. شرکت باید مبلغ فوق را در مدت سه سال به اقساط ماهیانه پرداخت نماید. قسط ماهیانه شرکت چقدر خواهد بود.

حل:

$$\text{نرخ ماهیانه} = \frac{12\%}{12} = 1\%$$

دورهٔ پرداخت برحسب ماه = ۱۲ × ۳ = ۳۶

$A = 45,000\ (A/P\ ،\ 1\%\ ،\ 36)$

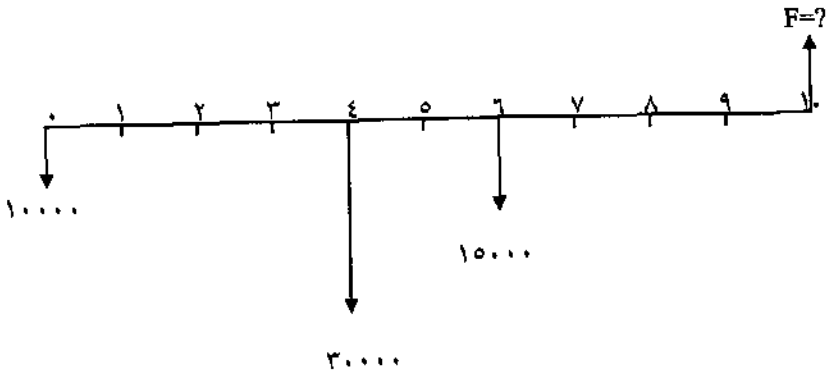
$A = 1,494/9$

کتابخانه مرکز آموزش عالی
وحید

از آنجاکه بهره، بصورت ماهیانه پرداخت می‌گردید و قسط ماهیانه مجهول بود، نرخ ماهیانهٔ محاسبه شده، می‌تواند بعنوان نرخ موثر ماهیانه نیز محسوب شود. (دورهٔ پرداخت مساوی با دورهٔ مرکب شدن می‌باشد)

● مثال ۳-۵- شخصی قصد دارد ۱۰,۰۰۰ واحد پولی را اکنون، ۳۰,۰۰۰ واحد پولی را چهار سال دیگر در چنین روزی و ۱۵,۰۰۰ واحد پولی را شش سال دیگر در چنین روزی با نرخ بهرهٔ سالیانهٔ ۶٪ برای فرزندش در بانکی پس‌انداز نماید. در صورتی که بهره، هر شش ماه یکبار به پس‌انداز تعلق گیرد، اصل و فرع (ارزش آینده) این پس‌اندازها پس از ده سال چقدر خواهد بود؟

حل: شکل فرآیند مالی:



نرخ موثر سالیانه:

$$i_e = (1 + \frac{0/06}{2})^2 - 1$$

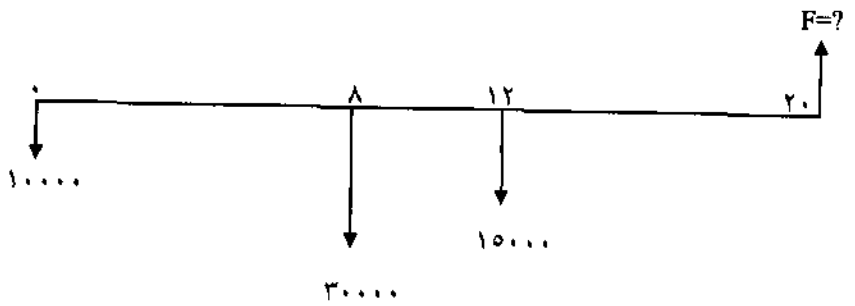
i_e = ۰/۰۶۰۹ یا ٪۶/۰۹

F = ۱۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۶/۰۹ ، ۱۰) + ۳۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۶/۰۹۰ ، ۶)
+ ۱۵,۰۰۰ (F/P ، ٪۶/۰۹ ، ۴)

$F = ۷۹,۸۳۷$

برای محاسبات فاکتورها در عبارت فوق، یا باید از روش درون‌یابی استفاده می‌شد و یا مقادیر i و n در رابطه $\frac{F}{P}$ قرار می‌گرفت که در هر دو صورت محاسبات طولانی می‌گردید.

طریق دیگر حل مسئله بدین‌ترتیب است که چون بهره، هر شش ماه یکبار پرداخت می‌گردد، شکل فرآیند مالی بصورت زیر تغییر کند و در حقیقت مدت زمان، دوبرابر و نرخ سالیانه نصف شود:



$F = ۱۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۳ ، ۲۰) + ۳۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۳ ، ۱۲)$
$+ ۱۵,۰۰۰ (F/P ، ٪۳ ، ۸)$
$F = ۷۹,۸۳۷$

بدیهی است که حل مسئله به طریق دوم ساده‌تر از طریق اول است.

● مثال ۴ـ۵ـ شخصی علاقمند است مبلغی را به عنوان سپرده ثابت در بانک پس‌انداز کند. نرخ بانک ۸٪ در سال و بهره، بصورت روزانه پرداخت می‌شود. نرخ موثر سالیانه و نرخ موثر شش ماهه را تعیین کنید.

حل: نرخ موثر سالیانه: $i_e = (۱ + \frac{۰/۰۸}{۳۶۵})^{۳۶۵} - ۱$

$i_e = ۰/۰۸۳۲۵$ یا ٪۸/۳۲۵

نرخ موثر شش ماهه:

$$i_e = (۱ + \frac{۰/۰۴}{۱۸۲/۵})^{۱۸۲/۵} - ۱$$

$i_e = ۰/۰۴۰۸۱$ یا ٪۴/۰۸۱

در رابطه فوق نرخ اسمی شش ماهه عبارت از: $r = \frac{۰/۰۸}{۲} = ۰/۰۴$

و روزهای دوره شش ماهه برابر:

$$t = \frac{۳۶۵}{۲} = ۱۸۲/۵$$

می‌باشد.

مرکب شدن پیوسته

مثالهای فوق نشان داد که هرچه تعداد مرکب شدن در سال بیشتر باشد، نرخ موثر سالیانه افزایش بیشتری خواهد داشت. تعداد مرکب شدن در دوره گاهی برحسب ساعات یا حتی لحظات می‌تواند باشد که مرکب شدن پیوسته[1] را بوجود می‌آورد. بخصوص در کشورهای غربی بعضی از مراکز مالی یا بانکها دارای چنین نرخی برای متقاضیان هستند. در مرکب شدن پیوسته، سال به تعداد بی‌نهایت دوره تقسیم می‌شود.

رابطه F/P را بصورت کلی: $F = (۱ + \frac{r}{t})^{tn}$ می‌نویسیم که در آن:

r = نرخ اسمی سالیانه

t = تعداد مرکب شدن در سال

n = تعداد سال

اگر تعداد مرکب شدن (t) به سمت ∞ میل کند خواهیم داشت:

---

1 - Continuous Compounding

$$F = P \operatorname*{Lim}_{t \to \infty} (1 + \frac{r}{t})^{tn}$$

و چون

$$\operatorname*{Lim}_{t \to \infty} (1 + \frac{r}{t})^{tn} = e^{rn}$$

بنابراین رابطه زیر برقرار است:

$$F = Pe^{r.n} \qquad (۵-۲)$$

بدیهی است که مقدار $e = ۲/۷۱۸۲۸$ می‌باشد.

فرمول کلی رابطه (۵-۲) بصورت زیر است:

$$F = P\,(F/P\ ،\ r\ ،\ n)^{\infty}$$

رابطه (۵-۳) را می‌توان از رابطه (۵-۲) نتیجه گرفت:

$$P = F\,e^{-r.n} \qquad (۵-۳)$$

این رابطه دارای فرمول کلی زیر نیز می‌باشد:

$$P = F\,(P/F\ ،\ r\ ،\ n)^{\infty}$$

در رابطه (۵-۲) فاکتور $(F/P\ ،\ r\ ،\ n)^{\infty}$ بنام «فاکتور ارزش آینده یکبار پرداخت با مرکب شدن پیوسته»[1] و فاکتور $(P/F\ ،\ r\ ،\ n)^{\infty}$ بنام «فاکتور ارزش فعلی یکباره با مرکب شدن پیوسته»[2] معروف است. نرخ موثر مرکب پیوسته از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$i_e = e^{r} - 1 \qquad (۵-۴)$$

1 - Continuous Compounding, Single Sum, Future Worth Factor

2 - Continuous Compounding, Single Sum, Present Worth Factor

بطورکلی جدول (۱ـ۵) فاکتورهای مختلف را برای تعیین پارامترهای مختلف معین نموده است:

فرم استاندارد فاکتور	فاکتور	پارامتر معلوم	پارامتر مجهول
$(P/F,r,n)^{\infty}$	$e^{-r.n}$	F	P
$(F/P,r,n)^{\infty}$	$e^{r.n}$	P	F
$(F/A,r,n)^{\infty}$	$\frac{e^{r.n}-1}{e^{r}-1}$	A	F
$(A/F,r,n)^{\infty}$	$\frac{e^{r}-1}{e^{r.n}-1}$	F	A
$(P/A,r,n)^{\infty}$	$\frac{e^{r.n}-1}{e^{r.n}(e^{r}-1)}$	A	P
$(A/P,r,n)^{\infty}$	$\frac{e^{r.n}(e^{n}-1)}{e^{r.n}-1}$	P	A
$(P/G,r,n)^{\infty}$	$\frac{e^{r.n}-1-n(e^{r}-1)}{e^{r.n}(e^{r}-1)^{2}}$	G	P
$(A/G,r,n)^{\infty}$	$\frac{1}{e^{r}-1}-\frac{n}{e^{r.n}-1}$	G	A

جدول ۱ـ۵

● مثال ۵ـ۵ـ اگر ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی با نرخ ۱۲٪ در سال بطور مرکب پیوسته سرمایه‌گذاری شود، پس از ۵ سال اصل و فرع چقدر خواهد شد؟

حل:

$F = P\ (F/P\ ،\ ٪۱۲\ ،\ ۵)^{\infty}$

$F = ۲۰۰,۰۰۰\ (۱/۸۲۲۱)$

$F = ۳۶۴,۴۲۰$

● مثال ۶ـ۵ـ فرض کنید شخصی ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در سال، در بانکی پس‌انداز می‌کند. نرخ بانک ۱۲٪ مرکب پیوسته می‌باشد. ارزش فعلی و ارزش آینده این پرداختهای مساوی را پس از دهمین پس‌انداز محاسبه نمائید.

حل:

$P = A\,(P/F\,،\,\%۱۲\,،\,۱۰)^{\infty}$

$P = ۱۰,۰۰۰\ (۵/۴۸۱۰)$

$P = ۵۴,۸۱۰$

$F = ۱۰,۰۰۰\ (F/A\,،\,\%۱۲\,،\,۱۰)^{\infty}$

$F = ۱۰,۰۰۰\ (۱۸/۱۹۷۴)$

$F = ۱۸۱,۹۷۴$

مسائل فصل پنجم

● ۱ـ۵ـ نرخ اسمی سالیانه چقدر خواهد بود اگر نرخ بهرهٔ هر دو هفته (پانزده روز) ۰/۵٪ باشد.

● ۲ـ۵ـ نرخ اسمی و موثر سالیانه را اگر نرخ بهره ۱/۵٪ در ماه باشد محاسبه کنید.

● ۳ـ۵ـ نرخ اسمی و موثر سالیانه را اگر نرخ بهره ۸٪ در هر شش ماه باشد محاسبه کنید.

● ۴ـ۵ـ شرکت «گلدُر» یک ماشین سواری را به قیمت ۵۵,۰۰۰ واحد پولی می‌خرد. قرار است شرکت مبلغ ۲,۰۰۰ واحد پولی در ماه برای مدت ۳۶ ماه بپردازد تا کل قیمت سواری پرداخت شود. نرخ اسمی و موثر سالیانه چقدر است؟

● ۵ـ۵ـ اگر انتظار برود که ارزش آیندهٔ یک سری پرداختهای یکنواخت ماهیانه ۵,۰۰۰ واحد پولی باشد، مقدار هزینه ماهیانه چقدر خواهد بود. نرخ بهره سالیانه ۱۸٪ در سال و بهره بصورت روزانه پرداخت می‌شود.

● ۶ـ۵ـ اگر خانواده‌ای ۵,۰۰۰ واحد پولی را اکنون، ۲,۰۰۰ واحد پولی را در پایان سال سوم و ۳,۰۰۰ واحد پولی را در پایان سال پنجم برای فرزندشان پس‌انداز نمایند و نرخ سالیانه ۲۰٪ و بهره هر سه ماه یک‌بار پرداخت گردد، اصل و فرع در سال ششم چقدر خواهد بود.

● ۷ـ۵ـ شرکت صنایع چوبی «گلرنگ» مبلغ ۱۴۰,۰۰۰ واحد پولی برای خرید یک ماشین نجاری پرداخت کرده است. این ماشین با سرعت عمل خود قادر است هر ماه از هزینه‌های کارگری مبلغی را کاهش دهد. این کاهش هزینه یا صرفه‌جوئی در پرداخت حقوق و دستمزد کارگردان باید چقدر در ماه باشد تا مبلغ کل ماشین نجاری خریداری

شده تامین شود. نرخ موثر سالیانه ۱۲/۶۸٪ است و مدتی که شرکت علاقمند است مبلغ اولیه ماشین بوسیله صرفه‌جوئی‌های سالیانه جبران شود ۲/۵ سال است.

● ۵-۸- خانواده‌ای دارای یک فرزند ۳ ساله هستند و علاقمندند وقتی او به سن ۱۸ سالگی رسید و وارد دانشگاه شد مبلغ ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی در حساب بانکی فرزندشان باشد تا مخارج تحصیلی دانشگاهی او پرداخت شود. این خانواده هم‌اکنون چه مبلغی را باید در بانک پس‌انداز نماید تا ارزش آینده این پس‌انداز ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی شود. نرخ بانک ۱۸٪ در سال و بهره بصورت ماهیانه پرداخت می‌شود.

● ۵-۹- اگر شخصی همه‌ماهه مبلغ ۷,۵۰۰ واحد پولی در بانک پس‌انداز نماید پس از ده سال چه مقدار در حساب او خواهد بود. نرخ بهره ۱۲٪ در سال و بهره بصورت ماهیانه پرداخت می‌شود.

● ۵-۱۰- شخصی سالانه مبلغ ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در بانک پس‌انداز می‌نماید. ارزش آینده این پس‌اندازها پس از ۱۰ سال چقدر خواهد شد اگر نرخ بهره سالیانه ۱۵٪ و بهره بطور مرکب پیوسته پرداخت شود.

● ۵-۱۱- شخصی هر شش ماه یکبار مبلغ ۵,۰۰۰ واحد پولی را در بانک پس‌انداز می‌کند و نرخ بانک ۱۲٪ مرکب پیوسته می‌باشد. ارزش آینده این مبلغ پس از ۱۰ سال چقدر خواهد بود.

● ۵-۱۲- شخصی چهار پرداخت را به میزان ۱,۰۰۰ در دوره‌های ۳، ۲، ۱ = t (دوره برحسب سه ماه تنظیم شده) با نرخ ۸٪ مرکب پیوسته پس‌انداز می‌نماید و می‌خواهد هم در دورهٔ t = ۷ و هم در t = ۱۰ دریافت معین و ثابت X را داشته باشد. طول این پس‌انداز در t = ۱۰ پایان می‌پذیرد. مقدار X را معین نمائید.

بخش دوم

تکنیکهای اقتصاد مهندسی و کاربرد آنها

فصل ششم : روش ارزش فعلی
فصل هفتم : روش یکنواخت سالیانه
فصل هشتم : روش نرخ بازگشت سرمایه
فصل نهم : روش نسبت منافع به مخارج
فصل دهم : تکنیکهای دیگر اقتصاد مهندسی

فصل ششم

روش ارزش فعلی

مقایسه اقتصادی پروژه‌ها، با اهمیت‌ترین نوع تصمیم‌گیری برای هر مدیر است. یک مدیر باید با انتخاب یکی از تکنیکهای اقتصاد مهندسی و کاربرد آن، اقتصادی‌ترین پروژه را معرفی نماید. «روش ارزش فعلی»[1] یکی از مهمترین و در ضمن ساده‌ترین تکنیکهای اقتصاد مهندسی است. این روش زیربنای کاربرد تکنیکهای دیگری است که در فصلهای بعدی به توضیح آنها خواهیم پرداخت. متذکر می‌شود که کاربرد کلیه تکنیکهای اقتصاد مهندسی در مقایسه اقتصادی پروژه‌ها دارای نتیجه یکسان می‌باشند.

قبل از تشریح این روش، اشاره می‌گردد که کلیه تکنیکهای اقتصاد مهندسی در این بخش برای پروژه‌های ناسازگار کاربرد دارند. «پروژه‌های ناسازگار»[2] پروژه‌هائی هستند که با انتخاب یکی از آنها، پروژه‌های دیگر اجرا نشوند و در حقیقت وابستگی و یا رابطه‌ای بین پروژه‌ها نباشد و پروژه‌ها مستقل از هم هستند. در صورت وجود وابستگی بین پروژه‌ها معمولاً از «برنامه‌ریزی ریاضی صفر ـ یک»[3] استفاده می‌شود.

همانطور که در فصلهای گذشته توضیح داده شد، محاسبهٔ ارزش فعلی یک فرآیند مالی، تبدیل ارزش آیندهٔ کلیه دریافتها و پرداختها به ارزش فعلی در زمان حال یا مبداء پروژه می‌باشد. اگر عمر پروژه‌ها برابر باشند، محاسبه روش ارزش فعلی ساده‌ترین حالت خود را دارد. چنانچه «ارزش فعلی خالص»[4] به ازای حداقل نرخ جذب کننده (MARR) برای یک پروژه، کوچکتر از صفر باشد (NPW < ۰)، آن پروژه غیراقتصادی خواهد بود. NPW < ۰ مشخص کننده این حقیقت است که ارزش فعلی هزینه‌ها[5] بیش از

---

1 - Present Wroth Method
2 - Mutually Exclusive
3 - Zero-One Programming
4 - Net Present Worth (NPW)
5 - Present Worth of Cost (PWC)

ارزش فعلی درآمدها[1] می‌باشد و چنانچه NPW > ۰ باشد، ارزش فعلی هزینه‌ها کمتر از ارزش فعلی درآمد بوده و پروژه اقتصادی است.

اگر NPW = ۰ باشد پروژه اقتصادی است، زیرا حداقل نرخ جذب کننده برای سرمایه‌گذاری تامین گشته است. در مقایسه اقتصادی چند پروژه اقتصادی به طریق ارزش فعلی، پروژه‌ای که دارای ارزش فعلی خالص بیشتری باشد اقتصادی‌ترین خواهد بود. اگر مبنای روش، ارزش فعلی هزینه‌ها باشد، یعنی فقط هزینه‌های مختلف پروژه‌ها در اختیار باشد، اقتصادی‌ترین پروژه، پروژه‌ای است که دارای کمترین ارزش فعلی هزینه‌ها باشد.

مقایسه اقتصادی پروژه‌ها از طریق روش ارزش فعلی بستگی به عمر مفید پروژه‌ها دارد. سه حالت مختلف برای استفاده از این روش موجود است که در ذیل به تشریح آنها می‌پردازیم:

حالت اول: عمر پروژه‌ها برابرند

● مثال ۱ـ۶ـ دو ماشین A و B را با اطلاعات زیر از طریق ارزش فعلی مقایسه نمائید. حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ در سال فرض می‌شود.

	نوع A	نوع B
هزینه اولیه	۲,۵۰۰	۳,۵۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۹۰۰	۷۰۰
ارزش اسقاطی	۲۰۰	۳۵۰
عمر مفید	۵	۵

1 - Present Worth of Benefit (PWB)

حل: اگر چه در اطلاعات داده شده، درآمد سالیانه برای دو ماشین ذکر نشده است ولی چون بازده دو ماشین برابر فرض شده است، می‌توان درآمد سالیانه را برای هر دو یکسان فرض کرد و وجود این درآمد سالیانه یکسان نقشی در مقایسه اقتصادی دو پروژه ندارد. در حقیقت می‌توان ارزش فعلی را برمبنای هزینه‌ها بررسی کرد.

محاسبه ارزش فعلی دو ماشین براساس هزینه‌ها عبارت خواهد بود از:

$$PW_A = ۲,۵۰۰ + ۹۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۱۰\ ،\ ۵) - ۲۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۰\ ،\ ۵)$$

$$PW_A = ۵,۷۸۸$$

$$PW_B = ۳,۵۰۰ + ۷۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۱۰\ ،\ ۵) - ۳۵۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۰\ ،\ ۵)$$

$$PW_B = ۵,۹۳۶$$

ماشین نوع A به دلیل داشتن ارزش فعلی هزینه کمتر ($PW_A < PW_B$) انتخاب خواهد شد.

● مثال ۲ـ۶ـ یک کارخانه سازنده ماشین‌های لباسشوئی، خرید یک جرثقیل سقفی را بررسی می‌کند. هزینه اولیه این جرثقیل ۴۸,۰۰۰ با ارزش اسقاطی ۵,۰۰۰ بعد از ۴ سال می‌باشد. درآمد سالیانه حاصل از این جرثقیل ۱۵,۰۰۰ واحد پولی و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری سالیانه ۳,۵۰۰ واحد پولی پیش‌بینی شده است. اگر کارخانه در جستجوی نرخ بازگشت سرمایه ٪۲۰ در سال باشد آیا خرید این جرثقیل را توصیه می‌کنید؟

حل: ارزش فعلی این جرثقیل براساس درآمد عبارت است از:

$$NPW = -۴۸,۰۰۰ - ۳,۵۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۲۰\ ،\ ۴) + ۱۵,۰۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۲۰\ ،\ ۴)$$
$$+ ۵,۰۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۲۰\ ،\ ۴)$$

$$NPW = -۱۵,۸۲۰$$

از آنجا که NPW < ۰ می‌باشد خرید جرثقیل توصیه نمی‌شود. البته باید توجه داشت که در نرخ مورد انتظار کارخانه، یعنی ۲۰٪، طرح خرید جرثقیل غیراقتصادی است ولی اگر کارخانه نرخ بازگشت سرمایه مورد انتظار را کاهش دهد، جذابیت طرح از نظر اقتصادی بیشتر می‌شود.

حالت دوم: عمر پروژه‌ها نابرابرند

روش مقایسه چند پروژه از طریق ارزش فعلی با عمرهای نابرابر مانند حالت قبل است، با این تفاوت که پروژه‌ها باید با عمرهای برابر مقایسه شوند. به عبارت دیگر باید عمر مشترکی را برای دو یا چند پروژه انتخاب و ارزش فعلی پروژه‌ها را براساس عمر مشترک محاسبه کرد. به عنوان مثال اگر عمر پروژه A، ۲ سال و عمر پروژه B، ۳ سال باشد، عمر مشترک یا کوچکترین مضرب مشترک عمرها مبنا قرار خواهد گرفت. کلیه هزینه‌ها و درآمدهای پروژه A برای سه دوره و پروژه B برای دو دوره تکرار خواهند شد. هزینه‌ها شامل هزینه اولیه و هزینه‌های سالیانه و درآمدها شامل درآمدهای سالیانه و ارزش اسقاطی هستند.

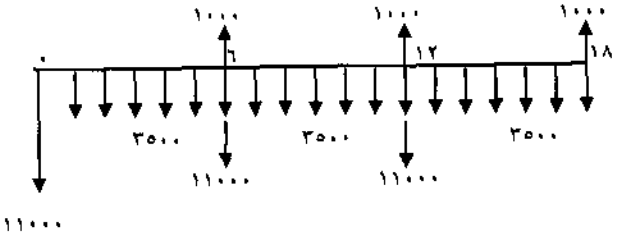
● مثال ۳ـ۶ـ یک کارخانه تولیدی در مورد انتخاب یکی از دو ماشین A و B با مشخصات زیر در حال تصمیم‌گیری است:

	نوع A	نوع B
هزینه اولیه	۱۱,۰۰۰	۱۸,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۳,۵۰۰	۳,۱۰۰
ارزش اسقاطی	۱,۰۰۰	۲,۰۰۰
عمر مفید	۶	۹

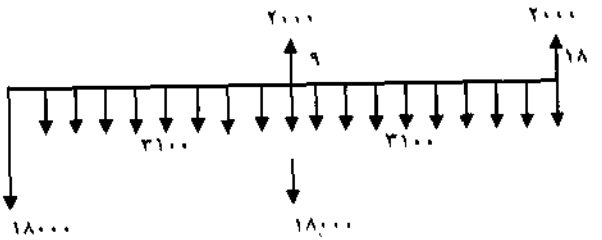
کدام یک از دو ماشین A و B باید انتخاب و خریداری شود، اگر حداقل نرخ جذب کننده

کارخانه تولیدی ۱۵٪ در سال باشد.

حل: با توجه به متفاوت بودن عمرها باید کوچکترین مضرب مشترک آنها یعنی ۱۸ سال، عمر مشترک پروژه‌ها قرار گیرد و همانطور که در فرآیند مالی دو ماشین در ذیل نمایش داده شده است، هزینه‌ها و ارزش اسقاطی برای سه دوره در ماشین A و دو دوره در ماشین B تکرار شده‌اند:



ماشین A



ماشین B

$$PW_A = ۱۱,۰۰۰ + ۱۱,۰۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۶) - ۱,۰۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۶)$$
$$+ ۱۱,۰۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۱۲) - ۱,۰۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۱۲)$$
$$- ۱,۰۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۱۸) + ۳,۵۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۱۸)$$

$$PW_A = ۳۸,۵۵۹$$

$$PW_A = ۱۸,۰۰۰ + ۱۸,۰۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۹) - ۲,۰۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۹)$$
$$- ۲,۰۰۰\ (P/F\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۱۸) + ۳,۱۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۱۸)$$

$PW_B = ۴۱,۳۸۴$

ارزش‌فعلی دوماشین با عمرمشترک براساس هزینه‌ها نشان‌می‌دهدکه $PW_A < PW_B$ است. ماشین A اقتصادی‌تر از ماشین B می‌باشد. بنابراین ماشین A باید خریداری گردد.

● مثال ۴ـ۶ـ یک شرکت قطعات الکترونیکی برای حمل و نقل قطعات، دو طرح را بررسی می‌کند. طرح (I) شامل خرید دو لیفت‌تراک و تعدادی پالت و طرح (II) شامل یک نقّاله مکانیکی است. اطلاعات مربوط به دو طرح در جدول زیر نشان داده شده است:

	طرح II	طرح I	
	نقاله مکانیکی (C)	پالتها (P)	یک‌لیفت‌تراک (L)
هزینه اولیه	۱۷۵,۰۰۰	۲۸,۰۰۰	۴۵,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۲,۵۰۰	۳۰۰	۶,۰۰۰
ارزش اسقاطی	۱۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۵,۰۰۰
عمر مفید	۲۴	۱۲	۸

اگر حداقل نرخ جذب کننده شرکت ۱۵٪ در سال باشد کدام طرح باید انتخاب شود؟

حل: عمر مفید ۲۴ سال به عنوان عمر مشترک دو طرح I ، II تعیین گردیده و در طرح I هزینه‌ها و ارزش اسقاطی پالتها برای دو دوره و لیفت‌تراک‌ها برای سه دوره تکرار خواهند شد. ارزش فعلی دو طرح در ذیل محاسبه شده است:

طرح I

$PW_I = PW_P + PW_L$

$PW_P = ۲۸,۰۰۰ + ۲۸,۰۰۰ (P/F ، ٪۱۵ ، ۱۲) - ۲,۰۰۰ (P/F ، ٪۱۵ ، ۱۲)$

$$- ۲,۰۰۰ (P/F ، ٪۱۵ ، ۲۴) + ۳۰۰ (P/A ، ٪۱۵ ، ۲۴$$

$$PW_P = ۳۴,۷۱۹/۷۴$$

$$PW_L = ۲ (۴۵,۰۰۰) [۱+ (P/F ، ٪۱۵ ، ۸) + (P/F ، ٪۱۵ ، ۱۶)]$$
$$- ۲ (۵,۰۰۰) [(P/F ، ٪۱۵ ، ۸) + (P/F ، ٪۱۵ ، ۱۶) + (P/F ، ٪۱۵ ، ۲۴)]$$
$$+ ۲ (۶,۰۰۰) (P/A ، ٪۱۵ ، ۲۴)$$

$$PW_L = ۲۰۱,۵۶۰/۸$$

$$PW_I = ۲۳۶,۲۸۰/۵۴$$

طرح II

$$PW_{II} = ۱۷۵,۰۰۰ - ۱۰,۰۰۰ (P/F ، ٪۱۵ ، ۲۴) + ۲,۵۰۰ (P/A ، ٪۱۵ ، ۲۴)$$

$$PW_{II} = ۱۹۰,۷۳۵/۵$$

طرح II یا خرید یک نقاله مکانیکی برای حمل مواد انتخاب خواهد شد، چون $PW_{II} < PW_I$ است.

حالت سوم: عمر پروژه‌ها نامحدودند

بسیاری از پروژه‌های صنعتی یا دولتی، مخصوصاً پروژه‌های عام‌المنفعه دارای عمر نامحدودند. سدّها، نیروگاهها، فرودگاهها، پل‌ها و غیره از آن جمله‌اند. محاسبه ارزش فعلی این‌گونه پروژه‌ها از روش خاصی پیروی می‌کند. برای رسیدن به فرمول موردنیاز جهت محاسبه ارزش فعلی، از رابطه A/P استفاده و عمر پروژه نامحدود فرض می‌شود ($n = \infty$). حد A/P وقتی $n \to \infty$ میل می‌کند عبارت است از:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$n \to \infty$$

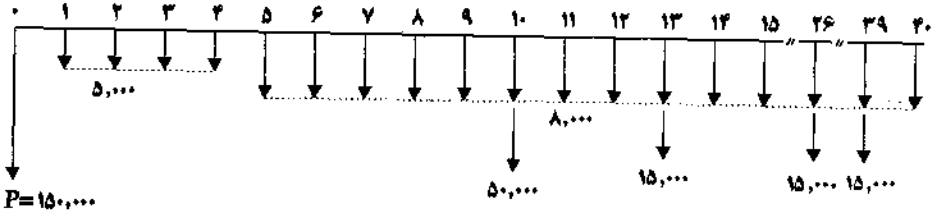
$$A = Pi \qquad (۶-۱)$$

از رابطه فوق می‌توان نتیجه گرفت:

$$P \approx \frac{A}{i} \qquad (۶\text{-}۲)$$

که P ارزش فعلی یا هزینه اولیه و A می‌تواند پرداخت یا دریافت یکنواخت سالیانه باشد. مقدار ارزش فعلی حاصل از رابطه (۲-۶) را «سرمایه هزینه شده»[1] می‌نامند.

● مثال ۵-۶- یک سدّ کوچک دارای هزینه اولیه ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی و همچنین سرمایه‌گذاری جدیدی به مبلغ ۵۰,۰۰۰ واحد پولی در سال دهم خواهد داشت. هزینه سالیانه در چهار سال اول ۵,۰۰۰ واحد پولی و از سال پنجم به بعد ۸,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. این سیستم هر ۱۳ سال یکبار نیاز به یک تعمیرات کلی دارد که مبلغ آن ۱۵,۰۰۰ واحد پولی پیش‌بینی می‌شود. اگر برای این پروژه نرخ بازگشت سرمایه ۵٪ را در نظر گرفته و پیش‌بینی شود درآمد سالیانه این پروژه ۲۰,۰۰۰ واحد پولی باشد، آیا ایجاد این سیستم آبیاری اقتصادی است؟ شکل فرآیند مالی این پروژه عبارت است از:



حل: در شکل فوق که براساس هزینه‌ها رسم شده است، درآمد سالیانه ۲۰,۰۰۰ در نظر گرفته نشده است. ابتدا ارزش فعلی درآمد سالیانه را محاسبه می‌نمائیم:

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

$$PWB = \frac{۲۰,۰۰۰}{۰/۰۵} = ۴۰۰,۰۰۰$$

1 - Capitalized Cost

برای محاسبه ارزش فعلی هزینه‌ها ابتدا هزینه اولیه ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی و هزینه ۵۰,۰۰۰ واحد پولی در سال دهم مورد بررسی قرار می‌گیرند:

$$P_1 = ۱۵۰,۰۰۰ + ۵۰,۰۰۰ (P/F ، ٪۵ ، ۱۰)$$

$$P_1 = ۱۸۰,۶۹۵$$

ارزش فعلی هزینه تعمیرات که هر ۱۳ سال یکبار انجام می‌شود طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_2 = \frac{۱۵,۰۰۰ (A/F ، ٪۵ ، ۱۳)}{۰/۰۵} = ۱۶,۹۴۰$$

برای محاسبه ارزش فعلی هزینه‌های سالیانه می‌توان از چند طریق عمل کرد. می‌توان ارزش فعلی ۵,۰۰۰ در چهار سال و ارزش فعلی ۸,۰۰۰ را از سال پنجم تا بی‌نهایت محاسبه کرد و یا یک هزینه یکنواخت ۵,۰۰۰ را از سال اول تا بی‌نهایت در نظر گرفت و هزینه یکنواخت ۳,۰۰۰ از سال پنجم تا بی‌نهایت را به آن افزود. محاسبه زیر روش دوم را نشان می‌دهد:

$$P_3 = \frac{۵,۰۰۰}{۰/۰۵} + \frac{۳,۰۰۰}{۰/۰۵} (P/F ، ٪۵ ، ۴)$$

$$P_3 = ۱۴۹,۳۶۲$$

ارزش فعلی هزینه‌ها از جمع سه هزینه فوق بدست می‌آید:

$$PWC = P_1 + P_2 + P_3$$

$$= ۱۸۰,۶۹۵ + ۱۶,۹۴۰ + ۱۴۹,۳۶۲$$

$$PWC = ۳۴۶,۹۹۷$$

با توجه به محاسبه ارزش فعلی هزینه‌ها و درآمدها می‌توان ارزش فعلی خالص را محاسبه کرد:

$$NPW = PWB - PWC$$

$$NPW = ۴۰۰,۰۰۰ - ۳۶۶,۹۹۷ = ۵۳,۰۰۵$$

این پروژه اقتصادی است.

● مثال ۶ـ۶ـ یک متخصص آب برای تامین آب یک شهر دو سیستم را ارائه می‌کند. اول ایجاد یک سد، با هزینه اولیه ۸ میلیون و هزینه سالیانه ۲۵,۰۰۰ واحد پولی. (این سد دارای عمر نامحدود خواهد بود). دوم، حفر چاههای عمیق و انتقال آب به شهر به وسیله لوله. این متخصص پیش‌بینی می‌کند که ۱۰ چاه برای تامین آب شهر موردنیاز باشد هزینه اولیه هر چاه ۴۵,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود که شامل لوله‌کشی نیز می‌شود. عمر هر چاه ۵ سال در نظر گرفته شده و هزینه سالیانه هر چاه ۵,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. اگر حداقل نرخ جذب کننده را ۵٪ در نظر بگیریم، کدام پروژه را انتخاب می‌کنید؟

حل: اگرچه عمر هر چاه ۵ سال در نظر گرفته شده ولی چون شهر تا زمان نامحدود به آب نیاز دارد پس هر ۵ سال یکبار باید ۱۰ چاه حفر شود. هزینه یکنواخت سالیانه ده چاه با توجه به سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه سالیانه آنها عبارت است از:

$$EUAC_{\text{چاهها}} = ۴۵,۰۰۰\ (۱۰)\ (A/P\ ،٪۵\ ،۵) + ۵,۰۰۰\ (۱۰)$$

$$= ۱۵۳,۹۴۱$$

بدیهی است که مقدار حاصله، هزینه سالیانه ۱۰ چاه تا بی‌نهایت است و می‌توان از رابطه (۱ـ۶) ارزش فعلی را بدست آورد:

$$PW_{\text{چاهها}} = \frac{۱۵۳,۹۴۱}{۰/۰۵} = ۳,۰۷۸,۸۲۰$$

ارزش فعلی هزینه‌های ایجاد سد عبارت است از:

$$PW_{\text{سد}} = ۸,۰۰۰,۰۰۰ + \frac{۲۵,۰۰۰}{۰/۰۵}$$

$PW_{\text{سد}} = ۸,۵۰۰,۰۰۰$

از آنجا که ($PW_{\text{سد}}$ > $PW_{\text{چاهها}}$) می‌باشد، حفر ۱۰ چاه در هر ۵ سال یکبار اقتصادی‌تر می‌باشد. محاسبه ارزش فعلی چاهها از طریق زیر نیز امکان‌پذیر است:

$$PW_{\text{چاهها}} = \frac{۴۵۰,۰۰۰\,(A/F\,،\,٪۵\,،\,۵) + ۵۰,۰۰۰}{۰/۰۵} + ۴۵۰,۰۰۰ = ۳,۰۷۸,۸۲۰$$

امروزه استفاده از روش ارزش فعلی با عمر نامحدود اهمیت زیادی یافته و این روش برای مقایسه اقتصادی پروژه‌های ساختمانی، دانشگاهها، نیروگاهها، پلها و... متداول است.

مسائل فصل ششم

● ۱ـ۶ـ یک شرکت پروفیل‌سازی دو ماشین A و B را جهت خرید بررسی می‌نماید. شرکت علاقمند است اقتصادی‌ترین ماشین را انتخاب نماید. ماشین A دارای هزینه اولیه ۱۵,۰۰۰ واحد پولی و هزینه سالیانه تعمیرات و نگهداری و عملیاتی ۳,۰۰۰ واحد پولی است. ارزش اسقاطی این ماشین پس از ده سال ۳,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. ماشین B دارای هزینه اولیه ۲۲,۰۰۰ واحد پولی و هزینه سالیانه ۱,۵۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی ۵,۰۰۰ واحد پولی پس از ده سال است. اگر حداقل نرخ جذب کننده برای شرکت ۲۵٪ در سال فرض شود کدام ماشین باید خریداری شود؟

● ۲ـ۶ـ یک شرکت ساختمانی برای انتخاب دو نوع لوله آب، ۱۰ اینچ و ۱۲ اینچ که برای آبرسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد در حال تصمیم‌گیری است. لوله ۱۰ اینچ دارای هزینه اولیه ۳۵,۰۰۰ واحد پولی و لوله ۱۲ اینچ دارای هزینه اولیه ۵۵,۰۰۰ واحد پولی است. پیش‌بینی می‌شود که صرفه‌جویی در هزینه آبرسانی توسط لوله ۱۲ اینچ برابر با ۳,۰۰۰ واحد پولی در سال نسبت به لوله ۱۰ اینچ باشد. اگر عمر مفید لوله‌ها را ۲۰ سال فرض کنیم با حداقل نرخ جذب کننده ۲۰٪ خرید و نصب کدام نوع لوله اقتصادی است.

● ۳ـ۶ـ دو طرح A و B را با MARR = ۲۰٪ از طریق ارزش فعلی مقایسه نمائید.

	A	B
هزینه اولیه	۵۰,۰۰۰	۴۵,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۵,۰۰۰	۴,۰۰۰
ارزش اسقاطی	۱۰,۰۰۰	۷,۰۰۰
عمر مفید	۱۰	۱۰

● ۴ـ۶ـ دو نوع پرس بصورت دو طرح جداگانه مورد بررسی اقتصادی قرار می‌گیرند. با

حداقل نرخ جذب کننده ۱۸٪ خرید کدام یک از پرسها اقتصادی‌تر است؟

	پرس T5	پرس M4
هزینه اولیه	۶۲,۰۰۰	۷۷,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۱۵,۰۰۰	۲۱,۰۰۰
ارزش اسقاطی	۸,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
عمر مفید	۵	۵

● ۶-۵- اگر در مسئله شماره ۶-۳ عمر مفید طرح A به ۶ سال و عمر مفید طرح B به ۱۲ سال تغییر کند با حداقل نرخ جذب کننده ۱۸٪ در سال کدام طرح اقتصادی‌تر است؟

● ۶-۶- اگر در مسئله شماره ۶-۴ عمر مفید پرس T5 به ۴ سال و عمر مفید پرس M4 به ۶ سال تغییر کند با حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ در سال کدام پرس اقتصادی‌تر است؟

● ۶-۷- سه پمپ X، Y و Z با مشخصات زیر در اختیار است. با حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ کدام اقتصادی‌تر است:

	پمپ X	پمپ Y	پمپ Z
هزینه اولیه	۷۵,۰۰۰	۶۵,۰۰۰	۸۰,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۲,۰۰۰	۳,۰۰۰	۴,۰۰۰
ارزش اسقاطی	۱۰,۰۰۰	۱۲,۰۰۰	۱۵,۰۰۰
عمر مفید	۳	۴	۶

● ۶-۸- دو ماشین تراش F25 و H83 را که ظرفیت تولیدی یکسان دارند با اطلاعات زیر و نرخ ۱۵٪ مقایسه نمائید:

	F25	H83
هزینه اولیه	۲۶,۰۰۰	۳۶,۰۰۰
هزینه نگهداری سالیانه	۸۰۰	۳۰۰
هزینه پرسنلی سالیانه	۱۱,۰۰۰	۷,۰۰۰
ارزش اسقاطی	۳,۰۰۰	۵,۰۰۰
عمر مفید	۴	۸

● ۹-۶- طبق برنامه پیش‌بینی شده قرار است که یک پل فلزی جدید بر روی رودخانه کارون ساخته شود. هزینه اولیه این طرح ده میلیون واحد پولی، هزینه سالیانه نگهداری و پرسنلی پل ۱۲,۰۰۰ واحد پولی و هزینه رنگ‌کاری و تعمیرات اصلی هر ۵ سال یکبار ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی تخمین زده شده است. اگر عمر طرح نامحدود فرض شود و درآمد سالیانه حاصل از عبور رانندگان ۲ میلیون واحد پولی برآورد شود، با نرخ جذب کننده ۱۵٪ آیا پروژه اقتصادی است؟

● ۱۰-۶- استانداری اصفهان برای ایجاد یک پل جدید بر روی رودخانه زاینده‌رود در حال تصمیم‌گیری است. دو پروژه جداگانه از دو گروه مهندسین مشاور برای ایجاد این پل به صورت فلزی و بتونی به استانداری ارائه شده است. پل فلزی دارای هزینه اولیه ۱۲ میلیون واحد پولی، هزینه سالیانه ۸۰,۰۰۰ واحد پولی و سومی (هزینه‌های پرسنلی)، هزینه رنگ‌کاری هر سه سال یکبار برابر با ۱۰,۰۰۰ واحد پولی و هزینه تعمیرات اصلی هر ده سال یکبار ۴۵,۰۰۰ واحد پولی است. پل بتونی دارای هزینه اولیه ۱۵ میلیون واحد پولی، هزینه پرسنلی سالیانه ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی و هزینه تعمیرات اصلی هر ۵ سال یکبار ۵۰,۰۰۰ واحد پولی است. اگر نرخ بهره سالیانه ۵٪ در نظر گرفته شود، کدام طرح اقتصادی‌تر است؟

● ۱۱-۶- شهرداری شیراز قصد دارد یک پارک تفریحی شامل وسایل بازی و **سرگرمی**

تاسیس کند. هزینه اولیه این پارک ۳۵۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. شهرداری علاقمند است همه‌ساله به تعداد وسایل بازی بیافزاید و پیش‌بینی نموده است که برای پنج سال آینده سالیانه ۶۰۰,۰۰۰ واحد پولی هزینه توسعه خواهد داشت. هزینه‌های عملیاتی شامل پرسنل، تعمیرات و نگهداری، برق، آب و غیره در سال اول ۱۲۰,۰۰۰ واحد پولی و تا سال پنجم هر سال ۲۰,۰۰۰ واحد پولی افزایش خواهد داشت و از سال ششم به بعد مقدار آن بطور ثابت ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. شهرداری پیش‌بینی می‌کند که درآمد سالیانه ۱۱۰,۰۰۰ واحد پولی، در سال دوم ۱۴۰,۰۰۰ واحد پولی و تا سال هشتم همه‌ساله ۳۰,۰۰۰ افزایش خواهد داشت و از سال هشتم به بعد مقدار آن ثابت خواهد بود. اگر حداقل نرخ جذب کننده برای شهرداری ۱۰٪ در سال باشد آیا تاسیس این پارک اقتصادی است؟

● ۱۲ـ۶ـ دو طرح برای ایجاد تاتر شهر، در شهر اصفهان، توسط مهندسین مشاور تهیه شده است. طرح (I) دارای هزینه اولیه ۱۰ میلیون واحد پولی و هزینه توسعه ۴ میلیون واحد پولی در پایان سال چهارم است. هزینه سالیانه برابر است با ۲۵۰,۰۰۰ واحد پولی و درآمد سالیانه در سال اول ۱۹۰,۰۰۰ واحد پولی و تا سال چهارم هر سال ۲۰,۰۰۰ واحد پولی افزایش دارد. از سال پنجم تا سال دهم ۲۵۰,۰۰۰ واحد پولی و از سال یازدهم به بعد ۳۵۰,۰۰۰ واحد پولی پیش‌بینی شده است. طرح (II) دارای هزینه اولیه ۱۸ میلیون واحد پولی و هزینه سالیانه ۳۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. درآمد سال اول ۲۶۰,۰۰۰ واحد پولی و تا سال هفتم هر سال ۳۰,۰۰۰ واحد پولی افزایش و از سال هشتم به بعد مقدار ثابت ۴۴۰,۰۰۰ واحد پولی را خواهد داشت. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۲۰٪ در سال باشد، کدام طرح اقتصادی‌تر است؟

فصل هفتم

روش یکنواخت سالیانه

در این فصل دومین تکنیک اقتصاد مهندسی تحت عنوان «روش یکنواخت سالیانه» ارائه می‌شود. در این روش درآمدها و هزینه‌ها به دریافت یا پرداخت سالیانه یکنواخت تبدیل می‌شوند. این تکنیک باتوجه به اطلاعات طرح تحت نام «هزینه یکنواخت سالیانه»[1] و یا تحت نام «درآمد یکنواخت سالیانه»[2] شناخته می‌شود. یکی از مزایای این روش، برخلاف روش ارزش فعلی، این است که عمر پروژه‌ها تغییری در محاسبات نمی‌دهد و در حقیقت نیازی به تعیین عمر مشترک برای زمانی که پروژه‌ها دارای عمرهای نابرابرند نیست. مثلاً اگر دو طرح A و B را با عمرهای ۲ و ۳ سال مقایسه نمائیم، مقدار هزینه یکنواخت سالیانه طرح A برای عمر دو سال و مقدار هزینه یکنواخت سالیانه طرح B برای عمر سه سال، تفاوتی با زمانی که عمرها دارای عمر مشترک ۶ سال هستند ندارد و مقدار هزینه سالیانه در دوره اول با دوره‌های بعد یکسان است. به همین جهت زمانی که عمر پروژه‌ها نابرابر است روش یکنواخت سالیانه سریعتر و آسانتر از روش ارزش فعلی خواهد بود. در صورت موجود نبودن دریافت در یک فرآیند مالی مقدار هزینه یکنواخت سالیانه را می‌توان از سه طریق زیر بدست آورد:

طریقه اول محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه

فرض کنید هزینه اولیه طرحی (P)، پس از عمر مفید (n) سال دارای ارزش اسقاطی (SV) باشد. در روش اول محاسبهٔ EUAC که ساده‌ترین روش است، مقدار P را با

---

1 - Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC)

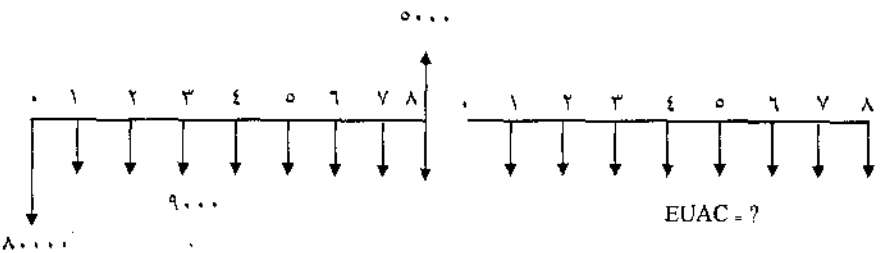
2 - Equivalent Uniform Annual Benefit (EUAB)

استفاده از فاکتور A/P به هزینه یکنواخت سالیانه و مقدار SV را با استفاده از فاکتور A/F به درآمد یکنواخت سالیانه تبدیل می‌نمائیم، سپس مقدار SV را با علامت منفی با هزینه یکنواخت سالیانه جمع می‌نمائیم. رابطه زیر روش اول محاسبه EUAC را نشان می‌دهد:

$$EUAC = P\,(A/P\,،i\%\,،n) - SV\,(A/F\,،i\%\,،n) \qquad (۷\text{-}۱)$$

● مثال ۱-۷- هزینه اولیه یک ماشین ۸۰,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی آن پس از ۸ سال برابر با ۵,۰۰۰ واحد پولی پیش‌بینی شده است. هزینه عملیاتی این ماشین در سال برابر است با ۹,۰۰۰ واحد پولی. اگر حداقل نرخ جذب کننده را ٪۶ فرض کنیم مقدار هزینه سالیانه یکنواخت (EUAC) را محاسبه کنید.

حل: فرآیند مالی مسئله عبارت‌اند از:



طبق فرآیند مالی مسئله خواهیم داشت:

$EUAC = A_۱ + A_۲$

$A_۱$ عبارت است از هزینه یکنواخت سالیانه محاسبه شده از رابطه (۷-۱) و $A_۲$ هزینه عملیاتی سالیانه که برابر است با ۹,۰۰۰ واحد پولی.

$A_۱ = ۸۰,۰۰۰\,(A/P\,،٪۶\,،۸) - ۵,۰۰۰\,(A/F\,،٪۶\,،۸)$

$A_۱ = ۱۲,۳۸۰$

$EUAC = ۱۲,۳۸۰ + ۹,۰۰۰ = ۲۱,۳۸۰$

چنانچه هزینه عملیاتی سالیانه، بصورت سالیانه بیان نمی‌شد و مثلاً بصورت شیب افزایشی و یا مقادیر متفاوت در هر سال ارائه می‌شد، باید هزینه یکنواخت سالیانه با استفاده از روابط فصل سوم تعیین می‌گردید.

طریقه دوم محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه

در این طریق ابتدا ارزش فعلی ارزش اسقاطی را محاسبه کرده، از هزینه اولیه تفریق می‌کنیم و سپس ارزش فعلی حاصل را به هزینه یکنواخت سالیانه تبدیل می‌نمائیم. رابطه (۲ـ۷) روش دوم محاسبه EUAC را نشان می‌دهد:

$$EUAC = [P - SV\ (P/F, i\%, n)]\ (A/F, i\%, n) \qquad (۷ـ۲)$$

● مثال ۲ـ۷ـ با استفاده از رابطه (۲ـ۷) مقدار EUAC را در مثال ۱ـ۷ بدست آورید:

حل:
$$EUAC = [۸۰,۰۰۰ - ۵,۰۰۰\ (P/F, ٪۶, ۸)]\ (A/P, ٪۶, ۸) + ۹,۰۰۰$$
$$EUAC = ۲۱,۳۸۰$$

طریقه سوم محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه

در این روش ابتدا اختلاف ارزش اسقاطی و هزینه اولیه را تعیین نموده، در فاکتور A/P ضرب می‌نمائیم و سپس حاصلضرب ارزش اسقاطی در حداقل نرخ جذب‌کننده را به آن اضافه می‌نمائیم. رابطه (۳ـ۷) روش سوم محاسبهٔ EUAC را نشان می‌دهد:

$$EUAC = (P - SV)\ (A/P, i\%, n) + SV\ (i) \qquad (۷ـ۳)$$

● مثال ۳ـ۷ـ با استفاده از رابطه (۳ـ۷) مقدار EUAC را در مثال ۱ـ۷ بدست آورید.

حل:
$$EUAC = (۸۰,۰۰۰ - ۵,۰۰۰)\ (A/P, ٪۶, ۸) + ۵,۰۰۰\ (۰/۰۶) + ۹,۰۰۰$$
$$EUAC = ۲۱,۳۸۰$$

رابطه ۳ـ۷ را می‌توان بصورت زیر تفکیک کرد:

$$EUAC = P\,(A/P\,,i\%\,,n) - SV\,(A/P\,,i\%\,,n) + SV\,(i)$$

اگر به جای $(A/P\,,i\%\,,n)$ مقدار فاکتور را که عبارت است از $\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$ قرار دهیم و با $SV(i)$ جمع نمائیم خواهیم داشت:

$$-SV\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right] + SV(i) =$$

$$-SV\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} - i\right] = -SV\left[\frac{i}{(1+i)^n-1}\right] = -SV\,(A/F, i\%, n)$$

بنابراین رابطه EUAC را می‌توان بصورت زیر نوشت:

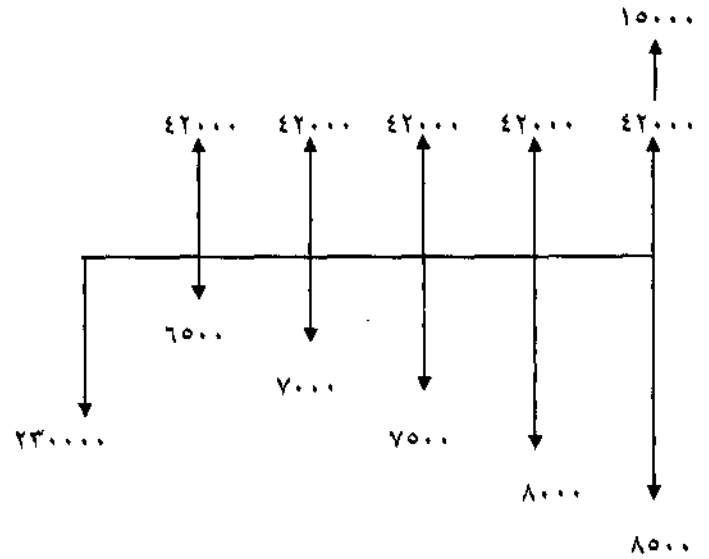
$$EUAC = P\,(A/P\,,i\%\,,n) - SV\,(A/F\,,i\%\,,n)$$

که رابطه فوق چیزی جز رابطه (۱-۷) نیست.

چنانچه مثال ۱-۷ براساس درآمد مطرح می‌شد، EUAB را ازهریک از سه طریق فوق محاسبه می‌نمودیم.

● مثال ۴-۷-یک شرکت پخش کننده دارو برای توزیع داروها در سراسر شهر خرید ۵ وانت را بررسی می‌کند. قیمت اولیه هر وانت ۴۶,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی پس از ۵ سال ۳,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. هزینه‌های بیمه، تعمیرات، بنزین و غیره در سال اول ۶،۵۰۰ واحد پولی و همه‌ساله ۵۰۰ واحد پولی افزایش می‌یابد. درآمد سالیانه حاصل از وانتها ۴۲,۰۰۰ واحد پولی در سال پیش‌بینی می‌شود. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ موردنظر شرکت باشد آیا خرید وانت‌ها اقتصادی است؟

حل: فرآیند مالی این مثال عبارت است از:



از آنجا که درآمد سالیانه معلوم است، باید بین درآمد سالیانه و هزینه سالیانه مقایسه بعمل آید و «خالص یکنواخت سالیانه[1]» محاسبه گردد.

مقدار درآمد سالیانه عبارت است از:

EUAB = ۴۲,۰۰۰

مقدار هزینه سالیانه طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

EUAC = + ۵ (۴۶,۰۰۰) (A/P ، ٪۱۰ ، ۵) − ۵ (۳,۰۰۰) (A/F ، ٪۱۰ ، ۵)

+ ۶,۵۰۰ + ۵۰۰ (A/G ، ٪۱۰ ، ۵)

EUAC = + ۶۵,۶۲۵

از آنجا که هزینه سالیانه، بیش از درآمد سالیانه است خرید وانت‌ها توصیه نمی‌شود به عبارت دیگر:

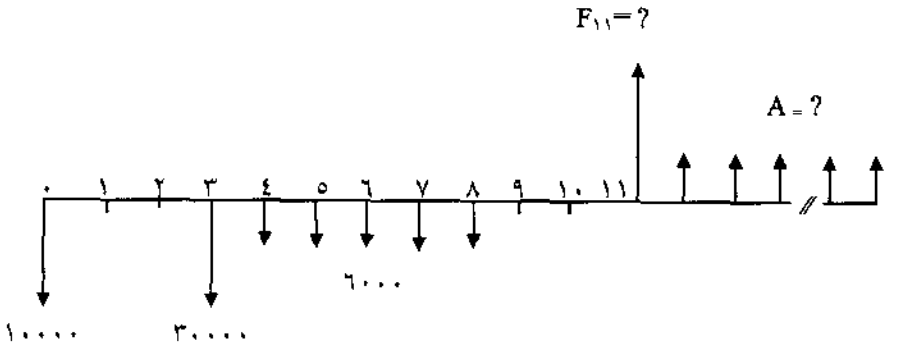
NEUA = ۴۲,۰۰۰ − ۶۵,۶۲۵ = -۲۳,۶۲۵

● مثال ۵-۷-شخصی ۱۰,۰۰۰ واحد پولی را اکنون، ۳۰,۰۰۰ واحد پولی سه سال دیگر

1 - Net Equivalent Uniform Annual

و ۶,۰۰۰ واحد پولی را از سال چهارم تا هشتم در بانکی پس‌انداز می‌کند. درآمد یکنواخت سالیانه حاصل از این سرمایه‌گذاری از سال دوازدهم تا مدت نامحدود چقدر خواهد بود، اگر نرخ بهره سالیانه بانک ٪۸ در سال باشد.

حل: فرآیند مالی این مثال عبارت است از:



ابتدا ارزش آینده سرمایه‌گذاری‌ها در پایان سال یازدهم محاسبه می‌شود:

$$F_{۱۱} = ۱۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۸ ، ۱۱) + ۳۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۸ ، ۸)$$
$$+ ۶,۰۰۰ (F/A ، ٪۸ ، ۵) (F/P ، ٪۸ ، ۳)$$
$$F_{۱۱} = ۱۲۳,۱۹۰$$

$F_{۱۱}$ در حقیقت برای درآمد یکنواخت سالیانه P محسوب می‌شود:

$$EUAB = Pi = ۱۲۳,۱۹۰ (۰/۰۸) = ۹,۸۶۰$$

مقایسه چند پروژه از طریق هزینه یکنواخت سالیانه

همانطورکه اشاره شد اگر پروژه‌ها دارای عمرهای نابرابر باشند بسادگی می‌توان از روش EUAC استفاده و اقتصادی‌ترین پروژه را انتخاب نمود. روش مقایسه چند پروژه، با استفاده از تکنیک هزینه سالیانه مانند تکنیک ارزش فعلی است. پروژه‌ای که دارای کمترین هزینه سالیانه باشد اقتصادی‌ترین پروژه خواهد بود.

● مثال ۶-۷ـدو پمپ توربینی A و B را با مشخصات زیر در اختیار داریم. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ فرض شود خرید کدام را توصیه می‌کنید؟

	A	B
هزینه اولیه	۲۶,۰۰۰	۳۶,۰۰۰
هزینه تعمیرات سالیانه	۸۰۰	۳۰۰
هزینه پرسنلی سالیانه	۱۱,۰۰۰	۹,۶۰۰
ارزش اسقاطی	۲,۰۰۰	۳,۰۰۰
عمر مفید	۶	۱۰

حل: هزینه سالیانه دو پمپ را محاسبه و پمپی که کمترین هزینه یکنواخت سالیانه را دارا باشد انتخاب می‌نمائیم:

$$EUAC_A = ۲۶,۰۰۰\ (A/P\ ،٪۱۵\ ،۶) - ۲,۰۰۰\ (A/F\ ،٪۱۵\ ،۶) + ۱۱,۰۰۰ + ۸۰۰$$

$$EUAC_A = ۱۸,۴۴۲$$

$$EUAC_B = ۳۶,۰۰۰\ (A/P\ ،٪۱۵\ ،۱۰) - ۳,۰۰۰\ (A/F\ ،٪۱۵\ ،۱۰) + ۹,۶۰۰ + ۳۰۰$$

$$EUAC_B = ۱۶,۹۲۵$$

از آنجا که $EUAC_B < EUAC_A$ می‌باشد طرح B یا خرید پمپ B توصیه می‌شود.

● مثال ۷-۷ـدو طرح I و II تشریح شده در مثال ۴-۶ را از طریق EUAC مقایسه نمائید. هزینه یکنواخت سالیانه طرح I شامل هزینه یکنواخت سالیانه پالتها و هزینه یکنواخت سالیانه لیفت‌تراکها خواهد بود:

حل:

$$EUAC_P = ۲۸,۰۰۰\ (A/P\ ،٪۱۵\ ،۱۲) - ۲,۰۰۰\ (A/F\ ،٪۱۵\ ،۱۲) + ۳۰۰$$

$$EUAC_P = ۵,۳۹۶$$

$$EUAC_L = ۲\ (۴۵,۰۰۰)\ (A/P\ ،٪۱۵\ ،۸) - ۲\ (۵,۰۰۰)\ (A/F\ ،٪۱۵\ ،۸) + ۲(۶,۰۰۰)$$

$EUAC_L = ۳۱,۳۲۸$

$EUAC_I = ۵,۳۹۶ + ۳۱,۳۲۸$

$EUAC_I = ۳۶,۷۲۴$

$EUAC_{II} = ۱۷۵,۰۰۰ (A/P ، ٪۱۵ ، ۲۴) - ۱۰,۰۰۰ (A/F ، ٪۱۵ ، ۲۴) + ۲,۵۰۰$

$EUAC_{II} = ۲۹,۶۴۶$

از آنجا که $EUAC_{II} < EUAC_I$ است طرح II توصیه می‌شود. نتیجه بدست آمده از طریق روش هزینه یکنواخت سالیانه دقیقاً برابر با نتیجه حاصله از روش ارزش فعلی است. مقدار هزینه سالیانه دو طرح را می‌توانستیم از حاصلضرب ارزش فعلی بدست آمده (در مثال ۴ـ۶) در فاکتور (A/P ، ٪۱۵ ، ۲۴) نیز بدست آوریم:

$EUAC_I = ۲۳۶,۲۸۰/۵۴ (A/P ، ٪۱۵ ، ۲۴) = ۳۶,۷۲۴$

$EUAC_{II} = ۱۹۰,۷۳۵/۵ (A/P ، ٪۱۵ ، ۲۴) = ۲۹,۶۴۶$

از روش EUAC می‌توان در مقایسه اقتصادی پروژه‌هایی که دارای عمر نامحدود هستند استفاده کرد و این روش مانند روش ارزش فعلی، تکنیکی قوی در انتخاب این‌گونه طرحها محسوب می‌شود.

● مثال ۸ـ۷ـ شهرداری اهواز بررسی اقتصادی دو پل بتونی و فلزی را بر روی رودخانه کارون آغاز نموده و انتخاب یکی از دو پل ضروری است. هزینه اوّلیه پل بتونی ۳۰/۸ میلیون واحد پولی، هزینه تعمیرات سالیانه ۱۵,۰۰۰ واحد پولی و هزینه بازرسی و کنترل ۵۰,۰۰۰ واحد پولی برای هر ده سال یکبار است. پل فلزی دارای هزینه اولیه ۲۲/۳ میلیون، هزینه تعمیرات سالیانه ۸,۰۰۰ واحد پولی، هزینه رنگرزی هر سه سال یکبار ۱۰,۰۰۰ واحد پولی و هزینه بازرسی و کنترل هر ده سال یکبار ۴۵,۰۰۰ واحد پولی است. عمر پلها نامحدود و حداقل نرخ جذب کننده ٪۶ فرض می‌شود. با استفاده از روش EUAC اقتصادی‌ترین طرح را تعیین نمائید.

حل: هزینه سالیانه طرح پل بتونی عبارت است از:

$A_1 = ۳۰,۸۰۰,۰۰۰ (۰/۰۶) = ۱,۸۴۸,۰۰۰$

$A_2 = ۱۵,۰۰۰$

$A_3 = ۵۰,۰۰۰ (A/F ، ٪۶ ، ۱۰) = ۳,۷۹۴$

$EUAC = A_1 + A_2 + A_3 = ۱,۸۶۶,۷۹۷$

هزینه سالیانه طرح پلّ فلزی عبارت است از:

$A_1 = ۲۲,۳۰۰,۰۰۰ (۰/۶) = ۱,۳۳۸,۰۰۰$

$A_2 = ۸,۰۰۰$

$A_3 = ۱۰,۰۰۰ (A/F ، ٪۶ ، ۳) = ۳,۱۴۱$

$A_4 = ۴۵,۰۰۰ (A/F ، ٪۶ ، ۱۰) = ۳,۴۱۴$

$EUAC = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = ۱,۳۵۲,۵۵۵$

پل فلزی اقتصادی‌تر است.

مسائل فصل هفتم

● ۱-۷- دو ماشین A و B را از طریق EUAC با نرخ ۲۰٪ مقایسه نمائید:

	ماشین A	ماشین B
هزینه اولیه	۱۵,۰۰۰	۲۵,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۱,۶۰۰	۴۰۰
ارزش اسقاطی	۳,۰۰۰	۶,۰۰۰
عمر مفید	۷	۱۰

اگر روش ارزش فعلی را به عنوان تکنیک مقایسه بین دو طرح بکار می‌بردید، عمر مشترک چند سال بود؟

● ۲-۷- دو ماشین X و Y را با حداقل نرخ جذب کنده ۱۸٪ از طریق EUAC مقایسه نمائید.

	ماشین X	ماشین Y
هزینه اولیه	۴۴,۰۰۰	۲۳,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۷,۰۰۰	۹,۰۰۰
هزینه تعمیرات سالیانه	۲۱۰	۳۵۰
هزینه هر دو سال یکبار	—	۱,۹۰۰
هزینه هر پنج سال یکبار	۲,۵۰۰	—
ارزش اسقاطی	۴,۰۰۰	۳,۰۰۰
عمر مفید	۱۵	۸

کتابخانه مرکز آموزش عالی
دحـ۱۲۱۱

● ۳-۷- دو طرح I و II را با حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ از طریق EUAC مقایسه نمائید. طرح II شامل دو ماشین A و B است:

	طرح I	طرح II	
		ماشین A	ماشین B
هزینه اولیه	۱۰,۰۰۰	۳۰,۰۰۰	۵,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۵۰۰	۱۰۰	۲۰۰
ارزش اسقاطی	۱,۰۰۰	۵,۰۰۰	-۲۰۰
عمر مفید	۴۰	۴۰	۲۰

● ۴-۷- در مسئله شماره ۶-۷، مقایسه بین خرید سه پمپ را از طریق EUAC با حداقل نرخ جذب کننده ۲۰٪ انجام دهید.

● ۵-۷- در مسئله شماره ۸-۶، مقایسه بین خرید دو ماشین تراش را از طریق EUAC با حداقل نرخ ۱۸٪ انجام دهید.

● ۶-۷- در مسئله شماره ۱۰-۶، مقایسه دو پل بتونی و فلزی را از طریق EUAC با نرخ ۸٪ انجام دهید.

● ۷-۷- هزینه اولیه طرحی ۱۴,۰۰۰ واحد پولی است. این طرح ۵,۵۰۰ واحد پولی شش سال بعد، و ۵,۰۰۰ واحد پولی از سال هفتم به بعد هزینه دارد. اگر درآمد سالیانه این طرح ۹,۰۰۰ در سال باشد و حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ فرض شود آیا طرح اقتصادی است.

● ۸-۷- هزینه اولیه سدّی ۲۰ میلیون واحد پولی است. هزینه تعمیرات سالیانه این سد

۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی، و هر پنج سال یکبار دارای هزینه‌ای معادل ۳۵۰,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد. اگر عمر سدّ نامحدود فرض شود و درآمد سالیانه مورد انتظار برابر با ۱,۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی باشد، آیا ایجاد این سد با نرخ سالیانه ۵٪ اقتصادی است؟

● ۹ـ۷ـ در مسئله شماره ۱۱ـ۶، مقایسه اقتصادی یک پارک تفریحی را از طریق EUAC انجام دهید.

● ۱۰ـ۷ـ در مسئله شماره ۱۲ـ۶، مقایسه دو طرح ایجاد تاتر شهر را از طریق EUAC با **حداقل نرخ** جذب کننده ۱۵٪ انجام دهید.

فصل هشتم

روش نرخ بازگشت سرمایه

یکی از روشهائی که امروزه در تعیین و انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه‌ها متداول می‌باشد روش نرخ بازگشت سرمایه است. در این روش ضابطهٔ قبول یا رد یک پروژه، بر اساس معیاری (نرخی) بنام نرخ بازگشت سرمایه می‌باشد. در حقیقت تعادل درآمدها (درآمدهای سالیانه، ارزش اسقاطی و...) و هزینه‌ها (سرمایه اولیه، هزینه‌های سالیانه و...)، تحت یک نرخ امکان‌پذیر است (البته نه همیشه با یک نرخ) و آن نرخ (یا نرخها) نرخ بازگشت سرمایه می‌باشد.

بدیهی است نرخ بازگشت سرمایه باید شرایط لازم را جهت انتخاب یک پروژه به عنوان اقتصادی‌ترین پروژه داشته باشد. اگر شرکتی دارای حداقل جذب کننده ۲۰٪ باشد ولی پروژه‌ای ۱۵٪ نرخ بازگشت سرمایه را حاصل کند، طبیعی است که انتخاب پروژه، معقول بنظر نمی‌رسد. برعکس، چنانچه پروژه دارای نرخ برگشت سرمایه ۲۵٪ باشد انتخاب پروژه امری منطقی است و بطورکلی اگر:

ROR ≥ MARR طرح پذیرفته می‌شود

ROR < MARR طرح پذیرفته نمی‌شود

در روابط فوق ROR «نرخ بازگشت سرمایه»[1] می‌باشد.

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه معمولاً با استفاده از یکی از دو روش ارزش فعلی خالص یا درآمد (هزینه) یکنواخت خالص انجام می‌پذیرد:

---

1 - Rate of Return

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از روش ارزش فعلی

همانطور که اشاره شد نرخ بازگشت سرمایه از تساوی قرار دادن ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌ها حاصل می‌شود. این تساوی تنها تحت یک نرخ امکان‌پذیر است و آن، نرخ بازگشت سرمایه است. به عبارت دیگر روابط زیر برقرار است:

$$NPW = ۰$$

$$PW_B = PW_C \qquad (۸-۱)$$

$$PW_B - PW_C = ۰$$

اگر فرآیند مالی پروژه‌ای از سرمایه اولیه (P)، ارزش اسقاطی (SV)، درآمد سالیانه (A) و عمر مفید (n) تشکیل شده باشد، حل رابطه زیر، (i) که همان نرخ بازگشت سرمایه است را مشخص می‌نماید:

$$-P + A\,(P/A, i\%, n) + SV\,(P/F, i\%, n) = ۰ \qquad (۸-۲)$$

● مثال ۱-۸- اگر شخصی ۱,۰۰۰ واحد پولی را اکنون سرمایه‌گذاری نماید و سه سال دیگر در چنین روزی ۵۰۰ واحد پولی و پنج سال دیگر در چنین روزی ۱,۵۰۰ واحد پولی دریافت کند، نرخ بازگشت سرمایه او چقدر است؟

حل: طبق روابط (۱-۸) و (۲-۸) رابطه زیر را برقرار می‌کنیم:

$$-۱,۰۰۰ + ۵۰۰\,(P/F, i\%, ۳) + ۱,۵۰۰\,(P/F, i\%, ۵) = ۰$$

در رابطه فوق مقدار (i) یا نرخ بازگشت سرمایه باید برابر با مقداری باشد که طبق رابطه (۱-۸) مجموع جبری ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌ها را برابر با صفر نماید. اگر ادعا شود که نرخ بازگشت سرمایه ۱۶/۹۵٪ است، صحت این ادعا را با قرار دادن نرخ مربوطه در رابطه فوق می‌توان بسادگی دریافت:

$$-۱,۰۰۰ + ۵۰۰\,(P/F, ۱۶/۹۵\%, ۳) + ۱,۵۰۰\,(P/F, ۱۶/۹۵\%, ۵) = ۰$$

پس از محاسبه مشاهده خواهد شد که مقدار رابطه، برابر با صفر می‌گردد و ادعای مربوطه صحیح است. چنانچه ادعائی صورت نگرفته بود و هدف از سرمایه‌گذار

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه بود، باید مقادیر مختلف (i) در رابطه فوق قرار داده می‌شد و مقادیر حاصل از رابطه فوق مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گرفت. بدیهی است که مقدار رابطه با نرخهای کوچکتر از ۱۶/۹۵٪ مثبت و با نرخهای بزرگتر از ۱۶/۹۵٪ منفی می‌شود و تنها در ۱۶/۹۵٪ = ROR = i حاصل عبارت صفر می‌گردد.
در مثال بعد نحوه محاسبه نرخ بازگشت سرمایه تشریح می‌شود.

● مثال ۲ـ۸ـ شرکت امید به متقاضیان خرید سهام آن شرکت پیشنهاد می‌کند که اگر ۵,۰۰۰ واحد پولی در شرکت او سرمایه‌گذاری نمایند بمدت ۱۰ سال در پایان هر سال مبلغ ۱۰۰ واحد پولی و در پایان ده سال مبلغ ۷,۰۰۰ واحد پولی دریافت خواهند داشت. نرخ بازگشت سرمایه برای متقاضیان چقدر خواهد بود؟

حل: طبق رابطه ۲ـ۸ رابطه زیر برقرار است:

$$-۵,۰۰۰ + ۱۰۰\ (P/A\ ،i\%\ ،۱۰) + ۷,۰۰۰\ (P/F\ ،i\%\ ،۱۰) = ۰$$

محاسبه (i) از طریق روش سعی و خطا انجام می‌شود، بدین‌ترتیب که مقادیر مختلف (i) باید در رابطه فوق قرار داده شود، ولی برای شروع محاسبات بهتر است مقدار (i) تخمین زده شود. فرض می‌شود که درآمدهای سالیانه به انتهای سال دهم انتقال داده شوند. اگرچه این عمل بدون درنظرگرفتن ارزش زمانی پول صورت می‌گیرد ولی روش خوبی برای تخمین مقدار اولیه (i) به صورت زیر خواهد بود:

$$P = ۵,۰۰۰ \qquad n = ۱۰$$

$$F = ۱۰\ (۱۰۰) + ۷,۰۰۰ = ۸,۰۰۰$$

$$۵,۰۰۰ = ۸,۰۰۰\ (P/F\ ،i\%\ ،۱۰)$$

$$(P/F\ ،i\%\ ،۱۰) = ۰/۶۲۵$$

و با مراجعه به جدول انتهای کتاب، تخمین مقدار اولیه i بین ۴٪ و ۵٪ خواهد بود. با قرار دادن ۵٪ = i در رابطه فوق:

$$-۵,۰۰۰ + ۱۰۰\ (P/A\ ،٪۵\ ،۱۰) + ۷,۰۰۰\ (P/F\ ،٪۵\ ،۱۰) = ۶۹/۴۶$$

از آنجا که مقدار رابطه مثبت است باید نرخی بیش از ۵٪ در رابطه قرار داده شود. حاصل رابطه فوق با i = ٪۶ عبارت است از:

$$-۵,۰۰۰ + ۱۰۰\ (P/A\ ،٪۶\ ،۱۰) + ۷,۰۰۰\ (P/F\ ،٪۶\ ،۱۰) = -۳۵۵/۱۹$$

و از آنجا که حاصل رابطه فوق منفی است با عمل درون‌یابی می‌توان به رابطه واقعی (i) دست یافت:

i	NPW
٪۵	۶۹/۴۶
i	۰
٪۶	-۳۵۵/۱۹

$$c = \frac{a}{b} \cdot d = \frac{۶۹/۴۶}{۶۹/۴۶ - (-۳۵۵/۱۹)}\ (۱) = ۰/۱۶$$

$$ROR = i = ۵ + ۰/۱۶ = ٪۵/۱۶$$

اگر شما یکی از متقاضیان باشید، آیا حاضرید پیشنهاد شرکت را قبول کنید؟ بدیهی است قبول یا ردّ پیشنهاد بستگی به حداقل نرخ جذب کننده شما دارد. اگر حداقل نرخ جذب کننده شما بیش از ٪۵/۱۶ باشد پیشنهاد را رد و اگر کمتر یا مساوی ٪۵/۱۶ باشد پیشنهاد را قبول خواهید کرد.

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از روش یکنواخت سالیانه

با مساوی قرار دادن درآمدهای سالیانه[1] و هزینه‌های سالیانه، طبق روابط زیر، می‌توان به نرخ بازگشت سرمایه دست یافت:

$$NEUA = ۰$$

$$EUAB = EUAC \qquad (۸-۳)$$

$$EUAB - EUAC = ۰$$

1 - Equivalent Uniform Annual Benefit

در رابطه فوق NEUA[1] مقدار خالص یکنواخت سالیانه را نشان می‌دهد. در پروژه‌ای با پارامترهای سرمایه اولیه (P)، ارزش اسقاطی (SV)، درآمد سالیانه (A) و عمر مفید (n) برای محاسبه نرخ بازگشت سرمایه رابطه کلی زیر برقرار است:

$$-P\,(A/P\,,i\%\,,n) + A + SV\,(A/F\,,i\%\,,n) = 0 \qquad (۸\text{-}۴)$$

● **مثال ۸-۳- با استفاده از روش فوق، در مثال ۸-۲ نرخ بازگشت سرمایه را تعیین کنید؟**

حل: طبق رابطه ۸-۴ رابطه زیر تشکیل می‌شود:

$$-۵,۰۰۰\,(A/P\,,i\%\,,۱۰) + ۱۰۰ + ۷,۰۰۰\,(A/F\,,i\%\,,۱۰) = ۰$$

حاصل عبارت فوق در ۵٪ = i برابر ۹/۰۲ و در ۶٪ = i برابر ۴۸/۲۶ ـ است. با عمل درون‌یابی نرخ بازگشت سرمایه ۵/۱۶٪ = i = ROR، دقیقاً مانند مثال ۸-۲، حاصل می‌شود.

مقایسه اقتصادی چند پروژه با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه

نحوه مقایسه چند پروژه با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه با تکنیکهائی که در فصلهای ششم و هفتم (روشهای ارزش فعلی و یکنواخت سالیانه) تشریح شد تفاوت دارد. بدین‌ترتیب که اگر دو پروژه ناسازگار، اولی دارای نرخ بازگشت سرمایه ۲۰٪ و پروژه دیگر ۲۲٪ باشد، قضاوت در مورد انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه به سهولت امکان‌پذیر نیست. مبنای انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه، تشریح بحث جدیدی تحت عنوان تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی است و در حقیقت با استفاده از این روش است که می‌توان مقایسه اقتصادی بین چند پروژه را از روش نرخ بازگشت سرمایه انجام داد.

1 - Net Equivalnt Uniform Annual, NEUA

می‌توان مقایسه اقتصادی بین چندپروژه را ازروش نرخ بازگشت سرمایه انجام داد.

تجزیه و تحلیل سرمایه گذاری اضافی[1]

دو پروژه ناسازگار که دارای هزینه‌های اولیه متفاوت هستند را در نظر بگیرید. همواره عبارت زیر بین دو پروژه برقرار است:

(۸ـ۵) تفاوت‌هزینه‌اولیه‌بین‌دوپروژه + پروژه‌باهزینه‌اولیه‌کمتر = پروژه‌باهزینه‌اولیه‌بیشتر

عامل جدیدی که در رابطه فوق نمایان است و تاکنون مورد بحث قرار نگرفته، تفاوت بین دو پروژه است. بطورکلی هر پروژه به تنهائی دارای نرخ بازگشت سرمایه است. اگر از بین دو پروژه پروژه‌ای با هزینه اولیه بیشتر بعنوان اقتصادی‌ترین پروژه انتخاب شد، مفهوم آن چنین است که نه‌تنها پروژه خود به تنهائی دارای نرخی برابر یا بیشتر از حداقل نرخ جذب کننده (MARR) است، بلکه تفاوت بین دو پروژه نیز نرخی برابر با MARR و یا بیشتر از آن خواهد داشت. تشریح روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی به دو صورت ترسیمی یا محاسباتی قابل انجام است. متذکر می‌شود اگر چه روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی به عنوان یک عامل توجیه کننده در روش نرخ بازگشت سرمایه بکار می‌رود، خود نیز می‌تواند یکی از تکنیکهای اقتصاد مهندسی محسوب شود و به تنهائی قابل کاربرد در مقایسه اقتصادی چند پروژه است. به عبارت دیگر با محاسبه ΔNPW و ΔNEUA بین دو پروژه به راحتی اقتصادی‌ترین پروژه قابل شناسایی است. اگر:

$\Delta NPW \geq 0$ طرح با سرمایه اولیه بیشتر انتخاب می‌شود

$\Delta NPW < 0$ طرح با سرمایه اولیه کمتر انتخاب می‌شود

و اگر

$\Delta NEUA \geq 0$ طرح با سرمایه اولیه بیشتر انتخاب می‌شود

$\Delta NEUA < 0$ طرح با سرمایه اولیه کمتر انتخاب می‌شود

1 - Extra Investment Analysis

دو یا چند پروژه می‌پردازیم.

روش ترسیمی

معرفی روش ترسیمی با تشریح مثالی ساده آغاز می‌شود. دو پروژه ناسازگار با عمر مفید یکسال و مشخصات زیر در دست است:

سال	پروژه I	پروژه II
۰	−۱۰	−۲۰
۱	+۱۵	+۲۸

اگر حداقل نرخ جذب کننده ٪۶ فرض شده باشد، کدام پروژه اقتصادی‌تر است؟

برای استفاده از روش ترسیمی، لازم است ارزش فعلی درآمدها و ارزش فعلی هزینه‌ها محاسبه شده، روی محورهای مربوط به خود رسم گردند.

پروژه I

$PW_C = ۱۰$

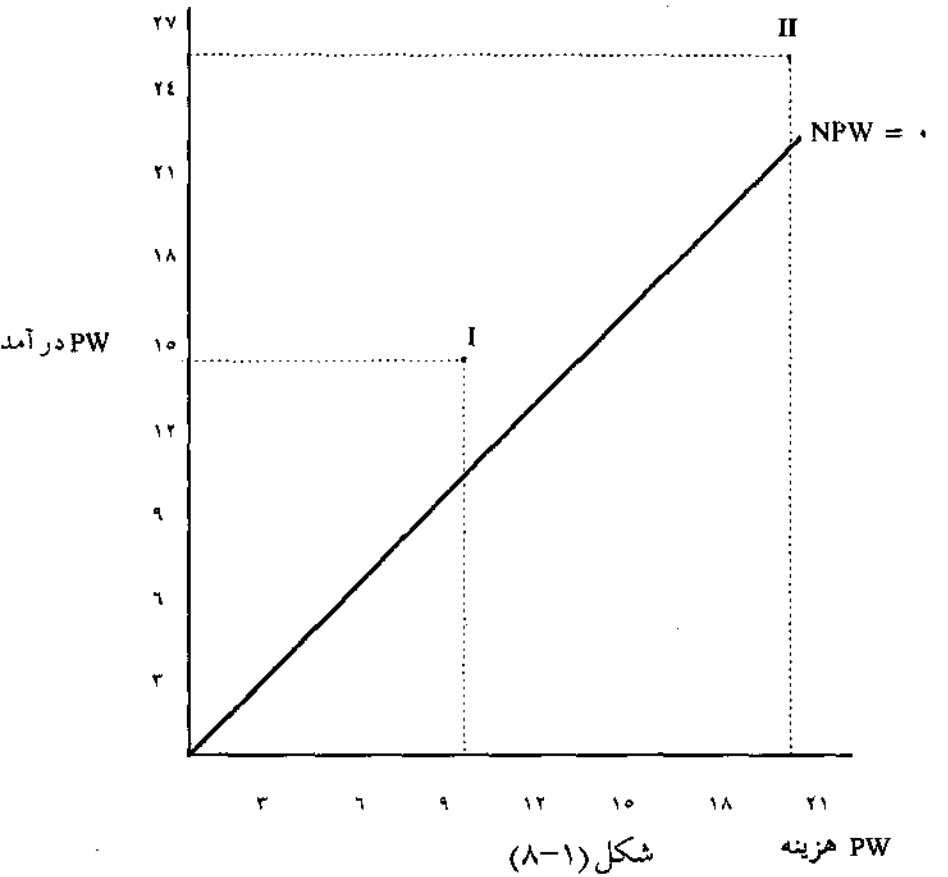
$PW_B = ۱۵\ (P/F\ ،\ ٪۶\ ،\ ۱) = ۱۴/۵$

پروژه II

$PW_C = ۲۰$

$PW_B = ۲۸\ (P/F\ ،\ ٪۶\ ،\ ۱) = ۲۶/۴۰$

مختصات هر پروژه را روی محورهای ارزش فعلی هزینه‌ها و ارزش فعلی درآمدها مشخص می‌کنیم و حاصل محورهای مذکور، منحنی هزینه درآمد خواهد بود.



شکل (۱–۸)

خط ارزش فعلی خالص[1] با زاویه ۴۵ درجه محورها را به دو بخش تقسیم نموده است. در MARR = ٪۶، خط NPW = ۰ نشان دهنده ارزش فعلی پروژه یا پروژه‌هائی است که ارزش فعلی درآمد آنها با ارزش فعلی هزینه آنها مساوی باشد. بدیهی است مختصات پروژه‌ای که دارای مشخصات فوق باشد دقیقاً روی خط NPW = ۰ قرار می‌گیرد. بخش پائینی خط NPW = ۰ مربوط به محل پروژه‌های غیراقتصادی و بخش بالائی آن محل قرار گرفتن پروژه‌های اقتصادی می‌باشد. دو پروژه I و II در MARR = ٪۶ اقتصادی‌اند، چون ارزش فعلی درآمد آنها از ارزش فعلی هزینه آنها بیشتر است ($PW_B > PW_C$). اما از طرفی هر پروژه دارای نرخ بازگشت سرمایه مربوط

1 - Net Present Worth (NPW)

کتابخانه مرکز آموزش عالی
دحیا
۱۲۷

به خود می‌باشد. نرخهای هر پروژه را می‌توان به وسیله خطوط مشخص دیگری که از مبداء محورها رسم می‌گردند معین کرد. محاسبه نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه طبق محاسبات زیر نشان داده شده است:

پروژه I

$NPW = ۰$

$-۱۰ + ۱۵ (P/F ، i\% ، ۱) = ۰$

$(P/F ، i\% ، ۱) = ۰/۶۶۶۷ \quad ROR = i = ٪۵۰$

پروژه II

$NPW = ۰$

$-۲۰ + ۲۸ (P/F ، i\% ، ۱) = ۰$

$(P/F ، i\% ، ۱) = ۰/۷۱۴۳ \quad ROR = i = ٪۴۰$

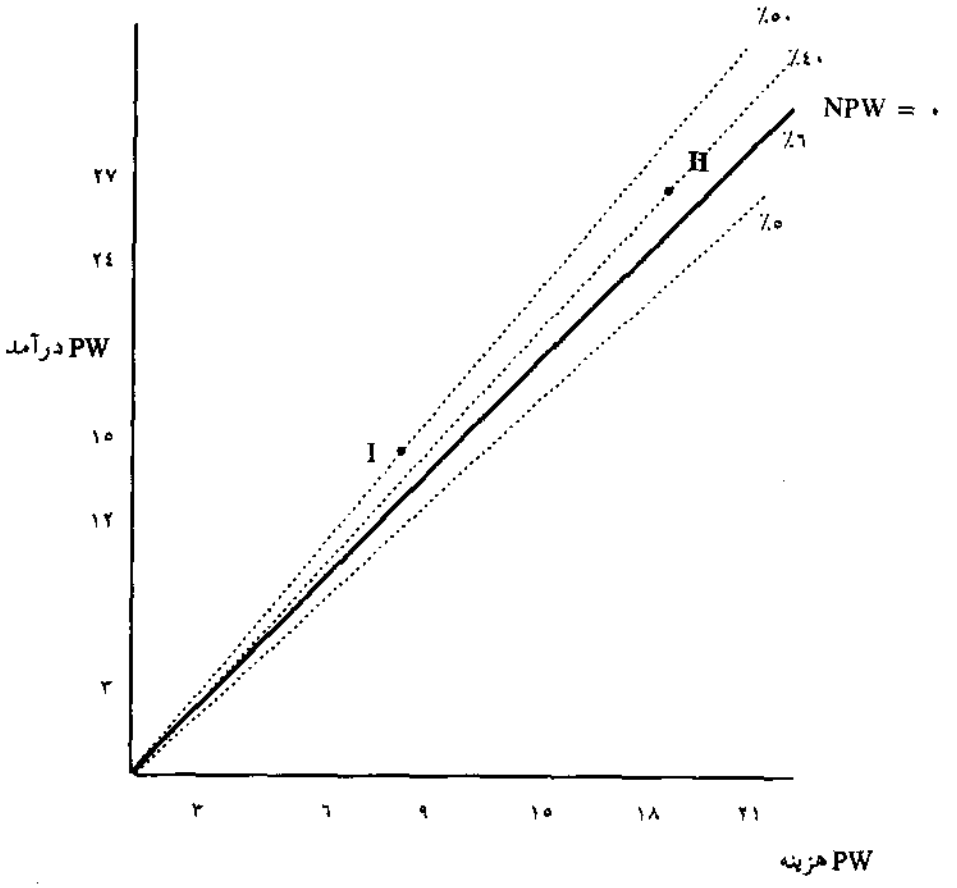
شکل ۸-۲ موقعیت هر پروژه را نسبت به خط نرخ بازگشت سرمایه مربوط به خود مشخص می‌کند. خط ۵۰٪ از محل مختصات پروژه I و خط ۴۰٪ از محل مختصات پروژه II می‌گذرد.

در حقیقت خطوط ۵۰٪ و ۴۰٪ به ترتیب ضریب زاویه‌های پروژه I و II هستند. اما با وجود رسم دو پروژه و محاسبه نرخهای بازگشت سرمایه، هنوز به سوال اصلی مسئله که کدام پروژه اقتصادی‌تر است پاسخ داده نشده است.

ارزش فعلی خالص (NPW) و نرخهای بازگشت سرمایه (ROR) دو پروژه بطور خلاصه در زیر آمده است:

$ROR_I = ٪۵۰ \quad NPW_I = ۴/۱۵$

$ROR_{II} = ٪۴۰ \quad NPW_{II} = ۶/۴$



شکل (۲-۸)

طبق روش ارزش فعلی، پروژه II اقتصادی‌تر از پروژه I است. اما از طرفی نرخ بازگشت سرمایه پروژه I بیش از پروژه II می‌باشد. شاید عده‌ای معتقد باشند که پروژه I با داشتن نرخ بازگشت سرمایه بیشتر، اقتصادی‌تر است ولی باید توجه داشت که هدف اصلی تکنیکهای اقتصاد مهندسی، انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه برمبنای حداکثر نمودنِ سود است نه حداکثر بودن نرخ بازگشت سرمایه پروژه. در این صورت تئوری قبول پروژه I به صرف داشتن نرخ بازگشت سرمایه بیشتر منطقی به نظر نمی‌رسد.

اما روش نرخ بازگشت سرمایه به عنوان یکی از تکنیکهای اقتصاد مهندسی نیز باید دقیقاً نتیجه‌ای مطابق نتیجه روش ارزش فعلی ارائه دهد و تنها با کاربرد روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی است که می‌توان به نتیجه موردنظر رسید. طبق روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی باید نرخ بازگشت سرمایه تفاوت دو پروژه را محاسبه کرد. تفاوت دو پروژه طبق رابطه (۸ـ۵) بیان شد که پروژه با هزینه اولیه بیشتر از دو نوع پروژه تشکیل یافته است، به عبارت دیگر:

(۸ـ۶) پروژه با هزینه اولیه کمتر ـ پروژه با هزینه اولیه بیشتر = تفاوت دو پروژه

برای تعیین نرخ بازگشت سرمایه تفاوت دو پروژه طبق رابطه (۸ـ۶) تفاوت دو پروژه در هزینه‌ها و درآمدها بدست می‌آید و تفاوت که در حقیقت سرمایه‌گذاری اضافی (II) نسبت به (I) است دارای نرخ بازگشت سرمایه‌ای است که محاسبه آن بشرح زیر است:

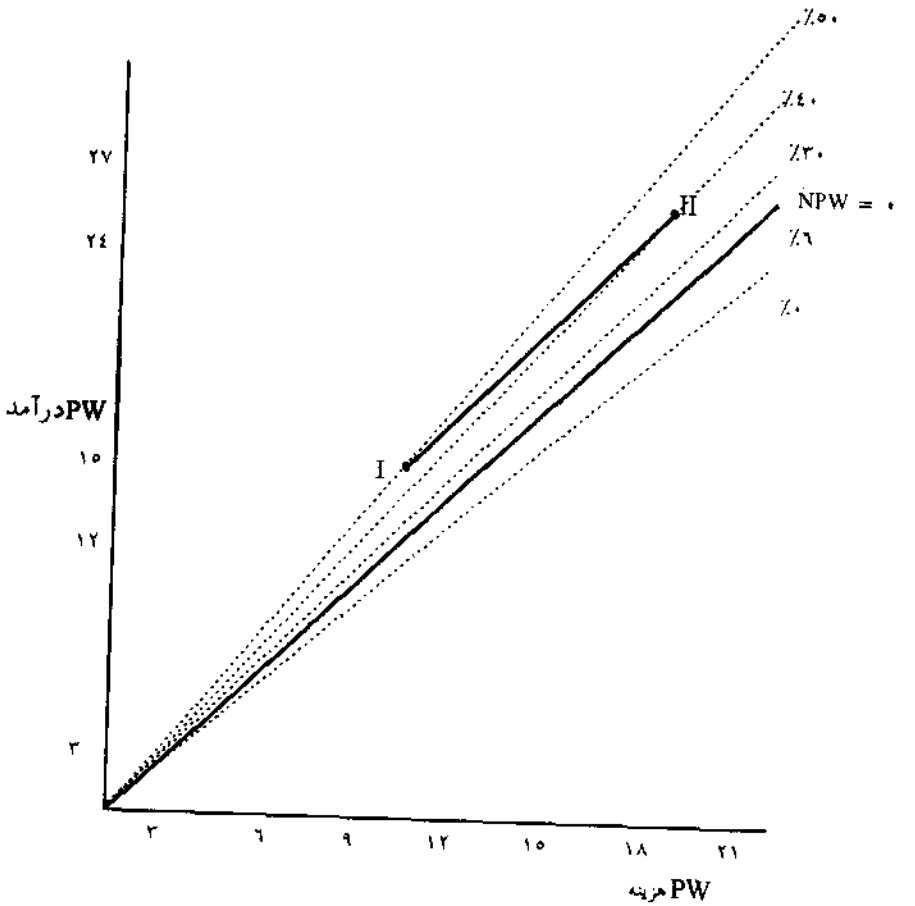
سال	پروژه II	پروژه I	تفاوت (II – I)
۰	ـ۲۰	ـ۱۰	ـ۱۰
۱	۲۸	۱۵	۱۳

$\Delta NPW = ۰$

$-۱۰ + ۱۳ (P/F ، i\% ، ۱) = ۰$

$(P/F ، i\% ، ۱) = ۰/۷۶۹۲ \quad \Delta ROR = i = ٪۳۰$

شکل ۸ـ۳ موقعیت دو پروژه همراه با نرخ بازگشت سرمایه تفاوت دو پروژه که در حقیقت ضریب زاویه خط I II است را نشان می‌دهد و این خط دقیقاً روی خط ۳۰٪ قرار دارد:



شکل (۳-۸)

بطورکلی اگر ضریب زاویه خط تفاوت، که در حقیقت نرخ بازگشت سرمایه تفاوت دو سرمایه‌گذاری است، مساوی یا بیش از حداقل نرخ جذب کننده باشد پروژهٔ با هزینه اولیه بیشتر انتخاب می‌شود در غیر این صورت پروژهٔ با هزینه اولیه کمتر برگزیده می‌شود. روابط زیر نتیجه عملکرد تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی را نشان می‌دهد:

Δ ROR $\geq$ MARR انتخاب پروژه با هزینه اولیه بیشتر

Δ ROR $<$ MARR انتخاب پروژه با هزینه اولیه کمتر (۸ـ۷)

طبق روابط فوق، چون نرخ تفاوت دو پروژه یعنی ۳۰٪ بیش از ۶٪ است، پروژهٔ II اقتصادی‌تر از پروژه I می‌باشد. بطورخلاصه می‌توان گفت که افزایش نرخ بازگشت سرمایه حاصل از انتخاب پروژه II بجای پروژه I برابر ۳۰٪ است و چنانچه نرخ تفاوت، کمتر از ۶٪ بود، طرح I انتخاب می‌شد.

● مثال ۴ـ۸ـ خرید یکی از دو ماشین X و Y موردنظر است. با استفاده از روش ترسیمی تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی، اقتصادی‌ترین ماشین را انتخاب کنید. حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ فرض شده است.

	ماشین X	ماشین Y
هزینه اولیه	۲۰۰	۷۰۰
درآمد سالیانه	۹۵	۱۲۰
ارزش اسقاطی	۵۰	۱۵۰
عمر مفید سال	۶	۱۲

حل: از آنجاکه باید ارزش فعلی هزینه‌ها و درآمدها را محاسبه کرد تا مختصات دو طرح بدست آید، باید یک دوره ۱۲ ساله را مورد بررسی قرار داد و در حقیقت ماشین X باید با عمر ۱۲ سال در مقایسه اقتصادی شرکت نماید. محاسبات ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌ها بشرح زیر است:

ماشین X

$PW_C = ۲۰۰ + (۲۰۰ - ۵۰)\,(P/F\,،\,٪۱۰\,،\,۶) - ۵۰\,(P/F\,،\,٪۱۰\,،\,۱۲)$

$PW_C = ۲۶۹$

$PW_B = ۹۵\,(P/A\,،\,٪۱۰\,،\,۱۲) = ۶۴۷$

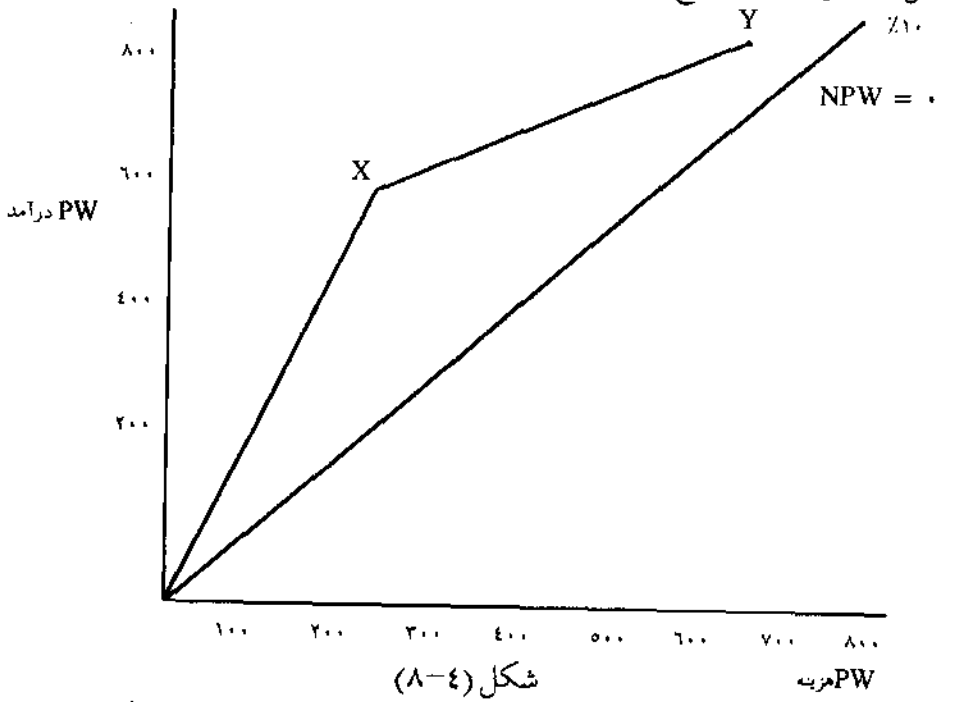
ماشین Y

$PW_C = ۷۰۰ - ۱۵۰ (P/F ، ٪۱۰ ، ۱۲) = ۶۵۲$

$PW_B = ۱۲۰ (P/A ، ٪۱۰ ، ۱۲) = ۸۱۸$

متذکر می‌شود که چون ارزش اسقاطی، پس از عمر مفید ماشین‌ها از هزینه اولیه منتج می‌شود، به عنوان کاهش دهنده هزینه اولیه، به صورت درآمد ظاهر گشته است.

شکل ۸.۴ موقعیت دو طرح را نشان می‌دهد:

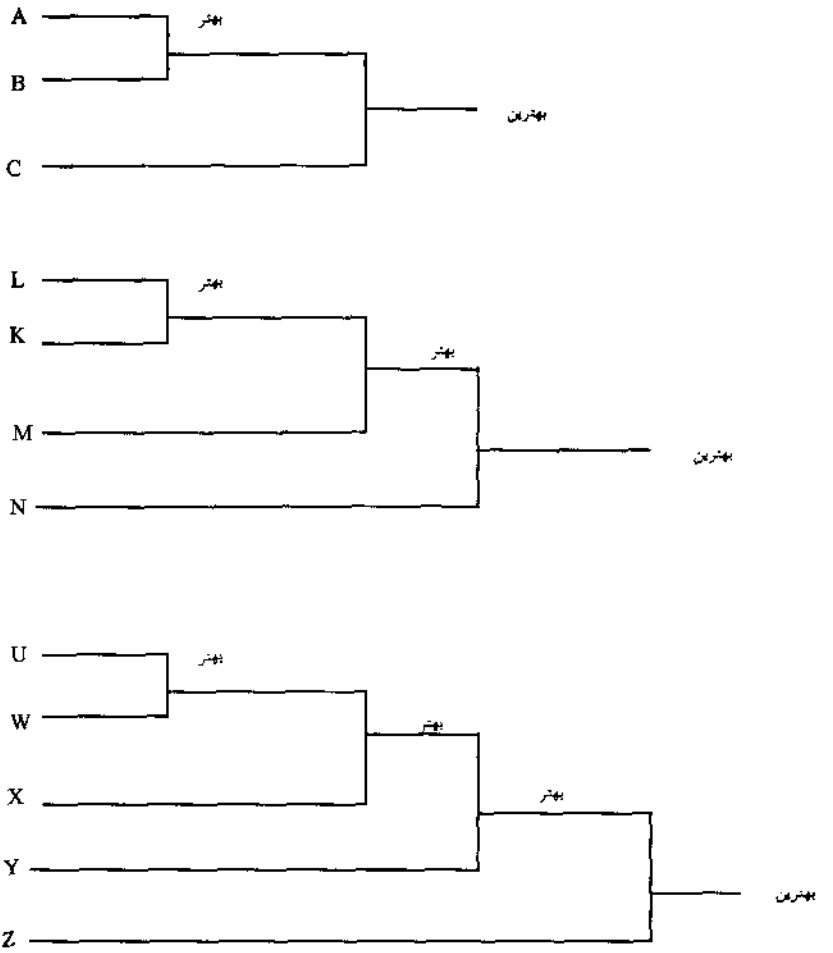


شکل (۴-۸)

همانطور که مشاهده می‌شود شیب خط XY کمتر از ٪۱۰ = MARR می‌باشد. به عبارت دیگر نرخ بازگشت سرمایه تفاوت کمتر از ٪۱۰ است و توصیه می‌شود ماشین X با هزینه اولیه کمتر خریداری شود. اگر ارزش فعلی خالص دو طرح محاسبه شود، ($NPW_X = ۳۷۸$ و $NPW_Y = ۱۶۶$) ماشین X دارای ارزش فعلی خالص بیشتری است و در نتیجه دو تکنیک ارزش فعلی و تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی به نتیجه‌ای یکسان، یعنی انتخاب X رسیده‌اند.

بعد از تشریح روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی در مقایسه اقتصادی دو

پروژه، به بررسی اقتصادی سه پروژه با استفاده از روش ترسیمی می‌پردازیم. اگر سه پروژه A و B و C در اختیار باشد، برای انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه از طریق نرخ بازگشت سرمایه، باید بین دو پروژه A و B مقایسه بعمل آید و با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی اقتصادی‌ترین آنها انتخاب شود سپس اقتصادی‌ترین پروژه بین A و B، با پروژه C مقایسه شود تا اقتصادی‌ترین پروژه بین A و B و C بدست آید. اشکال زیر مقایسه چند پروژه را از طریق نرخ بازگشت سرمایه نشان می‌دهد:



شکل (۵-۸)

● مثال ۸ـ۵ـ سه طرح A و B و C با مشخصات زیر در اختیار است. عمر مفید هر طرح ۲۰ سال و ارزش اسقاطی آنها صفر فرض می‌شود. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۶٪ فرض شود کدام یک از این سه طرح ناسازگار، اقتصادی‌ترین است؟

	A	B	C
هزینه اولیه	۲,۰۰۰	۴,۰۰۰	۵,۰۰۰
درآمد سالیانه	۴۱۰	۶۳۹	۷۰۰

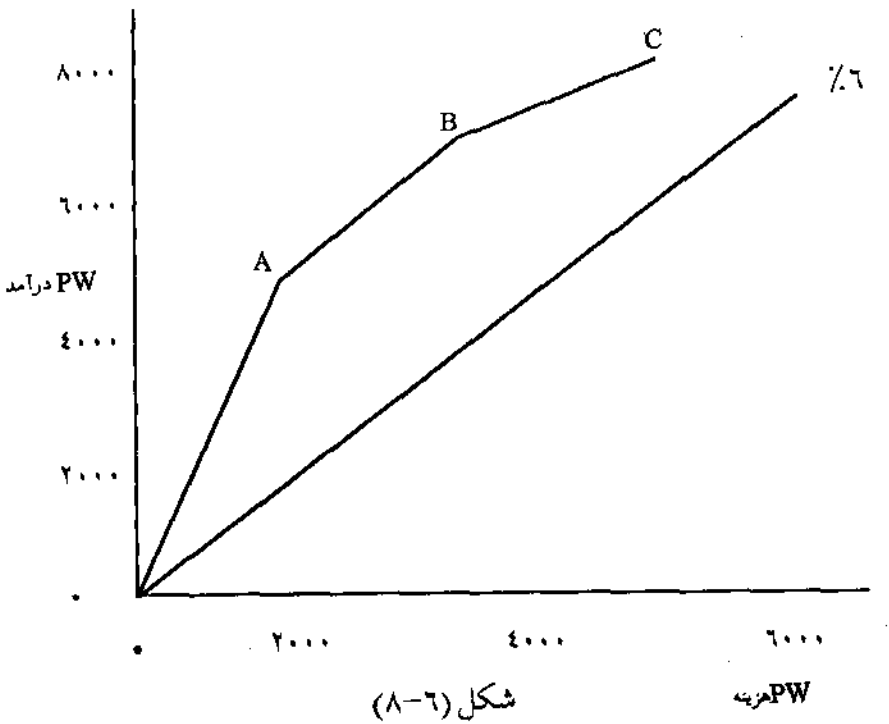
حل: ارزش فعلی هزینه برای هر طرح برابر با هزینه اولیه آنهاست. ارزش فعلی درآمد هر طرح به سادگی قابل محاسبه می‌باشد:

$(PW_B)_A = ۴۱۰\ (P/A\ ،\ ٪۶\ ،\ ۲۰) = ۴,۷۰۳$

$(PW_B)_B = ۶۳۹\ (P/A\ ،\ ٪۶\ ،\ ۲۰) = ۷,۳۲۹$

$(PW_B)_C = ۷۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۶\ ،\ ۲۰) = ۸,۰۲۹$

شکل ۸ـ۶ موقعیت سه طرح را نشان می‌دهد:



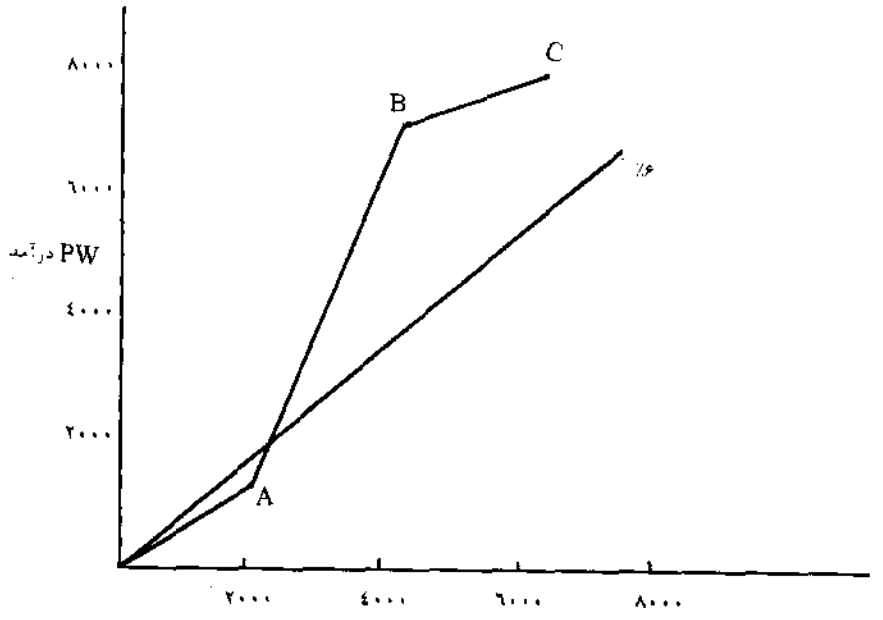
شکل (۶–۸)

طبق شکل فوق نرخهای بازگشت سرمایه هر سه طرح از ۶٪ بیشتر و هر سه طرح کاندید جهت اقتصادی‌ترین طرح هستند. از آنجا که شیب خط AB بیش از ۶٪ است، نتیجه می‌شود که طرح B از طرح A اقتصادی‌تر است. اکنون باید A را از مقایسه خارج نمود و مقایسه را بین B و C انجام داد. شیب خط BC کمتر از ۶٪ بوده و طرحی که دارای هزینه کمتر است، یعنی B انتخاب می‌شود و در نتیجه طرح B اقتصادی‌ترین طرح محسوب می‌شود.

● مثال ۸ـ۶ـ فرض کنید که درآمد سالیانه طرح A در مثال قبل، از ۴۱۰ به ۱۲۲ کاهش یابد. برای این تغییر موقعیت سه طرح را روی محورهای ارزش فعلی نشان دهید و اقتصادی‌ترین طرح را تعیین کنید.

حل: ارزش فعلی درآمد طرح A به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$(PW_B)_A = ۱۲۲\ (P/A\ ،\ ٪۶\ ،\ ۲۰) = ۱,۳۹۹$$



شکل (۸–۷)

شکل ۷ـ۸ موقعت سه طرح را نشان می‌دهد. طرح A با داشتن PW = ۱,۳۹۹ واحد پولی درآمد و PW = ۲,۰۰۰ واحد پولی هزینه، در بخش پائینی خط ۶٪ یعنی با شیبی کمتر از ۶٪ قرار دارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که طرح A غیراقتصادی است و باید از مقایسه خارج شود و مقایسه نهایی باید بین طرحهای B و C انجام پذیرد. خط BC دارای شیبی کمتر از ۶٪ است لذا طرحی که دارای هزینه اولیه کمتر است یعنی طرح B انتخاب و بعنوان اقتصادی‌ترین طرح شناخته خواهد شد.

روش محاسباتی

در مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه باید مراحل زیر به ترتیب اجرا شود:

۱ـ پروژه‌ها برحسب هزینه اولیه به ترتیب صعودی مرتب شوند.

۲ـ نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه محاسبه شود.

۳ـ اگر نرخ بازگشت سرمایه پروژه‌ای از حداقل نرخ جذب کننده کمتر بود، آن پروژه از مقایسه حذف گردد.

۴ـ پروژه‌ها با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی، دوبدو با هم مقایسه شوند تا اقتصادی‌ترین پروژه شناخته شود.

● مثال ۷ـ۸ـ دو پروژه زیر را با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه (روش محاسباتی) مقایسه و اقتصادی‌ترین را تعیین کنید MARR = ۶٪.

سال	پروژه I	پروژه II
۰	−۱۰	−۲۰
۱	۱۵	۲۸

حل: اگرچه در روش ترسیمی، جهت تفهیم بهتر نرخ بازگشت سرمایه تفاوت محاسبه

شد. ولی بار دیگر این مسئله طبق مراحل فوق حل می‌شود. پروژه‌ها به ترتیب هزینه اولیه مرتب هستند. نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه قبلاً محاسبه شده (ROR_I = ٪۵۰، ROR_{II} = ٪۴۰) و هر دو پروژه دارای نرخهای بیش از ٪۶ هستند. سپس تفاوت دو پروژه و نرخ بازگشت سرمایه تفاوت آنها محاسبه می‌شوند:

سال	II – I
۰	– ۲۰ – (–۱۰) = – ۱۰
۱	+ ۲۸ – (۱۵) = ۱۳

$\Delta NPW = ۰$

$-۱۰ + ۱۳ (P/F ، i\% ، ۱) = ۰$

$(P/F ، i\% ، ۱) = ۰/۷۶۹$ $\quad \Delta ROR = ٪۳۰$

و از آنجاکه:

$\Delta ROR > MARR$

پروژه‌ای که دارای هزینه اولیه بیشتر است، یعنی پروژه II انتخاب می‌شود.

● مثال ۸ـ۸ـ سه پروژه A و B و C را با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه با هم مقایسه نمائید. عمر مفید پروژه‌ها ۲۰ سال و حداقل نرخ جذب کننده ٪۶ فرض می‌شود. اقتصادی‌ترین پروژه را تعیین کنید.

	A	B	C
هزینه اولیه	۲,۰۰۰	۴,۰۰۰	۵,۰۰۰
درآمد سالیانه	۴۱۰	۶۳۹	۷۰۰

حل: پروژه‌های فوق از A تا C به ترتیب هزینه اولیه مرتب هستند. نرخ بازگشت سرمایه

هر پروژه محاسبه می‌شود:

$A: ۲,۰۰۰ = ۴۱۰ (P/A, i\%, ۲۰)$

$(P/A, i\%, ۲۰) = ۴/۸۷ \qquad ROR_A = ٪۲۰$

$B: ۴,۰۰۰ = ۶۳۹ (P/A, i\%, ۲۰) \qquad ROR_B = ٪۱۵$

$C: ۵,۰۰۰ = ۷۰۰ (P/A, i\%, ۲۰) \qquad ROR_C = ٪۱۲/۸$

نرخ بازگشت سرمایه سه پروژه از حداقل نرخ جذب کننده بیشتر است، بنابراین کلیه پروژه‌ها در مقایسه شرکت می‌نمایند. با توجه به ترتیب هزینه اولیه پروژه‌ها، ابتدا مقایسه بین A و B صورت می‌گیرد.

B – A

تفاوت هزینه اولیه $۴,۰۰۰ - ۲,۰۰۰ = ۲,۰۰۰$

تفاوت درآمد سالیانه $۶۳۹ - ۴۱۰ = ۲۲۹$

$۲,۰۰۰ = ۲۲۹ (P/A, i\%, ۲۰)$

$\Delta ROR = ٪۹/۶$

پروژه B از پروژه A اقتصادی‌تر است چون $\Delta ROR > MARR$ است. اکنون مقایسه بین B و C صورت می‌گیرد.

C – B

تفاوت هزینه اولیه $۵,۰۰۰ - ۴,۰۰۰ = ۱,۰۰۰$

تفاوت درآمد سالیانه $۷۰۰ - ۶۳۹ = ۶۱$

$۱,۰۰۰ = ۶۱ (P/A, i\%, ۲۰)$

$\Delta ROR = ٪۲$

از آنجا که $\Delta ROR < MARR$ است پروژهٔ B که دارای هزینه کمتر است انتخاب و نهایتاً بعنوان اقتصادی‌ترین پروژه شناخته می‌شود.

مثال فوق قبلاً درمثال (۵ـ۸) به‌روش ترسیمی حل‌شده و به‌همین جواب‌رسیده است.

● مثال ۹ـ۸ـ اگر درآمد سالیانه پروژه A در مثال قبل به جای ۴۱۰ به ۱۲۲ کاهش یابد اکنون کدام طرح اقتصادی‌ترین است.

حل: نرخ بازگشت سرمایه پروژه A عبارت است از:

$۲,۰۰۰ = ۱۲۲ (P/A, i\%, ۲۰)$ $\quad ROR_A = ٪۲$

از آنجاکه $ROR_A < MARR$ است، پروژه A حذف می‌گردد. در این مسئله تنها یک مقایسه بین B و C صورت می‌گیرد که در مثال قبل این مقایسه انجام، و پروژه B بعنوان اقتصادی‌ترین پروژه شناخته شد.

● مثال ۱۰ـ۸ـ اطلاعات زیردر مورد پنج پروژه ناسازگار در اختیار است. نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه قبلاً محاسبه شده است. با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه اقتصادی‌ترین پروژه را انتخاب کنید. عمر هر پروژه ۲۰ سال و $MARR = ٪۶$ است.

	A	B	C	D	E
هزینه اولیه	۴,۰۰۰	۲,۰۰۰	۶,۰۰۰	۱,۰۰۰	۹,۰۰۰
درآمد سالیانه	۶۳۹	۴۱۰	۷۶۱	۱۱۷	۷۸۵
نرخ بازگشت سرمایه	٪۱۵	٪۲۰	٪۱۱	٪۱۰	٪۶

حل: از آنجاکه نرخ بازگشت سرمایه کلیه پروژه‌ها مساوی و یا بیشتر از ٪۶ است، تمام پروژه‌ها در مقایسه شرکت می‌کنند. ابتدا پروژه‌ها را برمبنای هزینه اولیه مرتب می‌کنیم:

	D	B	A	C	E
هزینه اولیه	۱,۰۰۰	۲,۰۰۰	۴,۰۰۰	۶,۰۰۰	۹,۰۰۰
درآمد سالیانه	۱۱۷	۴۱۰	۶۳۹	۷۶۱	۷۸۵

اولین مقایسه بین B و D انجام خواهد شد:

۱,۰۰۰ تفاوت هزینه اولیه

۲۹۳ تفاوت درآمد سالیانه

۱,۰۰۰ = ۲۹۳ (P/A ، i% ، ٪۲۰)

Δ ROR = ٪۲۹

پروژه D حذف و پروژه B با هزینه اولیه بیشتر انتخاب می‌گردد. مقایسه بعدی بین B و A انجام خواهد شد:

۲,۰۰۰ تفاوت هزینه اولیه

۲۲۹ تفاوت درآمد سالیانه Δ ROR = ٪۱۰

پروژه B حذف و پروژه A انتخاب می‌گردد. مقایسه بعدی بین C و A انجام می‌شود:

۲,۰۰۰ تفاوت هزینه اولیه

۱۲۲ تفاوت درآمد سالیانه Δ ROR = ٪۲

پروژه C حذف و پروژه A با هزینه اولیه کمتر انتخاب می‌گردد. آخرین مقایسه بین A و E انجام می‌شود:

۵,۰۰۰ تفاوت هزینه اولیه

۱۴۶ تفاوت درآمد سالیانه Δ ROR < ٪۰

نرخ بازگشت سرمایه تفاوت A و E کوچکتر از صفر می‌باشد زیرا حتی بدون درنظر گرفتن ارزش زمانی پول در مدت عمر مفید ۲۰ سال، ۳،۹۲۰ = ۱۴۶ × ۲۰ واحد پولی از مقدار تفاوت هزینه اولیه (یعنی ۵,۰۰۰ واحد پولی) کمتر است. بنابراین پروژه A با هزینه اولیه کمتر انتخاب و در نتیجه بعنوان اقتصادی‌ترین پروژه شناخته می‌شود.

● مثال ۱۱ـ۸ـ شرکتی خرید یک ماشین تراش را بررسی می‌کند. شرکت قادر است ماشین تراش جدیدی را به قیمت ۲۱۰,۰۰۰ واحد پولی و یا یک ماشین تراش پنج سال کار کرده را به قیمت ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری نماید. هزینه سالیانه ماشین جدید

۷۰,۰۰۰ در سال در حالیکه برای ماشین کارکرده ۸۲,۰۰۰ واحد پولی در سال می‌باشد. عمر مفید ۲۵ سال برای هر دو ماشین با ارزش اسقاطی معادل ۵٪ هزینه اولیه فرض می‌شود. اگر MARR = ٪۱۵ باشد، خرید کدام ماشین تراش اقتصادی‌تر است؟

حل: با اطلاعات مثال فوق امکان محاسبه نرخ بازگشت سرمایه برای هر طرح وجود ندارد چون تنها درآمد هر ماشین، ارزش اسقاطی است که قادر به رقابت با هزینه اولیه و هزینه‌های سالیانه نیست. با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی می‌توان دو طرح را از طریق نرخ بازگشت سرمایه با هم مقایسه کرد. جدول زیر تفاوت در طرح را نشان می‌دهد:

سال	ماشین کارکرده	ماشین جدید	تفاوت دو طرح
۰	−۱۵۰,۰۰۰	−۲۱۰,۰۰۰	−۶۰,۰۰۰
۱-۲۵	−۸۲,۰۰۰	−۷۰,۰۰۰	۱۲,۰۰۰
۲۵	۷,۵۰۰	۱۰,۵۰۰	۳,۰۰۰

$\Delta NPW = ۰$

$-۶۰,۰۰۰ + ۱۲,۰۰۰ (P/A ، i\% ، ۲۵) + ۳,۰۰۰ (P/F ، i\% ، ۲۵) = ۰$

$\Delta ROR = ٪۱۹/۷۹$

ازآنجاکه نرخ بازگشت سرمایه تفاوت دو طرح بیش از حداقل نرخ جذب‌کننده ۱۵٪ است، ماشین تراش جدید انتخاب می‌شود. برای رسیدن به ΔROR در این بخش کوتاهترین راه انتخاب شد که همان محاسبه تفاوت دو سرمایه‌گذاری است ولی با محاسبه ارزش فعلی هر ماشین و تفاوت ارزش‌های فعلی می‌توان دقیقاً به جواب فوق دست یافت:

$NPW_{\text{جدید}} = -۲۱۰,۰۰۰ - ۷۰,۰۰۰ (P/A ، i\% ، ۲۵) + ۱۰,۵۰۰ (P/F ، i\% ، ۲۵)$

$NPW_{\text{کارکرده}} = -۱۵۰,۰۰۰ - ۸۲,۰۰۰ (P/A ، i\% ، ۲۵) + ۷,۵۰۰ (P/F ، i\% ، ۲۵)$

$PW_{\text{جدید}} - PW_{\text{کارکرده}} = ۰$

$$-۲۱۰,۰۰۰ - (-۱۵۰,۰۰۰) + (-۷۰,۰۰۰ + ۸۲,۰۰۰)\,(P/A\,،i\%\,،۲۵)$$
$$+ (۱۰,۵۰۰ - ۷,۵۰۰)\,(P/F\,،i\%\,،۲۵) = ۰$$
$$-۶۰,۰۰۰ + ۱۲,۰۰۰\,(P/A\,،i\%\,،۲۵) + ۳,۰۰۰\,(P/F\,،i\%\,،۲۵) = ۰$$

عبارت فوق دقیقاً نتیجه حاصل شده از جدول فوق برمبنای تفاوت دو طرح است. همچنین با استفاده از روش یکنواخت سالیانه نیز قادریم به Δ ROR دست یابیم:

$$-۶۰,۰۰۰\,(A/P\,،i\%\,،۲۵) + ۳,۰۰۰\,(A/F\,،i\%\,،۲۵) + ۱۲,۰۰۰ = ۰$$
$$\Delta ROR = ٪۱۹/۷۹$$

البته استفاده از روش یکنواخت سالیانه زمانی پیشنهاد می‌شود که عمر پروژه‌ها با هم متفاوت باشند. در آن صورت استفاده از روش ارزش فعلی پیچیده‌تر و روش یکنواخت سالیانه ساده‌تر می‌باشد.

● مثال ۱۲ـ۸ـ یک شرکت تولیدی لباس بچه‌گانه، خریدیک ماشین خیاطی‌را با در اختیار داشتن اطلاعات زیر در مورد ماشین خیاطی اتوماتیک و نیمه‌اتوماتیک بررسی می‌کند. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ باشد کدام ماشین خیاطی را باید خریداری نماید؟

	اتوماتیک	نیمه‌اتوماتیک
هزینه اولیه	۱۳,۰۰۰	۸,۰۰۰
هزینه سالیانه	۱,۶۰۰	۳,۵۰۰
ارزش اسقاطی	۲,۰۰۰	۰
عمر مفید	۵	۱۰

حل: رسم شکل فرآیند مالی این دو طرح به خواننده واگذار می‌شود ولی واضح است که طرح ماشین خیاطی اتوماتیک با عمر مفید ۵ سال باید دو بار تکرار شود و در حقیقت

عمر مشترک دو طرح ۱۰ سال خواهد بود.

همانطور که در جدول زیر مشاهده می‌شود با توجه به شکل فرآیند مالی دو طرح برای سالهای مختلف، مقدار تفاوت دو طرح محاسبه و سپس نرخ بازگشت سرمایه تفاوت دو طرح از طریق ارزش فعلی محاسبه شده است:

سال	اتوماتیک (O)	نیمه‌اتوماتیک (N)	تفاوت
۰	−۱۳,۰۰۰	−۸,۰۰۰	−۵,۰۰۰
۱-۱۰	−۱,۶۰۰	−۳,۵۰۰	۱,۹۰۰
۵	−۱۳,۰۰۰ + ۲,۰۰۰	−	−۱۱,۰۰۰
۱۰	۲,۰۰۰	−	۲,۰۰۰

$\Delta NPW = 0$

$-5{,}000 + 1{,}900\,(P/A, i\%, 10) - 11{,}000\,(P/F, i\%, 5) + 2{,}000\,(P/F, i\%, 10) = 0$

$\Delta ROR = \%12/7$

از آنجاکه تفاوت نرخ بازگشت سرمایه از حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ کمتر است، طرح چرخ خیاطی نیمه‌اتوماتیک انتخاب می‌شود.

با استفاده از روش یکنواخت سالیانه نتیجه فوق سریعتر حاصل خواهد شد. محاسبه هزینه یکنواخت سالیانه EUAC هر طرح و محاسبه تفاوت آنها، مراحل مختلف تعیین ΔROR است:

$EUAC_O = -13{,}000\,(A/P, i\%, 5) + 2{,}000\,(A/F, i\%, 5) - 1{,}600$

$EUAC_N = -8{,}000\,(A/P, i\%, 10) - 3{,}500$

$EUAC_O - EUAC_N = 0$

$-13{,}000\,(A/P, i\%, 5) + 2{,}000\,(A/F, i\%, 5) + 8{,}000\,(A/P, i\%, 10) + 1{,}900 = 0$

$\Delta ROR = \%12/7$

و بطورکلی نتیجه می‌شود که چنانچه عمر دو یا چند پروژه متفاوت بود محاسبه نرخ بازگشت تفاوت طرحها ازطریق روش یکنواخت سالیانه سریعتراز روش ارزش فعلی است.

مشکلات محاسبه نرخ بازگشت سرمایه

از مشکلات قابل ذکر محاسبه نرخ بازگشت سرمایه مشکل چندنرخی است و این مربوط به زمانی است که پروژه‌ای دارای بیش از یک نرخ بازگشت سرمایه باشد.

● مثال ۱۳ـ۸ـ نرخ بازگشت سرمایه را در پروژه زیر با عمر مفید ۱۰ سال محاسبه کنید. متذکر می‌شود که در سال چهارم شرکت مربوطه مجبور به سرمایه‌گذاری در خط تولید خود می‌باشد.

سال	فرآیند مالی	سال	فرآیند مالی
۱	۲۰۰	۶	۵۰۰
۲	۱۰۰	۷	۴۰۰
۳	۵۰	۸	۳۰۰
۴	-۱،۸۰۰	۹	۲۰۰
۵	۶۰۰	۱۰	۱۰۰

حل: با استفاده از روش ارزش فعلی، معادله زیر حاصل خواهد شد:

$$NPW = 0$$

$$۲۰۰\,(P/F, i\%, ۱) + ۱۰۰\,(P/F, i\%, ۲) + \ldots + ۱۰۰\,(P/F, i\%, ۱۰) = ۰$$

برای محاسبه نرخ بازگشت سرمایه با قرار دادن نرخهای ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ در معادله فوق نتایج زیر بدست آمد:

i	NPW
٪۱۰	۱۹۸
٪۲۰	۴۲
٪۳۰	-۲

بدیهی است نرخ بازگشت سرمایه بین ۲۰٪ و ۳۰٪ می‌باشد و قاعدتاً چنانچه در معادله فوق نرخ‌های بیش از ۳۰٪ مثلاً ۴۰٪ یا ۵۰٪ قرار گیرد نتایج منفی قابل انتظار خواهد بود. اما ملاحظه می‌شود که نتیجه‌ای خلاف انتظار بدست می‌آید:

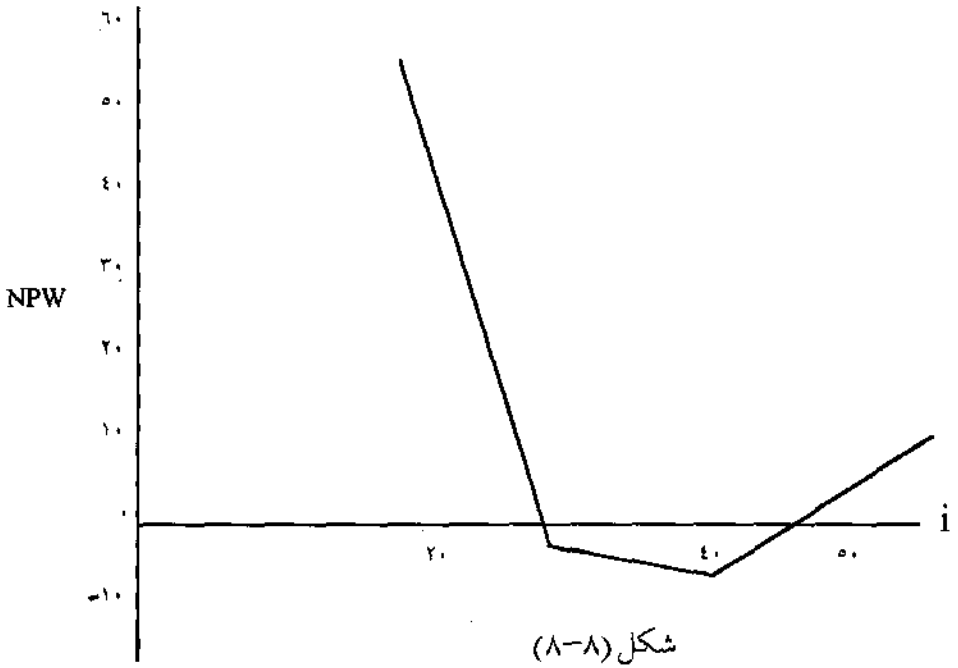
i	NPW
٪۴۰	−۸
٪۵۰	+۱

و این تغییر علامت نشان‌دهنده وجود یک نرخ بازگشت سرمایه بین ۴۰٪ و ۵۰٪ است. با عمل درون‌یابی، دو نرخ بازگشت سرمایه معین می‌گردد:

$ROR_1 = ٪۴۹$

$ROR_2 = ٪۴۹$

مشاهده می‌گردد که فرآیند مالی فوق دارای دو نرخ بازگشت می‌باشد و انتخاب پروژه بستگی به مقدار حداقل نرخ جذب کننده دارد. شکل زیر رسم NPW و ROR را نشان می‌دهد:



شکل (۸-۸)

سوال قابل طرح این است که چه تضمینی وجود دارد که پروژه دارای بیش از دو نرخ بازگشت سرمایه نباشد؟ و بالاخره تصمیم مدیریت چگونه قابل توجیه است؟ در مثال بعد به این سوالات جواب داده خواهد شد.

● مثال ۱۴ـ۸ـ نرخ بازگشت سرمایه را در پنج سال آینده برای شرکت تولیدکننده پرسهای هیدرولیک، طبق فرآیند مالی شرکت محاسبه نمائید. متذکر می‌شود شرکت در پایان سال دوم و سوم مجبور به سرمایه‌گذاری جدید برای توسعه خطوط تولید خود می‌باشد:

سال	۰	۱	۲	۳	۴	۵
فرآیند مالی	۱۹	۱۰	ـ۵۰	ـ۵۰	۲۰	۶۰

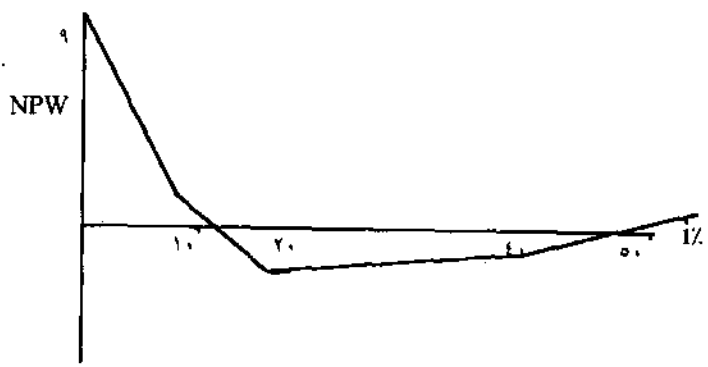
حل: محاسبه نرخ بازگشت سرمایه از طریق روش ارزش فعلی انجام می‌شود:

$$NPW = 0$$

$$19 + 10\,(P/F, i\%, 1) - 50\,(P/F, i\%, 2) + \ldots + 60\,(P/F, i\%, 5) = 0$$

نرخهای مختلف ۰٪ تا ۵۰٪ در رابطه فوق قرار گرفته و نتایج به صورت زیر خلاصه شده، روابط PW و i در شکل ۹ـ۸ نشان داده می‌شود:

i	NPW
٪۰	۹
٪۱۰	۰/۲
٪۲۰	ـ۲/۶
٪۳۰	ـ۱/۸
٪۴۰	ـ۱/۲
٪۵۰	۰/۶



شکل (۹ـ۸)

مشاهده می‌گردد که دو نرخ را یکی بین ۱۰٪ و ۲۰٪ و دیگری بین ۴۰٪ و ۵۰٪ می‌توان محاسبه کرد:

$ROR_1 = ٪۱۰/۱$

$ROR_2 = ٪۴۷$

این مثال مانند مثال قبل دارای دو نرخ بازگشت سرمایه می‌باشد. برای محاسبه تعداد نرخهای بازگشت سرمایه، لازم است فرآیند مالی را به صورت یک معادله ریاضی در نظر گرفت.

تبدیل فرآیند مالی به یک معادله ریاضی

فرض کنید فرآیند مالی زیر در اختیار باشد:

سال	فرآیند مالی
0	$-P$
۱	A_1
۲	A_2
.	.
.	.
.	.
n	A_n

با استفاده از روش NPW خواهیم داشت:

$$A_1 (1+i)^{-1} + A_2 (1+i)^{-2} + ... + A_n (1+i)^{-n} - P = 0 \qquad (۸-۷)$$

اگر $X = (1+i)^{-1}$ فرض شود:

$$A_1 + A_2 X^2 + ... + A_n X^n - P = 0 \qquad (۸-۸)$$

$$A_n X^n + ... + A_2 X^2 + A_1 X - P = 0 \qquad (۸-۹)$$

معادله فوق یک معادله درجه n ام است که قانون دیسکارت می‌تواند در آن کاربرد داشته باشد. طبق قانون دیسکارت[1]:

«اگر یک معادله درجه n ام با ضرایب صحیح دارای m تغییر علامت باشد، تعداد ریشه‌های مثبت این معادله m - ۲k خواهد بود. k یک عدد صحیح مثبت یا صفر است. (k = ۰,۱,۲,۳,...)».

طبق این قانون حداکثر ریشه‌های مثبت یک معادله m خواهد بود. طبق قانون دیسکارت ریشه‌های مثبت معادله m یا کمتر از m (تعداد ریشه‌ها بطور جفتی کاهش می‌یابند) است. جدول زیر قانون دیسکارت را برای تعداد ریشه‌های مثبت در معادلات تا درجه چهارم نشان می‌دهد:

تعداد جوابهای مثبت برای X	تعداد تغییر علامتها m
۰	۰
۱	۱
۰ یا ۲	۲
۱ یا ۳	۳
۰ یا ۲ یا ۴	۴

اما طبق معادله (۸-۷) فرض کردیم $X = (1+i)^{-1}$ و از یک جواب مثبت برای X نمی‌توان جوابی مثبت برای (i) را انتظار داشت و در حقیقت اگر X جوابی بزرگتر از یک داشته باشد جواب (i) منفی خواهد بود. بنابراین اگر تعداد تغییر علامتها (m) برابر ۲ باشد، ۲ یا صفر مقدار مثبت برای X و گاهی ۲ ، ۱ یا صفر مقدار مثبت برای (i) می‌توان انتظار داشت و بدین‌ترتیب می‌توان قانون تغییر علامات در یک فرآیند مالی را بیان کرد:

1 - Discartes Rule

کتابخانه مرکز آموزش عالی
وجاء

تعداد جوابهای مثبت برای i	تعداد تغییر علامت
۰	۰
۰ یا ۱	۱
۰ یا ۱ و ۲	۲
۰ یا ۱ و ۲ و ۳	۳

برای مثال پنج فرآیند مالی A، B، C، D، E را در نظر بگیرید:

سال	A	B	C	D	E
۰	۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	۵۰	۵۰
۱	۱۰	۱۰	۰	۴۰	-۵۰
۲	۵۰	۵۰	-۵۰	-۱۰۰	۵۰
۳	۲۰	۲۰	۰	۱۰	-۱۰
۴	۴۰	۴۰	۸۰	۱۰	-۳۰

بطور خلاصه هر فرآیند مالی از نظر تعداد نرخهای بازگشت سرمایه بررسی می‌شود:

فرآیند مالی A: هیچگونه تغییر علامتی را نشان نمی‌دهد. بنابراین در این فرآیند مالی نرخ بازگشت سرمایه وجود ندارد.

فرآیند مالی B: یک تغییر علامت از منفی به مثبت دارد و طبق جدول تعداد تغییر علامتها حداکثر یک جواب مثبت برای (i) می‌توان انتظار داشت.

فرآیند مالی C: یک تغییر علامت از منفی به مثبت؛ بدون در نظرگرفتن صفر، دارد و بنابرای حداکثر یک جواب مثبت برای (i) می‌توان انتظار داشت.

فرآیند مالی D: دو تغییر علامت از مثبت به منفی و از منفی به مثبت دارد و طبق جدول فوق حداکثر دو جواب مثبت برای (i) می‌توان انتظار داشت.

فرآیند مالی E: سه تغییر علامت از مثبت به منفی، از منفی به مثبت و از مثبت به منفی دارد و حداکثر سه جواب مثبت را می‌توان برای (i) انتظار داشت.
مثالهای ۸ـ۱۳ و ۸ـ۱۴ نیز مانند فرآیند مالی D دارای دو تغییر علامت بودند و بنابراین هرکدام حداکثر دو نرخ بازگشت سرمایه مثبت داشتند.

مشکلات وجود چند نرخ بازگشت سرمایه

اگر پروژه‌ای دارای یک نرخ بازگشت سرمایه باشد هیچگونه مشکلی در تحلیل نرخ بازگشت و مقایسه آن با حداقل نرخ جذب کننده وجود ندارد. ولی چنانچه پروژه‌ای بدون نرخ بازگشت سرمایه و یا دارای چند نرخ بازگشت سرمایه باشد، ابهام در تحلیل جواب یا جوابها امری مسلم است. این تحلیل باید با دقت زیادی صورت گیرد تا نتیجه واقعی را بیان کند. اگر پروژه‌ای مثلاً دارای دو نرخ بازگشت سرمایه بود، واقعاً به هیچکدام از آن دو نرخ نمی‌توان اتکا کرد و هیچکدام نمی‌تواند معیار صحیحی برای قبول یا رد پروژه باشد. اصولاً نرخ بازگشت سرمایه جذابیت اقتصادی پروژه را بیان می‌کند و وجود چند نرخ، حالتی ابهام‌آمیز به جذابیت اقتصادی پروژه می‌دهد. به مثال (۸ـ۱۴) بازمی‌گردیم:

سال	فرآیند مالی
۰	۱۹
۱	۱۰
۲	−۵۰
۳	−۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

فرآیند مالی فوق دارای دو نرخ بازگشت سرمایه ۱۰/۱٪ و ۴۷٪ بود. پیش‌بینی می‌شود این فرآیند مالی در سال صفر و در پایان سال اول دارای درآمدهای ۱۹ و ۱۰، در سالهای دوم و سوم مجبور به سرمایه‌گذاری به میزان ۵۰ در هر سال و سال چهارم و پنجم به درآمد برسد. مفهوم واقعی نرخ ۱۰/۱٪ چیست؟ می‌دانیم که مقدار **NPW** با

ROR = ٪۱۰/۱ برابر با صفر خواهد شد. این مطلب را می‌توان به صورت دیگر نشان داد. فرض کنید می‌توانستیم مقدار درآمد فعلی یعنی ۱۹ را برای دو سال و مقدار درآمد سال آینده یعنی ۱۰ را برای یکسال با نرخ بازگشت سرمایه ٪۱۰/۱ بصورت سرمایه گذاری خارجی سرمایه‌گذاری نمائیم و مقدار ارزش آینده (F) را برای این دو سرمایه‌گذاری با (۵۰–) یعنی سرمایه‌گذاری در سال دوم جمع نمائیم و در حقیقت یک فرآیند مالی با یک تغییر علامت تشکیل دهیم. منظور از سرمایه‌گذاری خارجی این است که شرکتی (کارخانه‌ای) در پروژه یا پروژه‌هائی خارج از شرکت (کارخانه) خود سرمایه‌گذاری کند و نرخ مشخص به عنوان نرخ بازگشت سرمایه خارجی[1] به او پرداخت گردد. با i = ٪۱۰/۱ داریم:

$$F = ۱۹\ (F/P\ ،\ ۱۰/۱\ ،\ ۲) = ۲۳$$

$$F = ۱۰\ (F/P\ ،\ ۱۰/۱\ ،\ ۱) = ۱۱$$

و مقدار فرآیند مالی در سال دوم عبارت است از:

$$-۵۰ + ۲۳ + ۱۱ = -۱۶$$

در حقیقت با این سرمایه‌گذاری خارجی توانستیم از سرمایه راکد شرکت در سالهای صفر و یک استفاده و سرمایه را همراه با سود حاصله به فرآیند مالی بازگردانیم و قدری از میزان سرمایه‌گذاری در سال دوم (۵۰ –) بکاهیم. شکل جدید فرآیند مالی مثال (۱۴ـ۸) عبارت است از:

سال	فرآیند مالی
۰	۰
۱	۰
۲	– ۱۶
۳	– ۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

1 - External Rate of Return

نرخ بازگشت سرمایه فرآیند مالی فوق چقدر خواهد بود؟ بدیهی است نرخ بازگشت سرمایه همان ٪۱۰/۱ است. چنانچه ارزش فعلی با ٪۱۰/۱ محاسبه گردد:

$$NPW = -۱۶ (P/F ، ٪۱۰/۱ ، ۲) - ۵۰ (P/F ، ۱۰/۱ ، ۳) + ۲۰ (P/F ، ٪۱۰/۱ ، ۴) + ۶۰ (P/F ، ٪۱۰/۱ ، ۵)$$

مقدار ارزش فعلی خالص فوق برابر صفر خواهد گردید (NPW = ۰).

و با i = ٪۴۷ نیز عیناً محاسبات فوق تکرار شده و خواهیم داشت:

$F = ۱۹ (F/P ، ٪۴۷ ، ۲) = ۴۱/۱$

$F = ۱۰ (F/P ، ٪۴۷ ، ۱) = ۱۴/۷$

مقدار فرآیند مالی در سال دوم عبارت خواهد شد از:

$-۵۰ + ۴۱/۱ + ۱۴/۷ = ۵/۸$

و شکل فرآیند مالی عبارت است از:

سال	فرآیند مالی
۰	۰
۱	۰
۲	۵/۸
۳	-۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

چنانچه ۵/۸ نیز با نرخ ٪۴۷ برای مدت یکسال سرمایه‌گذاری خارجی گردد:

$F = ۵/۸ (F/P ، ٪۴۷ ، ۱) = ۸/۵$

و شکل نهایی فرآیند مالی عبارت است از:

سال	فرآیند مالی
۰	۰
۱	۰
۲	۰
۳	−۴۱/۵
۴	۲۰
۵	۶۰

نرخ بازگشت سرمایه در فرآیند مالی فوق همان ۴۷٪ خواهد بود و مقدار NPW با این نرخ برابر با صفر خواهد گشت:

$$NPW = -41/5\ (P/F, \%47, 3) + 20\ (P/F, \%47, 4) + 60\ (P/F, \%47, 5)$$

$$NPW = 0$$

در حقیقت با فرض اینکه نرخ بازگشت سرمایه خارجی برابر با ۱۰/۱٪ یا ۴۷٪ باشد می‌توان انتظار داشت که نرخ بازگشت داخلی[1] نیز ۱۰/۱٪ و ۴۷٪ باشد. اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی مثلاً ۶٪ باشد نرخ بازگشت داخلی چقدر است؟ قبل از پاسخ به این سوال نرخ بازگشت سرمایه خارجی تعریف می‌شود.

نرخ بازگشت سرمایه خارجی

باتوجه‌به‌بحث‌فرآیندهای‌مالی چندنرخی (بحث فوق) عبارت‌زیر را می‌توان‌بیان کرد:

هر شرکتی می‌تواند بخشی از درآمدهای مازاد خود را در یک مؤسسه مالی دیگر نظیر بانک، خرید سهام واحدهای صنعتی و یا در یک شرکت دیگر برای کوتاه‌مدت و یا بلندمدت سرمایه‌گذاری نماید و نرخ بازگشت سرمایه مشخصی را کسب کند. این نرخ بازگشت سرمایه که خارج از شرکت کسب می‌شود، نرخ بازگشت سرمایه خارجی نامیده می‌شود.

1 - Internal Rate of Return

نرخ بازگشت سرمایه خارجی (ERR)، در مقابل نرخ بازگشت سرمایه (ROR) که تحت عنوان نرخ بازگشت سرمایه داخلی نیز مطرح می‌شود ظاهر می‌گردد. ERR می‌تواند بزرگتر، مساوی و یا کوچکتر از ROR باشد.

بطورخلاصه امروزه موسسات تولیدی و اقتصادی با دو نرخ بازگشت سرمایه داخلی (ROR) و خارجی (ERR) سروکار دارند. ERR می‌تواند عاملی موثر برای توجیه فرآیندهای مالی چندنرخی باشد. در حقیقت به وسیله یک ERR مناسب یک فرآیند مالی با چند تغییر علامت، به یک فرآیند مالی با یک تغییر علامت تبدیل و نرخ واقعی برگشت سرمایه به‌سادگی قابل‌محاسبه می‌گردد. به‌مثال قبل‌بازمی‌گردیم، اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی برابر ۶٪ فرض شود، نرخ بازگشت سرمایه داخلی چقدر است؟

سال	فرآیند مالی
۰	۱۹
۱	۱۰
۲	−۵۰
۳	−۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

سرمایه‌گذاری در سال صفر (۱۹ واحد)، برای مدت دو سال و در سال اول (۱۰ واحد) برای مدت یکسال با نرخ ۶٪ انجام می‌گیرد. اصل و فرع در سال دوم عبارتست از:

$$۱۹\ (F/P\ ،\ ٪۶\ ،\ ۲) + ۱۰\ (F/P\ ،\ ٪۶\ ،\ ۱) = ۳۲$$

و مقدار فرآیند مالی خالص در پایان سال دوم عبارت است از:

$$-۵۰ + ۳۲ = -۱۸$$

و فرآیند مالی مسئله به صورت زیر خواهد بود:

سال	فرآیند مالی
۰	۰
۱	۰
۲	−۱۸
۳	−۵۰
۴	۲۰
۵	۶۰

با کمک ERR فرآیند مالی فوق فقط دارای یک تغییر علامت شد و می‌توان انتظار حداکثر یک نرخ بازگشت سرمایه را داشت:

$$-۱۸\ (P/F\ ،i\%\ ،۲)-۵۰\ (P/F\ ،i\%\ ،۳)+\ ۲۰\ (P/F\ ،i\%\ ،۴)$$

$$+۶۰\ (P/F\ ،i\%\ ،۵)=۰$$

ROR = ٪۸/۴

و ROR بدست آمده، نشان‌دهنده نرخ بازگشت سرمایه داخلی است. نکته اینکه نرخ حاصله کمتر از ٪۱۰/۱ است. علت اصلی آن این است که نرخ بازگشت سرمایه خارجی یعنی ٪۶ کمتر از ٪۱۰/۱ انتخاب و باعث کاهش نرخ بازگشت سرمایه داخلی از ٪۱۰/۱ به ٪۸/۴ شده است. نرخ حاصل یعنی ٪۸/۴ به راحتی می‌تواند مسئله را توجیه نماید و سرمایه‌گذار با توجه به MARR می‌تواند پروژه را قبول یا رد کند.

مقایسه چند پروژه تحت شرایط نامشخص بودن MARR

جرالد اسمیت در کتاب خود روشی جهت مقایسه چند پروژه ناسازگار با توجه به نامعلوم بودن حداقل نرخ جذب کننده ارائه نموده است. روش ارائه شده براساس رسم یک شبکه، اقتصادی‌ترین پروژه‌ها را تحت شرایط مختلف برای MARR تعیین می‌کند. او چند پروژه ناسازگار را با و بدون در نظر گرفتن طرح O (عدم اجرای هیچ پروژه‌ای) بررسی نموده است. طرحها ابتدا براساس هزینه اولیه بطور صعودی مرتب می‌شوند.

نرخ هر یک از طرحها به تنهائی محاسبه می‌شود و ستون O را تشکیل می‌دهد و سپس طرحها دوبدو با هم مقایسه می‌شوند و نرخهای بازگشت سرمایه تفاوت دو طرح محاسبه می‌گردد و شرایط لازم جهت رسم شبکه فراهم می‌شود. هدف از شبکه حرکت از پروژه با کمترین هزینه اولیه به پروژه با بیشترین هزینه اولیه می‌باشد. بدیهی است جهت این حرکت احتمالاً مسیرهای مختلفی طی خواهند گشت. در هر مسیر نحوه نوشتن شرایط به صورت زیر است. مثلاً اگر در مسیر AB حرکت صورت گیرد و $\Delta ROR = 25\%$ باشد نحوه نوشتن شرایط عبارت‌اند از:

طرح انتخابی	شرایط
A	MARR > ٪۲۵
B	٪۲۵ ≥ MARR

اگر حداقل نرخ جذب کننده بزرگتر از نرخ تفاوت دو پروژه باشد مبداء یعنی A انتخاب می‌شود و اگر حداقل نرخ جذب کننده کوچکتر یا مساوی نرخ تفاوت دو پروژه باشد مقصد یعنی B انتخاب می‌شود.

دو مثال ۱۵ـ۸ و ۱۶ـ۸ روش شبکه را تشریح می‌کند.

● مثال ۱۵ـ۸ـ سه طرح ناسازگار C ، B ، A با عمر بینهایت با فرآیند مالی زیر موجودند. اقتصادی‌ترین طرح را تحت شرایط زیر تعیین کنید. مقدار حداقل نرخ جذب کننده نامعلوم است.

الف: انتخاب یکی از سه طرح (C یا A , B) ضروری است. شرایط لازم را برای انتخاب طرحها بنویسید.

ب: طرحهای A , B , C همراه با طرح O (یعنی عدم اجراء طرح‌ها) بررسی شوند. شرایط لازم را برای انتخاب طرحها بنویسید.

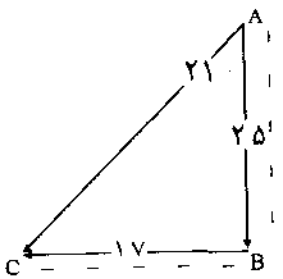
طرحها	سرمایه اولیه	درآمد خالص سالیانه
A	۲,۰۰۰	−۱۰۰
B	۳,۰۰۰	۱۵۰
C	۴,۰۰۰	۳۲۰

حل: با توجه به عمر بینهایت در هر طرح، محاسبه نرخ بازگشت سرمایه طرحها و نرخ‌های بازگشت سرمایه تفاوت طرحها به سادگی قابل محاسبه است. جدول زیر نتایج محاسبات را نشان می‌دهد.

طرحها	سرمایه اولیه	درآمد خالص سالیانه	O	A	B
A	۲,۰۰۰	−۱۰۰	−٪۵	—	—
B	۳,۰۰۰	۱۵۰	٪۵	٪۲۵	—
C	۴,۰۰۰	۳۲۰	٪۸	٪۲۱	٪۱۷

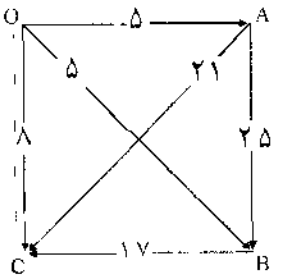
ستون O نرخ‌بازگشت سرمایه هر طرح را برای C و B و A نشان می‌دهد. این نرخها در حقیقت نرخ بازگشت سرمایه مقایسه هر طرح با طرح O یعنی انجام ندادن هر طرح می‌باشند.

برای بخش اول مثال شبکه زیر برای سه طرح C و B و A با توجه به نظم صعودی سرمایه اولیه رسم گردیده است. هدف رسیدن از A (دارای کمترین سرمایه اولیه) به C (دارای بیشترین سرمایه اولیه) می‌باشد. مسیر حرکت نیز نشان داده شده است.



طرح انتخابی	شرایط
A	MARR > ٪۲۵
B	٪۲۵ ≥ MARR > ٪۱۷
C	٪۱۷ ≥ MARR

برای بخش دوم مثال شبکه زیر سه طرح C و B و A همراه با طرح O رسم و مسیر حرکت از O (دارای کمترین سرمایه اولیه یعنی صفر) به C (دارای بیشترین سرمایه اولیه) نشان داده شده است:



طرح انتخابی	شرایط
O	MARR > ٪۸
C	٪۸ ≥ MARR

● مثال ۱۶ـ۸ـ پنج طرح E، D، C، B و A با سرمایه‌های اولیه و درآمد خالص سالیانه به صورت زیر در اختیار است. عمر طرحها نامحدودند و حداقل نرخ جذب کننده نامشخص می‌باشد.

الف: انتخاب یکی از طرحهای E، D، C، B و A ضروری است. شرایط لازم را برای انتخاب طرحها بنویسید.

ب: طرحهای فوق همراه با طرح O بررسی و شرایط لازم را برای انتخاب آنها بنویسید.

طرحها	سرمایه اولیه	درآمد سالیانه خالص
A	۸,۰۰۰	۹۲۰
B	۵,۰۰۰	۵۱۰
C	۷,۰۰۰	۸۲۰
D	۶,۰۰۰	۶۴۰
E	۴,۰۰۰	۴۰۰

حل: ابتدا طرحها براساس هزینه اولیه و به ترتیب صعودی مرتب می‌شوند و جدول زیر نرخهای بازگشت سرمایه هر طرح (ستون O) و مقایسه طرحها به صورت دوبه‌دو با هم را نشان می‌دهد:

طرحها	سرمایه اولیه	درآمد خالص سالیانه	O	E	B	D	C
E	۴,۰۰۰	۴۰۰	۱۰	—	—	—	—
B	۵,۰۰۰	۵۱۰	۱۰/۲	۱۱	—	—	—
D	۶,۰۰۰	۶۴۰	۱۰/۷	۱۲	۱۳	—	—
C	۷,۰۰۰	۸۲۰	۱۱/۷	۱۴	۱۵/۵	۱۸	—
A	۸,۰۰۰	۹۲۰	۱۱/۵	۱۳	۱۳/۷	۱۴	۱۰

بخش اول مثال شامل یک شبکه بین پنج طرح E، D، C، B و A است. رسم شبکه به عهده دانشجویان است. اگرچه شبکه رسم نمی‌شود ولی از روی جدول فوق (۴ ستون آخر جدول) می‌توان مسیر حرکت از E به A را تعقیب کرد. بیشترین نرخ از E به C به میزان ۱۴ و سپس از C به A به میزان ۱۰ می‌باشد. شرایط زیر اقتصادی‌ترین طرحها را

تعیین کرده است:

طرح انتخابی	شرایط
E	MARR > ٪۱۴
C	٪۱۴ ≥ MARR > ٪۱۰
A	٪۱۰ ≥ MARR

بخش دوم مثال شامل یک شبکه بین شش طرح O، E، D، C، B و A است که شامل بررسی ۵ ستون جدول فوق است. مسیر حرکت از O به C و از C به A می‌باشد. شرایط زیر اقتصادی‌ترین طرح را تعیین کرده است:

طرح انتخابی	شرایط
O	MARR > ٪۱۱/۷
C	٪۱۱/۷ ≥ MARR > ٪۱۰
A	٪۱۰ ≥ MARR

کتابخانه مرکز آموزش عالی
۲۶۱
دهاک

مسائل فصل هشتم

● ۸ـ۱ـ شخصی ساختمانی را به قیمت ۶۰۰,۰۰۰ واحد پولی خرید. پس از ۱۷ سال آن را به قیمت ۲,۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی فروخت. مالیات بر این ساختمان در سال اول برابر ۸,۰۰۰ واحد پولی، در سال دوم ۹,۰۰۰ واحد پولی و هر ساله ۱,۰۰۰ واحد پولی افزایش داشت، تا ساختمان به فروش رفت. نرخ بازگشت سرمایه (ROR) را برای این مسئله تعیین نمائید.

● ۸ـ۲ـ شرکت تولیدی پلاستیک طرحی برای بازنشستگی کارمندان خود دارد. هر کارمند از بدو استخدام (پایان‌سال‌اول) به‌مدت ۲۵ سال‌همه‌ساله ۱,۲۰۰ واحد پولی حق بازنشستگی می‌پردازد. شرکت تضمین می‌کند که در پایان دورهٔ ۲۵ سال، مبلغ ۷۰,۰۰۰ واحد پولی به هر کارمند بپردازد. نرخ بازگشت سرمایه برای هر کارمند چقدر است؟

● ۸ـ۳ـ در مسئله ۴ـ۶ خرید یکی از پرسهای T5 و M4 را از طریق نرخ بازگشت سرمایه تعیین نمائید.

● ۸ـ۴ـ در مسئله ۸ـ۶ خرید یکی از ماشینهای تراش F25 و H83 را از طریق نرخ بازگشت سرمایه تعیین نمائید.

● ۸ـ۵ـ اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ باشد، با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه اقتصادی‌ترین طرح را انتخاب نمائید.

	A	B
هزینه اولیه	۱۵,۰۰۰	۱۱,۰۰۰
هزینه‌های عملیاتی سالیانه	۲,۳۰۰	۲,۶۰۰
درآمد سالیانه	۴,۰۰۰	۳,۱۰۰
ارزش اسقاطی	۲,۰۰۰	۱,۵۰۰
عمر مفید	۳	۲

● ۸ـ۶ـ یک کارخانه پرس‌سازی علاقمند است محل کارخانه را از یزد به یکی از شهرهای تهران، قم، اصفهان، مشهد، تبریز و یا ساوه انتقال دهد. پس از بررسیهای مربوطه در مواردی نظیر قیمت زمین، نیروی انسانی، فروش و غیره، هزینه اولیه و درآمد سالیانه برای شش شهر مذکور را محاسبه نموده و مقایسه بین آن شش شهر و شهر یزد (فعالیت در محل فعلی) را انجام می‌دهد. عمر مفید را ۸ سال و حداقل نرخ جذب کننده را ۱۰٪ فرض می‌کند. پس از مقایسه اقتصادی بین محلهای مربوطه شهر قم را انتخاب می‌نماید. آیا با تصمیم او موافقید؟

شهر	هزینه اولیه برحسب هزار	درآمد سالیانه برحسب هزار
تهران	۳۰۰	۵۲
قم	۵۵۰	۱۳۷
اصفهان	۴۵۰	۱۱۷
مشهد	۷۵۰	۱۶۷
تبریز	۱۵۰	۱۸
ساوه	۲۰۰	۴۹
یزد	۵۰۰	۱۴۰

● ۸ـ۷ـ مالک یک پارکینگ در شهر تهران با کمک یک مهندس ساختمان در حال تصمیم‌گیری نسبت به فروش یا نگهداری و یا ایجاد ساختمان اداری در پارکینگ مربوطه می‌باشد. ساختمان اداری می‌تواند یک تا پنج طبقه باشد. عمر مفید برای ۷ طرح زیر ۱۵ سال و ارزش اسقاطی بعد از ۱۵ سال برابر با مجموع سرمایه‌گذاری می‌گردد. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ فرض شود، کدام طرح اقتصادی‌ترین است. مجموع سرمایه‌گذاری شامل هزینه زمین، ساختمان و دیگر هزینه‌های مربوطه خواهد بود:

نام طرح	مجموع سرمایه‌گذاری	درآمد سالیانه
فروش پارکینگ	۰	۰
نگهداری پارکینگ	۲۰۰,۰۰۰	۲۲,۰۰۰
ساختن ساختمان یک طبقه	۴۰۰,۰۰۰	۶۰,۰۰۰
ساختن ساختمان دوطبقه	۵۵۵,۰۰۰	۷۲,۰۰۰
ساختن ساختمان سه‌طبقه	۷۵۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰
ساختن ساختمان چهارطبقه	۸۷۵,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰
ساختن ساختمان پنج‌طبقه	۱,۰۰۰,۰۰۰	۱۲۰,۰۰۰

● ۸ـ۸ـ شرکت گلمهر برای بهبود وضع تولید خود به تغییر خط تولید نیاز دارد. سه پروژه A و B و C با خصوصیات زیر مطرح است. ارزش اسقاطی در پایان عمر مفید برابر با صفر است و حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ فرض می‌شود. با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه اقتصادی‌ترین پروژه را تعیین کنید.

	A	B	C
هزینه اولیه	۱۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۲۰,۰۰۰
درآمد سالیانه	۱,۶۲۵	۱,۶۲۵	۱,۸۹۰
عمر مفید	۱۰	۲۰	۲۰

● ۸ـ۹ـ طرحهای ناسازگار A و B و C و D با مشخصات زیر در دست است. عمر مفید کلیه طرحها با ارزش اسقاطی صفر ده سال در نظر گرفته شده است. هزینه‌های اولیه و درآمدهای سالیانه برحسب هزار داده شده است.

نرخ بازگشت سرمایه هر طرح محاسبه شده است. اگر حداقل جذب کننده ۸٪ باشد کدام طرح را انتخاب می‌کنید؟

	A	B	C	D
هزینه اولیه	۷۵	۵۰	۵۰	۸۵
درآمد سالیانه	۱۶	۱۲	۱۰	۱۷
نرخ بازگشت سرمایه	٪۱۶/۸	٪۲۰/۲	٪۱۵/۱	٪۱۵/۱

● ۸ـ۱۰ـ در مسئله ۷ـ۶ مقایسه سه پمپ X و Y و Z را از طریق نرخ بازگشت سرمایه انجام دهید.

● ۸ـ۱۱ـ سه ماشین تراش T1 ، T2 و T3 با اطلاعات زیر در اختیار است. اطلاعات برحسب هزینه بیان شده است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ فرض شود کدام ماشین را انتخاب می‌نمائید.

	T_1	T_2	T_3
هزینه اولیه	۱۰،۰۰۰	۹,۰۰۰	۱۲,۰۰۰
هزینه سالیانه کارگر	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۵۰۰
هزینه سالیانه تعمیرات و نگهداری	۵۰۰	۳۰۰	۴۰۰
ارزش اسقاطی	۱,۰۰۰	۸۵۰	۱,۱۵۰
عمر مفید	۶	۴	۱۲

● ۸ـ۱۲ـ در فرآیند مالی زیر چند نرخ بازگشت سرمایه می‌توان انتظار داشت؟ چند نرخ بازگشت سرمایه واقعی می‌توان انتظار داشت؟ اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی ۱۵٪ فرض شود نرخ بازگشت داخلی را محاسبه نمائید.

سال	فرآیند مالی
۰	-۵۰۰
۱	۲,۰۰۰
۲	-۱,۲۰۰
۳	-۳۰۰

● ۱۳ـ۸ـ در فرآیند مالی زیر چند نرخ بازگشت سرمایه واقعی می‌توان انتظار داشت؟ اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی ۱۸٪ فرض شود، نرخ بازگشت سرمایه داخلی را محاسبه نمائید:

سال	فرآیند مالی
۰	-۵۰۰
۱	۲۰۰
۲	-۵۰۰
۳	۱,۲۰۰

● ۱۴ـ۸ـ در فرآیند مالی زیر چند نرخ بازگشت سرمایه واقعی می‌توان انتظار داشت؟ اگر نرخ بازگشت سرمایه خارجی ۲۰٪ فرض شود، نرخ بازگشت سرمایه داخلی چقدر است؟

سال	فرآیند مالی
۰	-۱۰۰
۱	۳۶۰
۲	-۵۷۰
۳	۳۶۰

● ۱۵ـ۸ـ جدول زیر نرخهای بازگشت سرمایه طرحهای D و C و B و A و نرخهای بازگشت سرمایه تفاوت طرحها را برحسب درصد نشان می‌دهد.

	O	A	B	C
A	۱۳	–	–	–
B	۱۵	۱۴	–	–
C	۱۱	۱۲	۱۵	–
D	۹	۸	۵	۱۰

الف: اگر فقط مجاز به انتخاب یکی از چهار طرح D و C و B و A باشید شرایط لازم را برای انتخاب طرحها بنویسید.

ب: اگر چهار طرح فوق همراه با طرح O بررسی شوند شرایط لازم را برای انتخاب طرحها بنویسید.

فصل نهم

روش نسبت منافع به مخارج

یکی دیگر از تکنیکهای اقتصاد مهندسی برای مقایسه اقتصادی طرحها، روش نسبت منافع به مخارج یا سود به هزینه (B/C)[1] می‌باشد. این روش علاوه بر بررسی اقتصادی طرح‌های سرمایه‌گذاری خصوصی، یک روش کاربردی و معروف در ارزیابی طرحهای دولتی محسوب می‌شود. اشاره می‌گردد که طرحهای دولتی از آنجا که عام‌المنفعه هستند و نتایج آن عاید مردم می‌گردد پیش‌بینی نتایج و بیان آن برحسب پول، از پیچیدگی خاصی برخوردار است. مثلاً ایجاد یک بزرگراه از هزینه‌ها و درآمدهای زیر تشکیل یافته است:

هزینه اولیه ۱,۰۰۰,۰۰۰ واحد پولی به عنوان هزینه ایجاد (هزینه یا مخارج)[2]

درآمد سالیانه ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی تحت عنوان عبور (منافع)[3]

هزینه سالیانه ۵۰,۰۰۰ واحد پولی تحت عنوان لایروبی‌کانالها دربزرگراه (هزینه یا مخارج)

ضررسالیانه ۳۰,۰۰۰ واحد پولی برای‌کشاورزان‌به‌دلیل‌تبدیل زمین‌کشاورزی‌به‌بزرگراه (ضرر)[4]

درآمد سالیانه ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی برای کشاورزان به دلیل ارتباط نزدیکتر به شهر و فروش محصولات کشاورزی (منافع)

معمولاً علاوه بر موارد ذکر شده می‌توان منافع، ضررها و یا مخارج مختلف را نام برد. فرمول کلی نسبت منافع به مخارج بصورت زیر است:

$$B/C = \frac{\text{ضررها - منافع}}{\text{هزینه‌ها (مخارج)}} \qquad (۹-۱)$$

---

1 - Benefit - Cost Ratio
2 - Cost
3 - Benefit
4 - Disbenefit

همانطور که در رابطه فوق نمایان است ضررها به هزینه‌ها اضافه نمی‌شود بلکه از منافع کاسته می‌گردد. با در نظرگرفتن ارزش زمانی پول و انتخاب یکی از دو روش ارزش فعلی یا یکنواخت سالیانه می‌توان روابط زیر را نوشت:

$$B/C = \frac{\text{منافع PW}}{\text{مخارج PW}} = \frac{PW_B}{PW_C} \qquad (۹\text{-}۲)$$

$$B/C = \frac{\text{منافع EUA}}{\text{مخارج EUA}} = \frac{EUAB}{EUAC} \qquad (۹\text{-}۳)$$

و چنانچه

$$B/C \geq ۱ \qquad (۹\text{-}۴)$$

باشد طرح اقتصادی و اگر:

$$B/C < ۱ \qquad (۹\text{-}۵)$$

بود طرح غیراقتصادی است. رابطه ۴ـ۹ بصورت زیر نیز نوشته می‌شود:

$$B - C \geq ۰ \qquad (۹\text{-}۶)$$

و رابطه (۵ـ۹) بصورت زیر نیز صادق است:

$$B - C < ۰ \qquad (۹\text{-}۷)$$

چنانچه دو یا چند طرح با هم مقایسه شوند باید از اصول روش سرمایه‌گذاری اضافی استفاده نمود و نسبت تفاوت B / C را تشکیل داد:

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{\Delta PW_B}{\Delta PW_C} \qquad (۹\text{-}۸)$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{\Delta EUAB}{\Delta EUAC} \qquad (۹\text{-}۹)$$

طرحی که دارای هزینه اولیه بیشتر است انتخاب می‌شود اگر:

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} \geq ۱ \qquad (۹\text{-}۱۰)$$

و طرحی که دارای هزینه اولیه کمتر است انتخاب می‌شود اگر:

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} < ۱ \qquad (۹-۱۱)$$

● مثال ۹-۱- با توجه به ارقام داده شده برای ایجاد یک بزرگراه، آیا ایجاد این بزرگراه اقتصادی است؟ عمر بزرگراه را ۲۰ سال و حداقل نرخ جذب کننده را ۱۰٪ فرض نمائید.

حل: با استفاده از رابطه (۹-۳) نسبت زیر را می‌توان تشکیل داد:

$$B/C = \frac{EUAB}{EUAC}$$

$$B/C = \frac{۱۰۰,۰۰۰ + ۱۵۰,۰۰۰ + ۳۰,۰۰۰}{۱,۰۰۰,۰۰۰ (A/P ، ٪۱۰ ، ۲۰) + ۵۰,۰۰۰}$$

$$B/C = ۱/۳۱۳۵$$

و از آنجا که نسبت $\frac{B}{C}$ بزرگتر از یک می‌باشد طبق رابطه (۹-۴) طرح ایجاد بزرگراه اقتصادی است.

● ۹-۲- یک مزرعه کشاورزی نیاز به یک تراکتور دارد. دو نوع تراکتور A و B پیشنهاد شده است. هزینه اولیه هر تراکتور ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. تراکتور نوع A دارای صرفه‌جوئی سالیانه برابر ۳۰,۰۰۰ واحد پولی و تراکتور نوع B در سال اول ۴۰,۰۰۰ واحد پولی صرفه‌جوئی و هر سال ۵,۰۰۰ واحد پولی کاهش دارد (سال دوم ۳۵,۰۰۰، سال سوم ۳۰,۰۰۰ واحد پولی و بهمین ترتیب...) اگر حداقل نرخ جذب‌کننده ۷٪ فرض شود کدام نوع تراکتور را باید خریداری نمود؟ عمر مفید تراکتورها ۵ سال فرض می‌شود.

حل:

تراکتور نوع A

$$PW_C = ۱۰۰,۰۰۰$$

$$PW_B = ۳,۰۰۰ \ (P/A \ ، \ ٪۷ \ ، \ ۵) = ۱۲۳,۰۰۰$$

تراکتور نوع B

$$PW_C = ۱۰۰,۰۰۰$$

$$PW_B = ۴۰,۰۰۰ \ (P/A \ ، \ ٪۷ \ ، \ ۵) - ۵,۰۰۰ \ (P/G \ ، \ ٪۷ \ ، \ ۵) = ۱۲۵,۸۰۰$$

نسبت منابع به مخارج برای هر تراکتور عبارت است از:

تراکتور A $B/C = ۱/۲۳$

تراکتور B $B/C = ۱/۲۶$

بدیهی است که هرکدام از تراکتورها به تنهایی اقتصادی هستند چون هر دو تراکتور دارای نسبت منافع به مخارج بیش از یک می‌باشند. آیا برای مقایسه بین نوع A و نوع B نیازی به تشکیل $\frac{\Delta B}{\Delta C}$ می‌باشد؟

قاعدتاً تشکیل $\frac{\Delta B}{\Delta C}$ برای مقایسه دو طرح ضروری است ولی در این مثال خاص از آنجا که ارزش فعلی هزینه‌های دو تراکتور برابر است، ارزش فعلی منافع تنها پارامتر تعیین کننده می‌باشد و نوع B با داشتن نسبت منافع به مخارج بزرگتر، اقتصادی‌تر است.

● مثال ۳-۹-اگر در مثال قبل، هزینه اولیه تراکتور نوع B به ۱۰۵,۰۰۰ واحد پولی تغییر نماید کدام تراکتور اقتصادی‌تر می‌باشد.

حل: نسبت منافع به مخارج دو نوع تراکتور عبارتند از:

تراکتور A $B/C = ۱/۲۳$

تراکتور B $B/C = ۱/۱۹$

و نسبت $\frac{\Delta B}{\Delta C}$ بشرح زیر باید محاسبه شود:

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{\Delta PW_B}{\Delta PW_C}$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{۱۲۵٬۸۰۰ - ۱۲۳٬۰۰۰}{۱۰۵,۰۰۰ - ۱۰۰,۰۰۰} = ۰/۵۶$$

از آنجاکه نسبت تفاوت منابع به تفاوت مخارج کوچکتر از یک می‌باشد تراکتور نوع A یعنی تراکتور با هزینه اولیه کمتر انتخاب می‌گردد.

● مثال ۴-۹- شرکتی خرید یکی از دو ماشین X و Y را بررسی می‌کند. اطلاعات دو ماشین بشرح زیر است:

	X	Y
سرمایه اولیه	۲۰۰,۰۰۰	۷۰۰,۰۰۰
درآمد سالیانه	۹۵,۰۰۰	۱۲۰,۰۰۰
ارزش اسقاطی	۵۰,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰
عمر مفید	۶	۱۲

اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ فرض شود، شرکت کدام ماشین را باید خریداری نماید؟

حل: از آنجاکه عمر مفید این دو ماشین متفاوت است چنانچه نسبت منافع به مخارج بر اساس روش ارزش فعلی محاسبه شود، عمر مشترک دوازده سال را باید مبنا قرار داد. به همین جهت نسبت منافع به مخارج را می‌توان براساس روش یکنواخت سالیانه تشکیل داد و با سهولت به جواب نهایی رسید.

ماشین X

$$EUAB = ۹۵,۰۰۰$$

$$EUAC = ۲۰۰,۰۰۰ (A/P ،٪۱۰ ،۶) - ۵۰,۰۰۰ (A/F ،٪۱۰ ،۶)$$

$$= ۴۰,۰۰۰$$

$$B/C = \frac{۹۵,۰۰۰}{۴۰,۰۰۰} = ۲/۳۸$$

ماشین Y

$$EUAB = ۱۲۰,۰۰۰$$

$$EUAC = ۷۰۰,۰۰۰ (A/P ،٪۱۰ ،۱۲) - ۱۵۰,۰۰۰ (A/F ،٪۱۰ ،۱۲)$$

$$= ۹۶,۰۰۰$$

$$B/C = \frac{۱۲۰,۰۰۰}{۹۶,۰۰۰} = ۱/۲۵$$

هر دو طرح با توجه به اینکه دارای نسبت منافع به مخارج بیش از یک هستند، اقتصادی‌اند. برای انتخاب اقتصادی‌ترین طرح نسبت تفاوت را باید تشکیل داد:

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{۱۲۰,۰۰۰ - ۹۵,۰۰۰}{۹۶,۰۰۰ - ۴۰,۰۰۰} = ۰/۴۵$$

از آنجاکه نسبت منافع به مخارج سرمایه‌گذاری اضافی کمتر از یک می‌باشد، ماشین X با هزینه اولیه کمتر اقتصادی‌تر است.

● مثال ۵-۹- پنج پروژه ناسازگار در مثال (۱۰-۸) به همراه پروژه F در اختیار است. ارزش فعلی درآمدهای سالیانه (منافع) و سپس نسبت منافع به مخارج هر پروژه قبلاً محاسبه شده است. اقتصادی‌ترین طرح را تعیین نمائید.

	A	B	C	D	E	F
(PW_C) هزینه اولیه	۴,۰۰۰	۲,۰۰۰	۶,۰۰۰	۱,۰۰۰	۹,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
(PW_B) ارزش فعلی منافع	۷,۳۳۰	۴,۷۰۰	۸,۷۳۰	۱,۳۴۰	۹,۰۰۰	۹,۵۰۰
(B/C) نسبت منافع به مخارج	۱/۸۳	۲/۳۵	۱/۴۶	۱/۳۴	۱/۰	۰/۹۵

حل: از آنجا که پروژه F دارای نسبت منافع به مخارج کمتر از یک می‌باشد از مقایسه خارج شده، مقایسه اقتصادی بین پنج پروژه باقیمانده صورت خواهد پذیرفت. مرحله بعد، همانطور که در فصلهای گذشته توضیح داده شد، مرتب کردن پروژه‌ها براساس هزینه اولیه است:

	D	B	A	C	E
(PW_C)	۱,۰۰۰	۲,۰۰۰	۴,۰۰۰	۶,۰۰۰	۹,۰۰۰
(PW_B)	۱,۳۴۰	۴,۷۰۰	۷,۳۳۰	۸,۷۳۰	۹,۰۰۰
(B/C)	۱/۳۴	۲/۳۵	۱/۸۳	۱/۴۶	۱/۰۰

ابتدا مقایسه بین B و D انجام می‌شود:

$\Delta PW_C = ۱,۰۰۰$

$\Delta PW_B = ۳,۳۶۰$

$\frac{\Delta B}{\Delta C} = ۳/۳۶$

پروژه B با هزینه اولیه بیشتر، اقتصادی‌تر از پروژه D می‌باشد. پروژه D از مقایسه خارج می‌گردد و مقایسه بعدی بین پروژه‌های B و A می‌باشد:

$\Delta PW_C = ۲,۰۰۰$

$\Delta PW_B = ۲,۶۳۰$

$\frac{\Delta B}{\Delta C} = ۱/۳۲$

پروژه A اقتصادی‌تر از پروژه B است. پروژه B از مقایسه خارج و مقایسه بعدی بین پروژه‌های A و C انجام می‌شود:

$\Delta PW_C = ۲,۰۰۰$

$\Delta PW_B = ۱,۴۰۰$

$\frac{\Delta B}{\Delta C} = ۰/۷۰$

پروژه A اقتصادی‌تر از پروژه C است. پروژه C از مقایسه خارج و مقایسه نهایی بین پروژه‌های A و E انجام می‌شود:

$\Delta PW_C = ۵,۰۰۰$

$\Delta PW_B = ۱,۶۷۰$

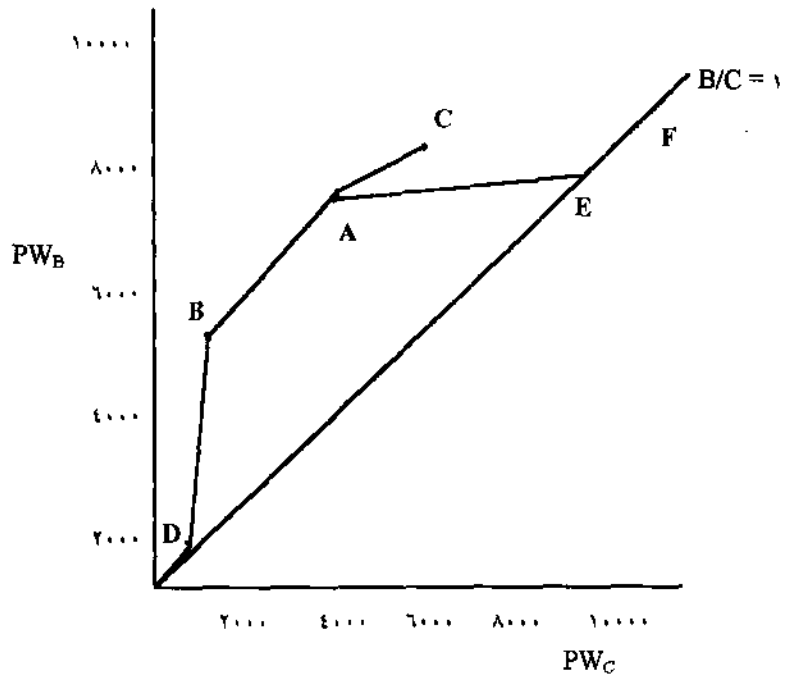
$\frac{\Delta B}{\Delta C} = ۰/۳۳$

پروژه A بعنوان اقتصادی‌ترین پروژه بین شش پروژه مذکور انتخاب می‌شود. اگرچه پروژه A به عنوان اقتصادی‌ترین پروژه انتخاب شد، ولی این پروژه دارای نسبت منافع به مخارج ۱/۸۳ بود که از نسبت منافع به مخارج پروژه B کمتر است. اقتصادی‌ترین پروژه همیشه دارای بیشترین نسبت منافع به مخارج نمی‌باشد و در حقیقت تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی در مقایسه دو طرح ضروری است.

روش نسبت منافع به مخارج مانند روش نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از روش ترسیمی نیز قابل انجام است. شکل (۱-۹) نقاط A، B، C، D، E و F را که مشخص کننده نسبت منافع به مخارج پروژه‌های نامبرده هستند نشان می‌دهد. B/C پروژه F در پایین خط $\frac{B}{C} = ۱$ قرار دارد و F از مقایسه حذف شده است. نقطه E (نشان‌دهنده $\frac{B}{C} = ۱$ پروژه E) که دارای $\frac{B}{C} = ۱$ می‌باشد در روی خط $\frac{B}{C} = ۱$ قرار دارد. نقاط A، B، C و D نیز در بالای خط $\frac{B}{C} = ۱$ نمایان هستند. شیب خط BD نسبت به $\frac{B}{C} = ۱$ بیانگر اقتصادی‌تر بودن پروژه B نسبت به پروژه D است.

به همین ترتیب شیب خط AB نشان می‌دهد که پروژه A اقتصادی‌تر از پروژه B

می‌باشد. شیب خط AC پروژه A را برتر از پروژه C می‌سازد و بالاخره مقایسه نهایی بین A و E انجام می‌گیرد و شیب AE نمایانگر این است که پروژه A اقتصادی‌ترین پروژه می‌باشد.



شکل (۱-۹)

مسائل فصل نهم

● ۱-۹- وزارت راه بررسی یک بزرگراه را در کاشان مورد بررسی قرار داده است. هزینه اولیه این بزرگراه ۶ میلیون واحد پولی با هزینه سالیانه ۲۰,۰۰۰ واحد پولی است. درآمد حاصل از افزایش توریستها در سال ۳۵۰,۰۰۰ واحد پولی تخمین زده شده است. اگر عمر مفید این بزرگراه را ۲۵ سال و حداقل نرخ جذب کننده را ۱۰٪ فرض کنیم با استفاده از روش B/C آیا ساختن این بزرگراه اقتصادی است؟

● ۲-۹- وزارت نیرو بررسی ساختن سد کوچکی را در لاهیجان مورد بررسی قرار می‌دهد. هزینه اولیه این سد ۲/۲ میلیون واحد پولی با هزینه سالیانه ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. هزینه تعمیرات جزئی هر پانزده سال یکبار اتفاق می‌افتد و مبلغ آن ۶۵,۰۰۰ واحد پولی است. با ایجاد این سد خسارت ناشی از باران از ۹۰,۰۰۰ واحد پولی در سال به ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در سال کاهش می‌یابد. با استفاده از روش نسبت منافع به مخارج و با فرض اینکه عمر مفید سد دائمی و حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ در سال است، آیا پروژه سد یک پروژه اقتصادی است؟

● ۳-۹- وزارت کشاورزی یک پروژه جدید آبیاری را در جنوب تهران بررسی می‌کند. هزینه اولیه این پروژه ۱/۵ میلیون واحد پولی با هزینه نگهداری ۲۵,۰۰۰ واحد پولی در سال است. اگر درآمد کشاورزان ۱۷۵,۰۰۰ واحد پولی در سال افزایش داشته باشد با استفاده از روش نسبت منافع به مخارج و با فرض اینکه عمر پروژه ۲۰ سال و حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ است آیا این پروژه اقتصادی است؟

● ۴-۹- در مسأله (۳-۹) چنانچه هر سه سال یکبار وزارت کشاورزی مجبور به لایروبی سد با هزینه ۶۰,۰۰۰ واحد پولی باشد و خسارت وارد شده به کشاورزان ۱۵,۰۰۰ واحد پولی در سال پیش‌بینی شود آیا در شرایط فعلی این طرح اقتصادی است؟

● ۵-۹- برای رسیدن به شهرستان کلاردشت در استان مازندران می‌توان از شهرستان مرزن‌آباد در جاده‌ای بطول ۲۵ کیلومتر و یا از شهرستان عباس‌آباد در جاده‌ای بطول ۲۵

کیلومتر عبور کرد، جاده‌ها نیاز به آسفالت دارند و آسفالت نامناسب از مرزن‌آباد به کلاردشت و جاده خاکی از عباس‌آباد به کلاردشت همه‌ساله زیانهای بسیاری به اتومبیلها وارد می‌نماید. آسفالت یکی از راهها امری ضروری است. اطلاعات زیر دراختیار است:

	از مرزن‌آباد (M)	از عباس‌آباد (A)
هزینه اولیه	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه تعمیرات سالیانه	۵۵,۰۰۰	۳۵,۰۰۰
منافع به مردم از طریق توریست و اتومبیل‌های آنها در سال	۲۰۰,۰۰۰	۴۵۰,۰۰۰

عمر مفید آسفالت را ۱۰ سال در نظر بگیرید و با استفاده از روش نسبت منافع به مخارج با فرض MARR = ٪۵ اقتصادی‌ترین طرح را تعیین نمائید.

● ۹-۶- یک شرکت ساختمانی بررسی خرید قطعه زمینی را به مبلغ ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی و ساختن ساختمانی جهت اجاره به پزشکان را بررسی می‌کند. سه نوع مختلف ساختمان از نظر تعداد طبقه در بررسیهای این شرکت دخالت داده شده‌اند. اطلاعات زیر در مورد ساختمان دو، پنج و ده طبقه موجود است.

	دوطبقه	پنج‌طبقه	ده‌طبقه
هزینه ساختمان مجزا از زمین	۴۰۰,۰۰۰	۸۰۰,۰۰۰	۲,۱۰۰,۰۰۰
قیمت فروش ساختمان و زمین پس از ۲۰ سال	۲۰۰,۰۰۰	۳۰۰,۰۰۰	۴۰۰,۰۰۰
درآمد از اجازه بطور سالیانه پس از کسر هزینه‌ها	۷۰,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰	۲۵۶,۰۰۰

با استفاده از روش نسبت منافع به مخارج اقتصادی‌ترین نوع ساختمان را تعیین

نمائید. MARR = ٪۸ فرض می‌شود.

● ۷ـ۹ـسه پروژه زیر با اطلاعات داده شده در اختیار است. اقتصادی‌ترین پروژه را با در نظر گرفتن MARR = ٪۱۲ تعیین نمائید.

	A	B	C
هزینه اولیه	۵۰	۱۵۰	۱۱۰
درآمد سالیانه	۲۸/۸	۳۹/۶	۳۹/۶
عمر مفید	۲	۶	۴

● ۸ـ۹ـدر مسئله (۶ـ۷)، مقایسه سه پمپ X و Y و Z را از طریق نسبت منافع به مخارج انجام دهید. درآمد سالیانه در هر پمپ ۳۲,۰۰۰ واحد پولی است.

● ۹ـ۹ـ در مسئله (۶ـ۴) خرید یکی از پرسهای T5 و M4 را از طریق نسبت منافع به مخارج تعیین نمائید. درآمد سالیانه هر ماشین ۳۵,۰۰۰ واحد پولی است.

● ۱۰ـ۹ـدرمسئله (۶ـ۸) خریدیکی ازماشینهای‌تراش F25 و H83 را ازطریق‌نسبت منافع به مخارج تعیین نمائید. درآمد سالیانه هر ماشین ۲۲,۰۰۰ واحد پولی پیش‌بینی می‌شود.

● ۱۱ـ۹ـ در مسئله (۵ـ۸) مقایسه دو پروژه A و B را از طریق نسبت منافع به مخارج انجام دهید.

● ۱۲ـ۹ـدر مسئله (۸ـ۸) مقایسه سه پروژه A و B و C را از طریق نسبت منافع به مخارج انجام دهید.

● ۱۳ـ۹ـدر مسئله (۹ـ۸) مقایسه چهار پروژه A و B و C و D را از طریق نسبت منافع به مخارج انجام دهید.

فصل دهم

تکنیکهای دیگر اقتصاد مهندسی

علاوه بر تکنیکهای ذکر شده که شامل ارزش فعلی، هزینه سالیانه، نرخ بازگشت سرمایه و نسبت منافع به مخارج بودند تکنیکهای دیگری که بی‌شباهت به تکنیکهای فوق نیستند نیز مطرح هستند که به تشریح آنها می‌پردازیم:

روش دورهٔ بازگشت سرمایه

«دوره بازگشت سرمایه»[1] یک روش تقریبی برای مقایسه اقتصادی پروژه‌هاست، تحلیل‌گر با استفاده از این روش، در جستجوی دوره یا مدت زمانی است که سرمایه اولیه بتواند توسط درآمدهای سالیانه جبران شود. به عبارت ساده‌تر مجموع درآمدهای سالیانه در آن دوره برابر با هزینه‌های سرمایه‌گذاری گردد. رابطه کلی محاسبه دورهٔ بازگشت سرمایه .P.P در زیر آمده است:

$$-P + \sum_{j=1}^{n'} (CF)_j = 0 \qquad (10-1)$$

در رابطه فوق CF برابر فرآیند مالی در پایان سال jام می‌باشد. اگر درآمدهای سالیانه در پایان هر سال مساوی فرض شوند، n' دوره بازگشت سرمایه از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

---

1 - Payback Period

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

● مثال ۱ـ۱۰ـدو نوع ماشین ATL و TOM را می‌توان برای حمل و نقل مواد در کارخانه مورد استفاده قرار داد. اطلاعات زیر در مورد هزینه اولیه و درآمد سالیانه این دو ماشین در اختیار است:

	ATL	TOM
هزینه اولیه	۲,۰۰۰	۳,۰۰۰
درآمد سالیانه	۴۵۰	۶۰۰
ارزش اسقاطی در پایان عمر مفید	۱۰۰	۷۰۰

اگر انتظار رود این دو ماشین دارای عمر مفید ۸ سال باشند و MARR = ٪۸ فرض شود کدام ماشین را برای خرید توصیه می‌کنید؟

حل: طبق رابطه ۲ـ۱۰ دوره بازگشت سرمایه به ترتیب زیر محاسبه می‌گردد:

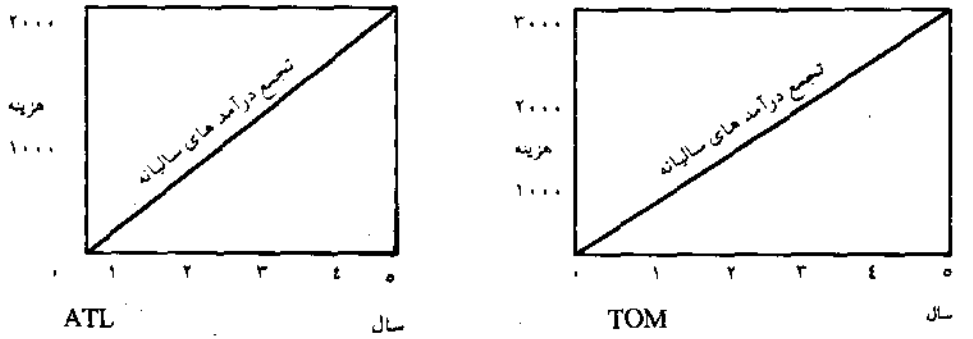
$$\text{ATL:}\quad P.P. = \frac{۲,۰۰۰}{۴۵۰} = ۴/۴ \text{ سال}$$

$$\text{TOM:}\quad P.P. = \frac{۳,۰۰۰}{۶۰۰} \approx ۵ \text{ سال}$$

با توجه به جوابهای فوق و شکل (۱ـ۱۰) درآمدهای سالیانه ماشین ATL پس از مدت ۴/۴ سال هزینه اولیه را تامین و در ماشین TOM نیز پس از مدت ۵ سال هزینه اولیه توسط درآمدهای سالیانه تامین می‌شود.

کتابخانه مرکز آموزش عالی دماوند

جهت تعیین اقتصادی‌ترین طرح باید از «حداکثر دوره بازگشت سرمایه جذب کننده[1]» سرمایه‌گذار اطلاع داشت. اگر MAPP < ۴/۴ باشد هیچ‌کدام از ماشینها انتخاب نمی‌شوند ولی اگر MAPP < ۵ باشد ماشین ALT انتخاب خواهد گردید.



شکل (۱-۱۰)

همانطور که مشاهده می‌گردد روش محاسبهٔ دورهٔ بازگشت سرمایه تفاوت زیادی با روشهای بحث شده در فصلهای قبل دارد. نکات زیر قبل از استفاده از این روش باید در نظر گرفته شود:

۱ـ این روش یک روش تقریبی است نه یک روش صحیح و کامل برای تجزیه و تحلیل اقتصادی پروژه‌ها.

۲ـ کلیه هزینه‌ها و درآمدها بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۳ـ پارامترهای مهم در هر سرمایه‌گذاری از قبیل ارزش اسقاطی عمر مفید، استهلاک، مالیات و غیره معمولاً مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

۴ـ با توجه به موارد فوق نتیجه حاصل از این روش غالباً صحیح نیست و

1 - Maximum Attractive Payback Period (MAPP)

معمولاً نتیجه حاصله با نتیجه روشهای تشریح شده در فصلهای گذشته متفاوت است.

البته سرمایه‌گذاران بسیار مشتاقند که از مدت زمان بازگشت سرمایه آگاه باشند و این عامل نوعی ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاری است. معمولاً سرمایه‌گذاران با توجه به شرایط اقتصادی و اجتماعی تمایل به سرمایه‌گذاری در پروژه‌های کوتاه‌مدت دارند. بهمین جهت در روش دورهٔ بازگشت سرمایه پروژه‌ای اقتصادی‌تر است که دارای دوره بازگشت سرمایه کوچکتر باشد.

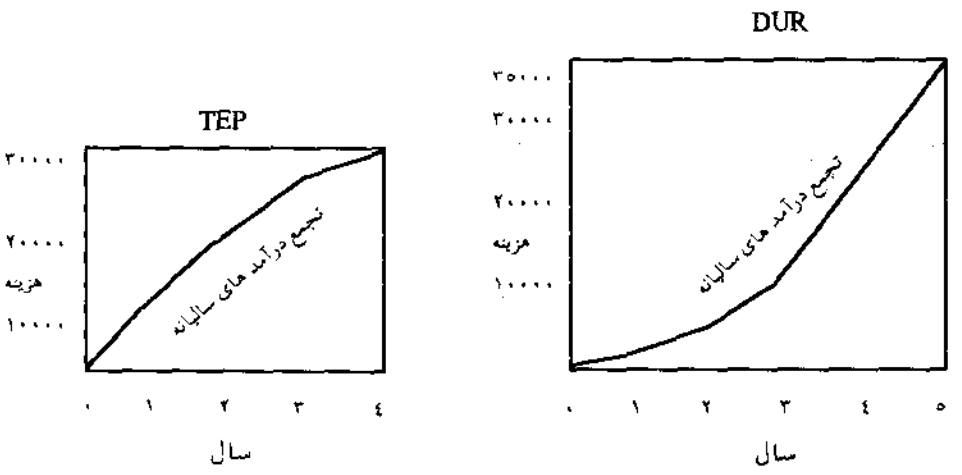
● ۲ـ۱۰ـ دو ماشین TEP و DUR با مشخصات زیر در اختیار است. با استفاده از روش دورهٔ بازگشت سرمایه انتخاب اقتصادی‌ترین ماشین را تعیین نمائید. حداکثر دوره بازگشت سرمایه برابر ۶ سال می‌باشد. نتیجه بررسی را با روش نرخ بازگشت سرمایه مقایسه نمائید.

	DUR	TEP
هزینه خرید و نصب	۳۵,۰۰۰	۳۰,۰۰۰
درآمد سالیانه خالص	۱,۰۰۰ در سال اول و هر سال ۳,۰۰۰ افزایش می‌یابد	۱۲,۰۰۰ در سال اول و هر سال ۳,۰۰۰ کاهش می‌یابد
عمر مفید	۸	۴

حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ فرض می‌شود. جدول زیر فرآیند مالی دو ماشین را تا سال هشتم نشان می‌دهد.

سال	TEP	DUR
۰	-۳۰,۰۰۰	-۳۵,۰۰۰
۱	۱۲,۰۰۰	۱,۰۰۰
۲	۹,۰۰۰	۴,۰۰۰
۳	۶,۰۰۰	۷,۰۰۰
۴	۳,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۵	۰	۱۳,۰۰۰
۶	۰	۱۶,۰۰۰
۷	۰	۱۹,۰۰۰
۸	۰	۲۲,۰۰۰

حل: دورهٔ بازگشت سرمایه به سادگی قابل محاسبه است. ماشین TEP پس از ۴ سال و ماشین DUR پس از ۵ سال قادرند با درآمدهای سالیانه مربوطه هزینه اولیه خرید را تامین نمایند. شکل (۲-۱۰) موقعیت دو ماشین را در محاسبه دورهٔ بازگشت سرمایه نشان می‌دهد.



شکل (۲-۱۰)

طبق روش دورهٔ بازگشت سرمایه، طرح خرید ماشین TEP بر DUR برتری دارد. برای آزمون نتیجه این روش، می‌توان از روش نرخ بازگشت سرمایه بهره برد. طبق جدول قبل، از آنجا که مجموع هزینه‌ها و درآمدهای ماشین TEP برابر صفر است، نرخ بازگشت سرمایه این ماشین نیز برابر صفر می‌باشد. نرخ بازگشت سرمایه DUR به ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

$NPW = ۰$

$-۳۵,۰۰۰ + ۱,۰۰۰ (P/A ، i\% ، ۸) + ۳,۰۰۰ (P/G ، i\% ، ۸) = ۰$

$i = ٪۲۰ \qquad NPW = -۱,۵۲۰$

$i = ٪۱۵ \qquad NPW = ۶,۹۳۰$

$ROR_{DUR} = ٪۱۹$

$ROR_{TEP} = ٪۰$

با در نظر گرفتن MARR = ٪۱۰ بدیهی است ماشین DUR اقتصادی‌تر از TEP می‌باشد و این نتیجه با نتیجه حاصل از روش دورهٔ بازگشت سرمایه متفاوت است و در این مسئله روش دورهٔ بازگشت سرمایه نتیجه‌ای غلط ارائه داده است.

روش تجزیه و تحلیل عمر خدمت[1]

اگر در روش دورهٔ بازگشت سرمایه ارزش زمانی پول رعایت گردد، یک روش منطقی خواهد بود و نتیجه حاصله دقیقاً مطابق با نتایج روشهای تشریح شده در فصلهای گذشته است. در این روش عمر مفید واقعی طرح محاسبه می‌شود. این عمر مفید که آنرا عمر خدمت می‌نامیم، در حقیقت عمر اقتصادی طرح می‌باشد.

رابطه کلی محاسبه به ترتیب زیر است:

$$-P + \sum_{j=۱}^{n} (CF)_j \ (P/F , i\% , j) = ۰ \qquad (۱۰-۳)$$

1 - Service - Life Analysis

در این رابطه برخلاف رابطه (۱ـ۱۰) حداقل نرخ جذب کننده و پارامترهای دیگری نظیر ارزش اسقاطی در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است عمر خدمت باید با حداکثر دورهٔ بازگشت سرمایه جذب کننده مقایسه گردد تا اقتصادی بودن طرح مشخص شود.

● مثال ۳ـ۱۰ـ یک ماشین نیمه‌اتوماتیک جهت بسته‌بندی چای دارای قیمت ۱۸،۰۰۰ واحد پولی، با ارزش اسقاطی ۳،۰۰۰ و درآمد سالیانه ۳،۰۰۰ واحد پولی می‌باشد و MARR = ٪۱۵ فرض می‌شود. شرکت خریدار ماشین انتظار ندارد این ماشین بیش از ۱۰ سال کار کند (حداکثر دورهٔ بازگشت سرمایه جذب کننده ۱۰ سال است). با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عمر خدمت آیا شرکت را تشویق به خرید این ماشین می‌نمائید.

حل: طبق رابطه ۳ـ۱۰ عمر خدمت تعیین می‌شود:

$$-۱۸,۰۰۰ + \sum_{j=۱}^{n'} (CF)_j \, (P/F \text{ ، } ٪۱۵ \text{ ، } j) = ۰$$

$$-۱۸,۰۰۰ + EUAB \, (P/A \text{ ، } ٪۱۵ \text{ ، } n') + SV \, (P/F \text{ ، } ٪۱۵ \text{ ، } n') = ۰$$

$$-۱۸,۰۰۰ + ۳,۰۰۰ \, (P/A \text{ ، } ٪۱۵ \text{ ، } n') + ۳,۰۰۰ \, (P/F \text{ ، } ٪۱۵ \text{ ، } n') = ۰$$

اگر

$n' = ۱۵ \qquad NPW = -۸۹/۱۰$

$n' = ۱۶ \qquad NPW = ۱۸۳/۳۰$

$n' = ۱۵/۳$ سال

نتیجه حاصله نشان می‌دهد که پس از ۱۵/۳ سال، درآمدهای ماشین که شامل درآمد سالیانه و ارزش اسقاطی هستند قادرند سرمایه اولیه آنرا تامین نمایند. در حالیکه شرکت انتظار ندارد این ماشین بیش از ده سال فعالیت بسته‌بندی داشته باشد، خرید این ماشین **توصیه نمی‌شود.**

● مثال ۴ـ۱۰ـ یک شرکت تولیدی برای ۱۰ سال آینده نیاز به یک ماشین شستشو و تمیز کننده دارد و امکان خرید و یا اجاره این ماشین را نیز دارد. قیمت نقدی این ماشین ۲۵,۰۰۰ واحد پولی و پس از استفاده فاقد ارزش اسقاطی است. هزینه عملیاتی آن ۵,۰۰۰ واحد پولی در سال می‌باشد. اگر این ماشین اجاره شود باید ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در سال به اجاره دهنده پرداخت شود. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۲٪ باشد شرکت باید این ماشین را اجاره یا خریداری نماید؟ جواب را تحلیل نمائید.

حل: از روش هزینه سالیانه استفاده نموده EUAC خرید یا اجاره به صورت زیر محاسبه می‌شود:

اجاره $EUAC_۱ = ۱۰,۰۰۰$

خرید $EUAC_۲ = ۲۵,۰۰۰ (A/P ، ٪۱۲ ، n) + ۵,۰۰۰$

یکی از راههای مقایسه دو طرح با توجه به روش تجزیه و تحلیل عمر خدمت، مساوی قرار دادن EUAC خرید و اجاره و پیداکردن عمری است که در آن، هزینه سالیانه دو طرح اجاره و خرید مساوی باشند.

$$EUAC_۲ = EUAC_۱$$

$$۲۵,۰۰۰ (A/P ، ٪۱۲ ، n') + ۵,۰۰۰ = ۱۰,۰۰۰$$

$$(A/P ، ٪۱۲ ، n') = \frac{۵,۰۰۰}{۲۵,۰۰۰} = ۰/۲۰$$

در سال $n = ۸$ مقدار فاکتور طبق جدول $(A/P ، ٪۱۲ ، ۸) = ۰/۲۰۱۳$ و در $n = ۹$ ، $(A/P ، ٪۱۲ ، ۹) = ۰/۱۸۷۶۸$ می‌شود و در سال $n' = ۸/۱$ دو طرح خرید یا اجاره دارای هزینه سالیانه مساویند.

بطورکلی نتایج زیر حاصل می‌شود:

نتیجه	عمر خدمت
دو طرح خرید و اجاره یکسان است	$n' = ۸/۱$
طرح خرید اقتصادی‌تر است	$n' > ۸/۱$
طرح اجاره اقتصادی‌تر است	$n' < ۸/۱$

روش ارزش آینده[1]

روش ارزش آینده، ارزش کلیه هزینه‌ها و درآمدها با توجه به نرخ بهره یا حداقل نرخ جذب کننده معین، در آینده محاسبه شده و مبنائی برای انتخاب یک طرح اقتصادی و مقایسه اقتصادی چند طرح خواهد بود.

اگر طرح از پارامترهای (P) هزینه اولیه، (A) هزینه سالیانه یا درآمد سالیانه و SV ارزش اسقاطی، و (n) عمر مفید تشکیل شود، رابطه کلی «ارزش آینده خالص[2]» NFW به ترتیب زیر است:

$$NFW = -P\,(F/P\,,i\%\,,n) \pm A\,(F/A\,,i\%\,,n) + SV \qquad (۱۰\text{-}۴)$$

● مثال ۵-۱۰- یک دانشجوی ۲۰ ساله که به سیگار اعتیاد دارد و در هر هفته ۲۰۰۰ واحد پولی سیگار خریداری می‌نماید، می‌خواهد بداند که اگر هزینه سیگار را در بانک با نرخ بهره سالیانه ۲۰٪ (بهره شش ماهه پرداخت می‌شود) پس‌انداز نماید، در پایان ۶۵ سال چقدر پس‌انداز (اصل و فرع) خواهد داشت.

حل: از آنجاکه بهره شش ماهه پرداخت می‌شود او هر شش ماه یکبار باید مبلغ:

$۲۰۰۰ \times ۲۶ = ۵۲,۰۰۰$

واحد پولی را در مدت ۴۵ سال یا ۹۰ دورهٔ شش ماهه با نرخ ۱۰٪ پس‌انداز نماید. ارزش

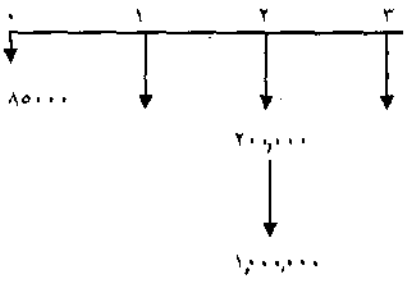
1 - Future Worth Analysis 2 - Net Future Worth Analysis

آینده عبارت است از:

واحد پولی ۲,۷۶۲,۱۲۴,۰۰۰ = (F/A ، ٪۱۰ ، ۹۰) ۵۲,۰۰۰ = FW

● ۶ـ۱۰ـ شرکت تولیدکننده لوازم الکتریکی امید که در تهران دارای واحد تولیدی است، علاقمند به ایجاد شعبه‌ای از کارخانه در همدان می‌باشد. شرکت با دو طرح خرید زمین و ساختن کارخانه و یا خرید یک کارخانه قدیمی که قبلاً لوازم خانگی تولید می‌کرده و تولیدش متوقف شده است روبروست. قیمت خرید زمین ۸۵,۰۰۰ واحد پولی است. در سال اول هزینه‌های مقدماتی ساختمان ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی، در سال دوم ۱,۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی و در سال سوم هزینه نصب ماشین‌آلات ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. در طرح خرید کارخانه قدیمی، قیمت خرید کارخانه ۸۵۰,۰۰۰ واحد پولی است. این کارخانه در سال اول ۲۵۰,۰۰۰ واحد پولی و در سال دوم نیز ۲۵۰,۰۰۰ واحد پولی مخارج طراحی خط تولید و تغییرات ساختمانی دارد و در سال سوم نیز ۲۵۰,۰۰۰ واحد پولی مخارج نصب ماشین‌آلات را باید پرداخت نماید. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ فرض شود، کدام طرح در پایان سال سوم حداقل هزینه را خواهد داشت؟

حل: فرایند مالی طرح ساختن کارخانه جدید عبارتند از:



ساختمان جدید FWC = ۸۵,۰۰۰ (F/P ، ٪۸ ، ۳) + ۲۰۰,۰۰۰ (F/A ، ٪۸ ، ۳) +

۱,۰۰۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۸ ، ۱۰) =

= ۱,۸۳۶,۰۰۰

و ارزش آینده طرح خرید کارخانه قدیمی:

خرید کارخانه FWC = ۸۵۰,۰۰۰ (F/P ، ٪۸ ، ۳) + ۲۵۰,۰۰۰ (F/A ، ٪۸ ، ۳)

= ۱,۸۲۲,۰۰۰

طرح ساختمان جدید به علت داشتن ارزش آینده هزینه‌ای کمتر اقتصادی‌تر می‌باشد.

مسائل فصل دهم

● ۱ـ۱۰ـ مسئله (۵ـ۸) را با استفاده از روش دورهٔ بازگشت سرمایه حل نموده، نتایج دو مسئله را با هم مقایسه نمائید.

● ۲ـ۱۰ـ مسئله (۶ـ۸) را با استفاده از روش دورهٔ بازگشت سرمایه حل نموده، نتایج دو مسئله را با هم مقایسه نمائید.

● ۳ـ۱۰ـ مسئله (۸ـ۸) را با استفاده از روش دورهٔ بازگشت سرمایه حل و نتایج دو مسئله را با هم مقایسه نمائید.

● ۴ـ۱۰ـ مسئله (۱ـ۹) را با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عمر خدمت حل و نتایج دو مسئله را مقایسه نمائید.

● ۵ـ۱۰ـ در مسئله (۵ـ۹) عمر خدمت را برای دو جاده محاسبه و اقتصادی‌ترین را انتخاب نمائید.

● ۶ـ۱۰ـ مسئله (۷ـ۹) را از دو روش دورهٔ بازگشت سرمایه وروش تجزیه و تحلیل عمر خدمت بررسی اقتصادی نمائید.

● ۷ـ۱۰ـ مسئله (۷ـ۶) را با استفاده از روش ارزش آینده حل نمائید.

● ۸ـ۱۰ـ مسئله (۸ـ۶) را با استفاده از روش ارزش آینده حل نمائید.

● ۹ـ۱۰ـ مسئله (۲ـ۷) را با استفاده از روش ارزش آینده حل نمائید.

● ۱۰-۱۰ـ مسئله (۸ـ۸) را با استفاده از روش ارزش آینده حل نمائید.

● ۱۱-۱۰ـ مسئله (۵ـ۹) را با استفاده از روش ارزش آینده حل نمائید.

بخش سوم

تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات

فصل یازدهم : استهلاک

فصل دوازدهم : تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات

فصل سیزدهم : آنالیز جایگزینی (تعویض)

فصل چهاردهم: آنالیز حساسیت

فصل پانزدهم : تورم

فصل یازدهم

استهلاک

استهلاک[1] نقشی اساسی در مقایسه اقتصادی بعد از مالیات دارد. هدف از این فصل، شناخت استهلاک و روشهای تعیین مقدار استهلاک و بررسی نقش این پارامتر مهم در مطالعات اقتصادی است. مطالعات اقتصادی رابطه نزدیکی با مدیریت مالی دارد. به این ترتیب که پارامترهایی نظیر درآمد سالیانه، هزینه‌های عملیاتی شامل مواد، نیروی انسانی، انرژی و... و پارامتر استهلاک پس از محاسبه و یا استخراج از دفاتر مالی یک موسسه، در مطالعات اقتصادی شرکت داده می‌شوند. استهلاک نقش موثری در محاسبه مقدار مالیات و میزان فرآیند مالی بعد از مالیات دارد. انتخاب یک روش استهلاک مناسب باعث افزایش ارزش فعلی خالص و یا نرخ بازگشت سرمایه می‌گردد.

تعریف استهلاک

استهلاک دارای معانی بسیاری است که چند تعریف آن در زیر آمده است:

۱ـ کاهش ارزش یک دارائی. این کاهش عبارت است از اختلاف ارزش یک دارائی در دو زمان مختلف به هر دلیلی که کاهش صورت گرفته باشد.

۲ـ توزیع هزینه یا ارزش اولیه یک دارائی منهای ارزش اسقاطی (اگر قابل پیش‌بینی و تخمین باشد) در طول عمر مفید دارائی.

۳ـ تفاوت ارزش یک دارائی موجود که قبلاً خریداری شده، با یک دارائی فرضی که به عنوان استاندارد مقایسه بکار رفته است. اگر با پیشرفت تکنولوژی، پدیده‌های جدید بوجود آیند ارزش دارائی (وسائل و ماشین‌آلات) موجود در موسسه با آنها سنجیده

---

1 - Depreciation

می‌شود و تفاوت، عبارت از مقدار استهلاک دارائی موجود است.

دلایل وجود استهلاک

استهلاک دارائی‌ها به دلایل زیر صورت می‌پذیرد:

۱ـ پیشرفت تکنولوژی: تحقیقات علمی که نتیجه آن پیشرفت سریع تکنولوژی است، روشهایی اقتصادی‌تر را برای انجام کارها عرضه می‌نماید که جانشین راههای موجود می‌گردد و در حقیقت قبل از اینکه ماشین‌آلات و تجهیزات یک شرکت غیرقابل استفاده شوند ماشین‌آلات پیشرفته‌تر به بازار می‌آید. بدیهی است که ارزش ماشین‌آلات قدیمی کاهش می‌یابد و یا گاهی ماشین‌آلات بی‌ارزش می‌شوند.

۲ـ فرسودگی ماشین‌آلات یا ساختمانها: فرسودگی به علت افزایش طول عمر و تولید زیاد پدید می‌آید، هزینه تعمیرات و نگهداری افزایش و کیفیت محصول کاهش می‌یابد و ناچاراً تعویض صورت می‌گیرد.

۳ـ تغییرات مقررات عمومی مربوط به ماشین‌آلات یا ساختمانها: موجود نبودن شرایط ایمنی و حفاظت در ماشین‌آلات، شرایط مواد به کار رفته در ساختمان، ایجاد آلودگی هوا و غیره باعث کاهش قیمت دارائی یا تعویض آن می‌گردد.

۴ـ تغییر در مقدار و نوع سرویس مورد لزوم: تغییر (کاهش) مقدار تقاضا برای کالا یا خدمات عرضه شده توسط یک ماشین و یا تغییر در نوع محصول، باعث کاهش قیمت یا تعویض ماشین و خرید ماشین مطابق تقاضا می‌شود.

۵ـ ایجاد خسارات جانی و مالی توسط یک دارائی باعث تعویض آن می‌شود.

یکی و یا ترکیبی از دلایل فوق باعث مستهلک شدن دارائی می‌شود. ممکن است یک ماشین قدیمی با ماشین جدید به دلایل: کاهش هزینه عملیاتی دستگاه جدید، تولید بیشتر در دستگاه جدید، هزینه‌های تعمیرات و نگهداری کمتر در دستگاه جدید و فرسودگی ماشین قدیمی حتی قبل از گذراندن نیمه عمر مفید خود باعث تعویض دو ماشین گردد.

ارزش دفتری

ارزش دفتری[1] یک دارائی در هر زمان عبارت است از تفاوت ارزش یا هزینه اولیه آن دارائی با مجموع مبالغ استهلاک تا آن زمان.

روشهای محاسبه استهلاک

روشهای مختلفی برای محاسبه مقدار استهلاک موجود است. انتخاب هر روش استهلاک بستگی به قوانین و سیاستهای مالی هر کشور دارد و اگر قوانین یک کشور اجازه انتخاب روش معینی را برای محاسبه استهلاک داد، آن روش می‌تواند قابل استفاده باشد. تشریح روشهای محاسبه استهلاک در زیر آمده است:

۱ـ روش خط مستقیم

روش خط مستقیم[2] ساده‌ترین و شاید متداولترین روش محاسبه استهلاک است. در این روش مقدار استهلاک سالیانه ثابت است و طبق رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$D = \frac{P - SV}{n} \qquad (۱۱-۱)$$

D = مقدار استهلاک سالیانه

P = هزینه اولیه دارائی

SV = ارزش اسقاطی دارائی

n = عمر استهلاک دارائی

P ، هزینه اولیه دارائی شامل خرید، هزینه‌های حمل و هزینه‌های نصب و کلیه هزینه‌های متعلقه دیگر است. از آنجا که دارائی هر سال تحت مقدار معینی مستهلک می‌شود، مقدار ارزش دفتری پس از m سال به صورت زیر تعیین می‌شود:

---

1 - Book Value

2 - Straight Line Method (SL)

$$BV_m = P - m.D \qquad m = ۱ , ۲ , \dots , n \qquad (۱۱-۲)$$

● ۱-۱۱-هزینه اولیه یک ماشین ۸۰,۰۰۰ واحد پولی با عمر مفید (استهلاکی) ۱۰ سال و ارزش اسقاطی ۱۰,۰۰۰ واحد پولی است. مقدار استهلاک سالیانه و ارزش دفتری سالیانه در جدول ۱-۱۱ آمده است:

$$D = \frac{۸۰,۰۰۰ - ۱,۰۰۰}{۱۰} = ۷,۰۰۰$$

سال (m)	استهلاک (D)	ارزش دفتری (BV_m)
۰	—	۸۰,۰۰۰
۱	۷,۰۰۰	۷۳,۰۰۰
۲	۷,۰۰۰	۶۶,۰۰۰
۳	۷,۰۰۰	۵۹,۰۰۰
۴	۷,۰۰۰	۵۲,۰۰۰
۵	۷,۰۰۰	۴۵,۰۰۰
۶	۷,۰۰۰	۳۸,۰۰۰
۷	۷,۰۰۰	۳۱,۰۰۰
۸	۷,۰۰۰	۲۴,۰۰۰
۹	۷,۰۰۰	۱۷,۰۰۰
۱۰	۷,۰۰۰	۱۰,۰۰۰

جدول ۱-۱۱

حل: مقدار ارزش دفتری در زمان خرید ($m = ۰$) برابر هزینه اولیه دارایی ($BV_۰ = P$) و ارزش دفتری در سال آخر ($m = n$) برابر با ارزش اسقاطی: $BV_n = SV$ است. مقدار

ارزش دفتری از رابطه (۲-۱۱) به صورت زیر می‌تواند محاسبه شود:

$BV_1 = ۸۰,۰۰۰ - ۷,۰۰۰ = ۷۳,۰۰۰$

$BV_2 = ۸۰,۰۰۰ - ۲\ (۷,۰۰۰) = ۶۶,۰۰۰$

$BV_{10} = ۸۰,۰۰۰ - ۱۰\ (۷,۰۰۰) = ۱۰,۰۰۰$

طریقه دیگر محاسبه ارزش دفتری پس از محاسبه ستون D در جدول (۱-۱۱) به‌سادگی امکان‌پذیر است:

$BV_1 = ۸۰,۰۰۰ - ۷,۰۰۰ = ۷۳,۰۰۰$

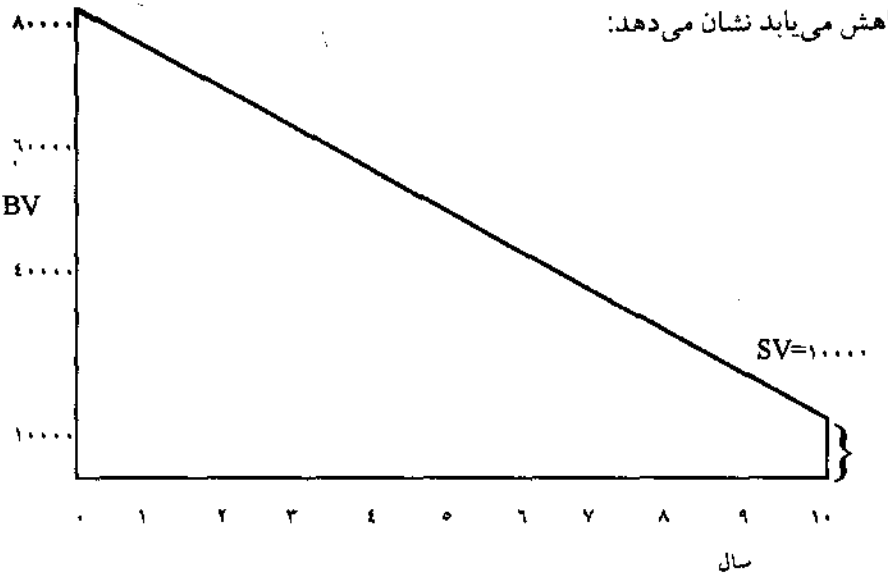
$BV_2 = ۷۳,۰۰۰ - ۷,۰۰۰ = ۶۶,۰۰۰$

$BV_{10} = ۱۷,۰۰۰ - ۷,۰۰۰ = ۱۰,۰۰۰$

و بطورکلی از رابطه زیر نیز می‌تواند استفاده شود:

$$BV_m = BV_{m-1} - D \qquad (۳-۱۱)$$

شکل زیر مقدار ارزش دفتری راکه در هر سال مطابق مقدار ثابت استهلاک سالیانه کاهش می‌یابد نشان می‌دهد:



شکل (۱-۱۱)

۲ـ روش جمع ارقام سنوات

طبق «روش جمع ارقام سنوات»[1] مقدار استهلاک در سال اول بیشترین مقدار را دارد و برحسب یک نسبت مشخص کاهش می‌یابد تا جائی که در سال آخر کمترین مقدار استهلاک را داراست. در این روش ابتدا باید جمع ارقام سنوات ۱ تا n را محاسبه نمود و نسبت سالهای باقیمانده بر جمع ارقام سنوات را تعیین و در تفاوت هزینه اولیه منهای ارزش اسقاطی ضرب کرد:

$$D_m = \frac{\text{سالهای باقیمانده از عمر}}{\text{جمع ارقام سنوات}} \text{(ارزش اسقاطی − هزینه اولیه)}$$

$$D_m = \frac{n-m+1}{SYD}(P-SV) \qquad (11\text{-}4)$$

D_m = مقدار استهلاک در هر سال $\qquad m = 1,2,...,n$

SYD = جمع ارقام سنوات

مقدار جمع ارقام سنوات با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$SYD = \sum_{m=1}^{n} m = \frac{n(n+1)}{2} \qquad (11\text{-}5)$$

اگر عمر مفید یک ماشین را ده سال فرض کنیم مقدار SYD عبارت است از:

$$SYD = \sum_{m=1}^{10} m = 1 + 2 + ... + 10 = 55$$

و یا

$$SYD = \frac{10(11)}{2} = 55$$

---

1 - Sum of the Years Digits Method (SOYD)

مقدار ارزش دفتری برای هر سال از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$BV_m = P - \left[\frac{m(n-(m/۲)+۰/۵)}{SYD}\right] \quad (P - SV) \qquad (۱۱\text{-}۶)$$

● مثال ۲ـ۱۱ـ مقداراستهلاک‌را ازروش SOYD بااطلاعات‌مثال (۱ـ۱۱) محاسبه نمائید.

حل: ابتدا مقدار SYD را محاسبه و سپس با استفاده از روابط (۴ـ۱۱) و (۵ـ۱۱)، مقادیر استهلاک را برای هر سال تعیین و مقدار ارزش دفتری را نیز محاسبه می‌کنیم. جدول (۲ـ۱۱) مقادیر مربوطه را نشان می‌دهد:

$$SYD = \frac{۱۰(۱۱)}{۲} = ۵۵$$

$$D_۱ = \frac{۱۰-۱+۱}{۵۵} = (۸۰,۰۰۰ - ۱۰,۰۰۰) = ۱۲,۷۲۷$$

$$D_۲ = \frac{۹}{۵۵}(۷۰,۰۰۰) = ۱۱,۴۵۵$$

$$D_{۱۰} = \frac{۱}{۵۵}(۷۰,۰۰۰) = ۱,۲۷۳$$

محاسبه ارزش دفتری با استفاده از رابطه (۶ـ۱۱) و یا پس از تعیین مقادیر استهلاک (D_m) قابل انجام است. به‌عنوان مثال مقدار ارزش دفتری برای سال دوم عبارت است از:

$$BV_۲ = P - D_۱ - D_۲$$

$$BV_۲ = ۸۰,۰۰۰ - ۱۲,۷۲۷ - ۱۱,۴۵۵ = ۵۵,۸۱۸$$

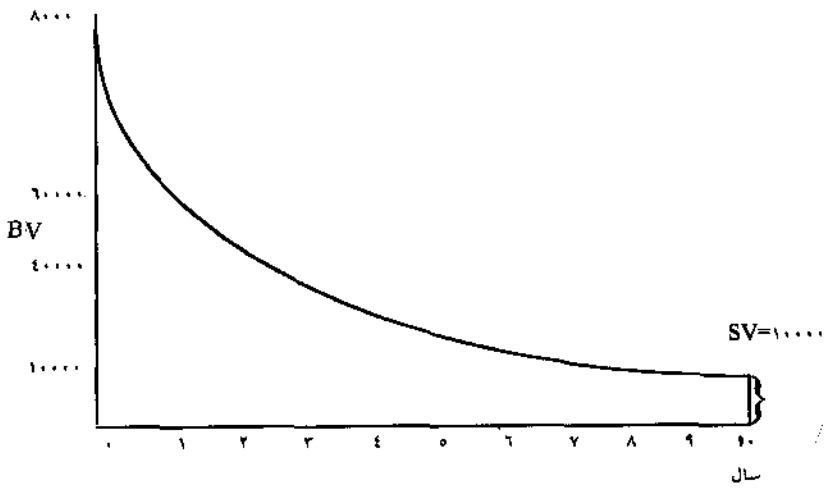
و یا با استفاده از (۶ـ۱۱):

$$BV_۲ = ۸۰,۰۰۰ - \left[\frac{۲(۱۰-(\frac{۲}{۲})+۰/۵)}{۵۵}\right](۸۰,۰۰۰ - ۱۰,۰۰۰)$$

$$= ۵۵,۸۱۸$$

سال (m)	استهلاک (D)	ارزش دفتری (BV_m)
۰	—	۸۰,۰۰۰
۱	۱۲,۷۲۷	۶۷,۲۷۳
۲	۱۱,۴۵۵	۵۵,۸۱۸
۳	۱۰,۱۸۲	۴۵,۶۳۶
۴	۸,۹۰۹	۳۶,۷۲۷
۵	۷,۶۳۶	۲۹,۰۹۱
۶	۶,۳۶۴	۲۲,۷۲۷
۷	۵,۰۹۱	۱۷,۶۳۶
۸	۳,۸۱۸	۱۳,۸۱۸
۹	۲,۵۴۵	۱۱,۲۷۳
۱۰	۱,۲۷۳	۱۰,۰۰۰

در این روش مقدار ارزش دفتری در سال آخر برابر با ارزش اسقاطی است. شکل **(۲ـ۱۱)** مقادیر ارزش دفتری در هر سال را نشان می‌دهد:



شکل (۲-۱۱)

۳ـ روش موجودی نزولی

در «روش موجودی نزولی»[1] مقدار استهلاک سالیانه برحسب یک نرخ یکنواخت و ثابت کاهش می‌یابد. مقدار استهلاک سالیانه از حاصلضرب آن نرخ ثابت در ارزش دفتری سال قبل حاصل خواهد شد. حداکثر نرخ برابر $\frac{۲}{n}$ و یا در حقیقت دوبرابر نرخ خط مستقیم است. چنانچه نرخ برابر $\frac{۲}{n}$ فرض شود روش استهلاک را «روش موجودی نزولی دوبل»[2] می‌نامند. بدیهی است با نرخ $\frac{۲}{n}$ بیشترین مقادیر استهلاک در سالهای اول قرار خواهد گرفت. مقدار استهلاک و ارزش دفتری طبق روابط زیر قابل محاسبه هستند:

$$D_m = BV_{m-۱}(d) \qquad (۱۱\text{ـ}۷)$$

و

$$BV_m = P(۱-d)^m \qquad (۱۱\text{ـ}۸)$$

و یا

$$D_m = d.P(۱-d)^{m-۱} \qquad (۱۱\text{ـ}۹)$$

در روابط فوق d نرخ ثابت است. مقایسه روابط فوق با روشهای دیگر استهلاک، بازگوکننده این نکته است که ارزش اسقاطی نقشی در محاسبه مقادیر استهلاک ندارد و لذا هیچ دلیلی برای برابر شدن ارزش دفتری در سال آخر با ارزش اسقاطی وجود ندارد. تنها با انتخاب یک نرخ ثابت مناسب می‌توان به تساوی ارزش دفتری در سال آخر با ارزش اسقاطی رسید. با استفاده از رابطه (۱۱ـ۸) و تساوی قرار دادن ارزش اسقاطی با ارزش دفتری در سال آخر می‌توان به نرخ ثابت مربوطه دست یافت:

$$SV = BV_n = P(۱-d)^n \qquad (۱۱\text{ـ}۱۰)$$

$$d = ۱ - (\frac{SV}{P})^{۱/n} \qquad (۱۱\text{ـ}۱۱)$$

رابطه فوق زمانی صادق است که $SV > ۰$ باشد. نرخ ثابت فوق کمتر از $d = \frac{۲}{n}$ می‌باشد. چنانچه نرخ ثابت (d) برابر مقدار در رابطه (۱۱ـ۱۱) نباشد بنابراین $SV \neq BV_n$ می‌باشد و برای دستیابی به تساوی به تغییر روش استهلاک نیاز است.

---

1 - Declining Balance Method (DB)

2 - Double Declining Balance Method (DDB)

● مثال ۳ـ۱۱ـ با استفاده از اطلاعات مثال (۱ـ۱۱) و کاربرد رابطه (۱۱ـ۱۱) مقدار استهلاک سالیانه را محاسبه نمائید.

$$d = ۱ - (\frac{SV}{P})^{۱/n}$$

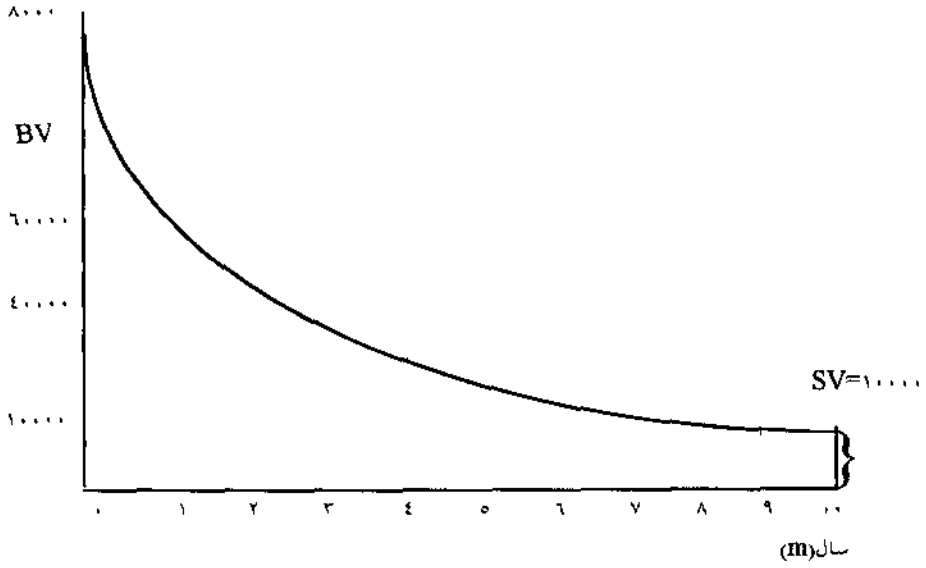
$$d = ۱ - (\frac{۱۰,۰۰۰}{۸۰,۰۰۰})^{۱/۱۰} = ۰/۱۸۸$$

حل: جدول زیر مقادیر استهلاک و ارزش دفتری سالیانه را نشان می‌دهد.

سال m	D_m	$BV_m = BV_{m-۱} - D_m$
۰	—	۸۰,۰۰۰
۱	۱۵,۰۴۰	۶۴,۹۶۰
۲	۱۲,۲۱۲	۵۲,۷۴۸
۳	۹,۹۱۷	۴۲,۸۳۱
۴	۸,۰۵۲	۳۴,۷۷۹
۵	۶,۵۳۸	۲۸,۲۴۱
۶	۵,۳۰۹	۲۲,۹۳۲
۷	۴,۳۱۱	۱۸,۶۲۱
۸	۳,۵۰۱	۱۵,۱۲۰
۹	۲,۸۴۳	۱۲,۲۷۷
۱۰	۲,۳۰۸	۹,۹۶۹

مقدار ارزش دفتری در سال دهم برابر ۹,۹۶۹ شده است. اگرچه این مقدار با $SV = ۱۰,۰۰۰$ به میزان ۳۱ اختلاف دارد و این اختلاف به دلیل اعشاری بودن d و گردشدن اعداد است، باید توجه داشت که اگر روش DDB یعنی $d = \frac{۲}{n} = \frac{۲}{۱۰} = ۰/۲$ انتخاب می‌شد نتایج با جدول فوق تفاوت داشت و از آنجا که $SV \neq BV_n$ می‌شد نیاز به تغییر روش استهلاک مشهود به نظر می‌رسید. شکل زیر (۳ـ۱۱) رابطه ارزش دفتری و

زمان (سال) را نشان می‌دهد و شکل کلی برای روش موجودی نزولی است وقتی d از رابطه (۱۱-۱۱) محاسبه شده باشد:



شکل (۳-۱۱)

تغییر روش موجودی نزولی به روش خطی

همانطور که اشاره شد چنانچه $BV_n \neq SV$ باشد برای رسیدن به تساوی بین SV و BV_n تغییر روش استهلاک از موجودی نزولی به روش خطی پیشنهاد می‌گردد. دو حالت

الف: $BV_n < SV$ و

ب: $BV_n > SV$

مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

الف: ارزش دفتری در سال آخر کوچکتر از ارزش اسقاطی است

در این حالت ارزش دفتری در سال آخر یا سالهای ماقبل آخر به مقداری کمتر از مقدار ارزش اسقاطی می‌رسد. شکل ۴-۱۱ حالت کلی را نشان می‌دهد. قاعده کلی برای

حل این‌گونه مسائل این است که از آن سالی که مقدار ارزش دفتری کمتر از مقدار ارزش اسقاطی شده است، پس از تصحیح، مقدار استهلاک را تعیین و مقادیر ارزش دفتری و ارزش‌اسقاطی را برابرکرد. بدیهی‌است مقداراستهلاک درسال‌های بعدصفر خواهد شد.

● مثال ۴-۱۱-هزینه اولیه یک ماشین تراش ۱۳۸,۰۰۰ واحد پولی است. پیش‌بینی شده است که پس از عمر مفید ۱۱ سال این ماشین دارای ارزش اسقاطی ۲۸,۰۰۰ واحد پولی باشد. مقادیر استهلاک و ارزش دفتری را در سالهای مختلف تعیین نمائید. روش استهلاک DDB فرض می‌شود.

$$d = \frac{۲}{n} = \frac{۲}{۱۱} = ۰/۱۸۲$$

حل: در جدول زیر (۴-۱۱) مقادیر استهلاک برای هر سال تعیین و سپس ارزش دفتری از رابطه $BV_m = BV_{m-۱} - D_m$ محاسبه شده است. این محاسبات تا سال هشتم ادامه داشته و در سال هشتم مشاهده می‌گردد که $BV_۸ < SV$ شده است:

سال m	D_m	BV_m
۰	—	۱۳۸,۰۰۰
۱	۲۵,۱۱۶	۱۱۲,۸۸۴
۲	۲۰,۵۴۵	۹۲,۳۳۹
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

جدول ۴-۱۱

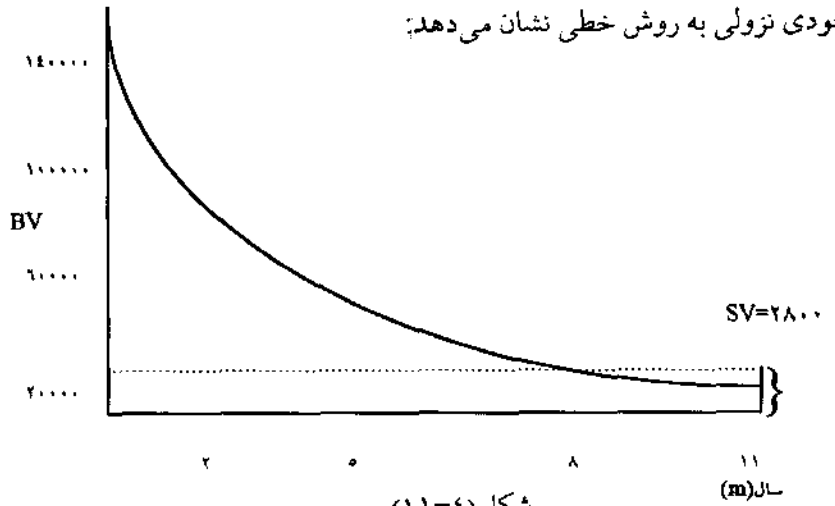
از آنجاکه $BV_8 < SV$ است باید عمل تصحیح صورت گیرد. مقدار ارزش دفتری در سال هشتم نباید از ارزش دفتری یعنی ۲۸,۰۰۰ واحد پولی کمتر شود. به عبارت دیگر مقدار استهلاک سال هشتم باید کمتر از ۶,۱۵۵ باشد. مقدار استهلاک در سال هشتم از تفاوت زیر حاصل می‌شود:

$$D_8 = ۳۳,۸۱۸ - ۲۸,۰۰۰ = ۵,۸۱۸$$

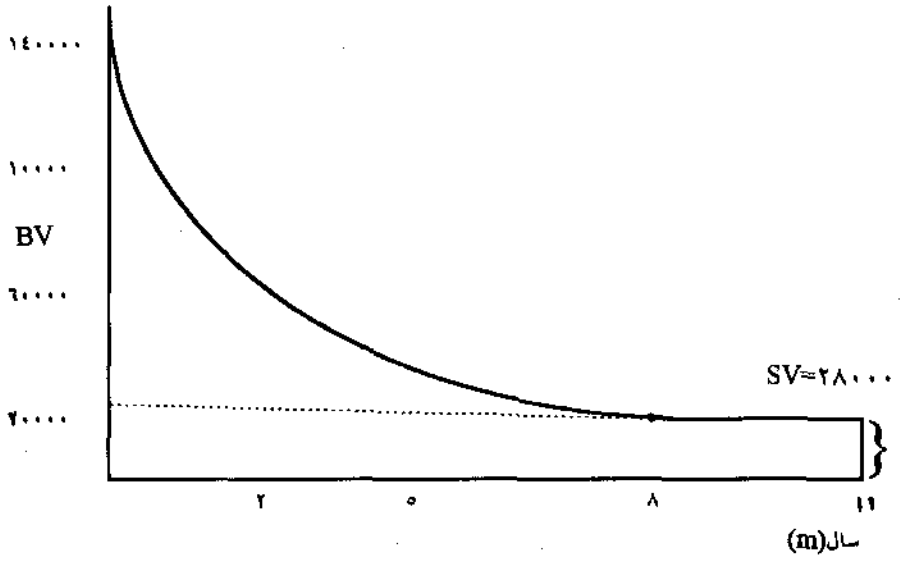
درزیر مقادیراستهلاک و ارزش‌دفتری‌ازسال هشتم‌تاسال‌یازدهم‌نشان‌داده‌شده است:

سال m	D_m	BV_m
۸	۵,۸۱۸	۲۸,۰۰۰
۹	۰	۲۸,۰۰۰
۱۰	۰	۲۸,۰۰۰
۱۱	۰	۲۸,۰۰۰

شکل (۴-۱۱) حالت کلی این‌گونه مسائل را قبل از تغییر روش استهلاک نشان می‌دهد. شکل (۵-۱۱) مقادیر ارزش دفتری را در هر سال پس از تغییر روش از موجودی نزولی به روش خطی نشان می‌دهد:



شکل (۴-۱۱)



شکل (٥-۱۱)

● مثال ۵ـ۱۱ـ با استفاده از اطلاعات مثال (۱ـ۱۱) و با استفاده از روش استهلاک موجودی نزولی دوبل مقادیر استهلاک و ارزش دفتری سالیانه را محاسبه نمائید.

حل:

$$d = \frac{۲}{n} = \frac{۲}{۱۰} = ۰/۲$$

جدول زیر، ۵ـ۱۱ ، مقادیر مربوطه را نشان می‌دهد:

کتابخانه مرکز آموزش عالی
رجاء
۲۰۹

سال m	D_m	BV_m
۰	—	۸۰,۰۰۰
۱	۱۶,۰۰۰	۶۴,۰۰۰
۲	۱۲,۸۰۰	۵۱,۲۰۰
۳	۱۰,۲۴۰	۴۰,۹۶۰
۴	۸,۱۹۲	۳۲,۷۶۸
۵	۶,۵۵۳	۲۶,۲۱۴
۶	۵,۲۴۳	۲۰,۹۷۱
۷	۴,۱۹۴	۱۶,۷۷۷
۸	۳,۳۵۵	۱۳,۴۲۲
۹	۲,۶۸۴	۱۰,۷۳۸
۱۰	۷۳۸	۱۰,۰۰۰

جدول ۵ـ۱۱

در حقیقت مقدار استهلاک در سال دهم برابر ۲,۱۴۷ = D_{10} می‌باشد (طبق رابطه ۷ـ۱۱). ولی اگر مقدار استهلاک برابر مقدار مذکور فرض شود ارزش دفتری در سال دهم به:

۱۰۷۳۸ − ۲,۱۴۷ = ۸,۵۹۱

می‌رسد و متفاوت با ارزش اسقاطی موردنظر یعنی ۱۰,۰۰۰ = SV می‌گردد، به همین دلیل تصحیح در سال دهم بعمل آمد و تفاوت:

۱۰,۷۳۸ − ۱۰,۰۰۰ = ۷۳۸

به عنوان استهلاک در سال دهم تعیین شد.

ب: ارزش دفتری در سال آخر بزرگتر از ارزش اسقاطی است

در بسیاری از مسائل مقدار ارزش دفتری در سال آخر بیش از مقدار ارزش اسقاطی تخمینی می‌شود و در حقیقت در طول عمر مفید مربوطه مقادیر ارزش دفتری و ارزش اسقاطی برابر نمی‌شوند. ابتدا با مثالی این حالت را بررسی و سپس تکنیک تغییر روش استهلاک از موجودی نزولی به خطی تشریح می‌گردد.

● مثال ۶ـ۱۱ـهزینه اولیه ماشینی ۹۰۰ واحد پولی با عمر مفید ۵ سال و ارزش اسقاطی ۳۰ واحد پولی پس از عمر ۵ سال است. با استفاده از موجودی نزولی دوبل مقادیر استهلاک و ارزش دفتری سالیانه را محاسبه نمائید.

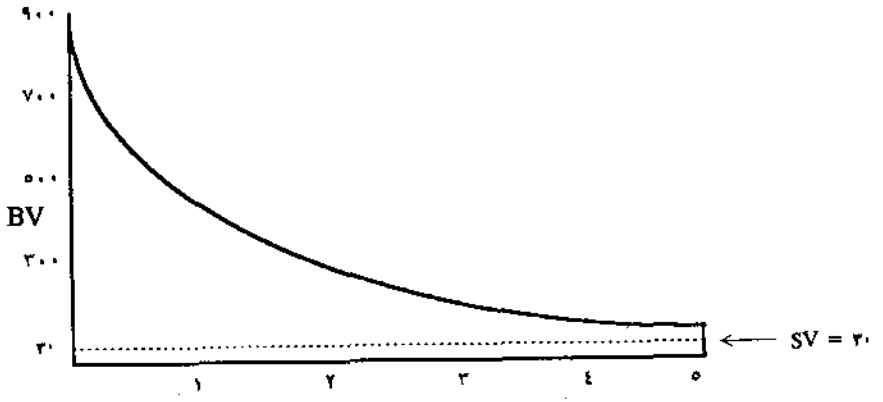
حل:

$$d = \frac{۲}{n} = \frac{۲}{۵} = ۰/۴$$

جدول زیر مقادیر مربوط را نشان می‌دهد:

m	D_m	BV_m
۰	—	۹۰۰
۱	۳۶۰	۵۴۰
۲	۲۱۶	۳۲۴
۳	۱۳۰	۱۹۴
۴	۷۸	۱۱۶
۵	۴۶	۷۰

مقدار واقعی ارزش اسقاطی برابر ۳۰ می‌باشد که متفاوت با ارزش دفتری در سال آخر است. شکل (۶ـ۱۱) نمایانگر مقادیر فوق است:



شکل (٦-١١)

برای برقراری رابطه $BV_5 = SV$ باید از یکی از سالها روش استهلاک را به روش خطی تغییر داد. انتخاب سال تغییر از حساسیت خاصی برخوردار است. اگرچه انتخاب اقتصادی‌ترین روش استهلاک در این فصل مورد بررسی قرار خواهد گرفت ولی بطور خلاصه باید گفت اقتصادی‌ترین روش استهلاک روشی است که بیشترین ارزش فعلی (PW) را دارا باشد. با این توضیح خلاصه، می‌توان به اقتصادی‌ترین سال تغییر پی برد. از آنجا که معین نیست تغییر از کدام سال باید صورت پذیرد، کلیه سالها مورد بررسی قرار می‌گیرند. طبق رابطه زیر مقدار استهلاک خطی در هر سال برای رسیدن به ارزش اسقاطی مذکور بدست می‌آید:

$$SL_J = \frac{BV_{J-1} - SV}{n - (J-1)} \qquad (11\text{-}2)$$

در جدول زیر (۶-۱۱) به ازاء مقادیر مختلف J مقدار SL محاسبه شده است J سال تغییر از روش موجودی نزولی به روش خط مستقیم فرض شده است:

سال (m)	J = ۱	J = ۲	J = ۳	J = ۴	J = ۵
۱	۱۷۴	۳۶۰	۳۶۰	۳۶۰	۳۶۰
۲	۱۷۴	۱۲۷/۵۰	۲۱۶	۲۱۶	۲۱۶
۳	۱۷۴	۱۲۷/۵۰	۹۸	۱۳۰	۱۳۰
۴	۱۷۴	۱۲۷/۵۰	۹۸	۸۲	۷۸
۵	۱۷۴	۱۲۷/۵۰	۹۸	۸۲	۸۶
	—	—	—	—	—
جمع	۸۷۰	۸۷۰	۸۷۰	۸۷۰	۸۷۰

جدول ۶ـ۱۱

محاسبات SL_j در زیر آمده است:

$$SL_۱ = \frac{۹۰۰ - ۳۰}{۵} = ۱۷۴$$

مفهوم $SL_۱$ چنین است که اگر تغییر از سال اول انجام شود مقدار استهلاک خطی ۱۷۴ می‌شود. بدیهی است که اصولاً سال اول نمی‌بایست مورد مطالعه قرار می‌گرفت زیرا مقدار ۱۷۴ مقدار استهلاک روش خط مستقیم است و از روش موجودی نزولی هیچ بهره‌ای گرفته نشده است.

$$SL_۲ = \frac{۵۴۰ - ۳۰}{۴} = ۱۲۷/۵$$

مفهوم ۱۲۷/۵ چنین است که اگر تغییر از سال دوم انجام شود با فرض اینکه مقدار استهلاک سال اول از روش DDB انتخاب شده، مقدار خطی ۱۲۷/۵ است و مقادیر استهلاک سالیانه در ستون سوم (J = ۲) جدول (۶ـ۱۱) نمایان است.

$$SL_۳ = \frac{۳۲۴ - ۳۰}{۳} = ۹۸$$

اگر تغییر از سال سوم صورت پذیرد مقادیر استهلاک سالهای اول و دوم از روش

DDB انتخاب شده و از سال سوم به بعد مقدار استهلاک خطی ۹۸ خواهد بود. ستون چهارم (J = ۴) نمایانگر مقادیر فوق است.

$$SL_۴ = \frac{۱۹۴ - ۳۰}{۳} = ۸۲$$

اگر تغییر از سال چهارم صورت پذیرد مقادیر استهلاک سال‌های اول تا سوم از روش DDB انتخاب شده و از سال چهارم به بعد مقدار استهلاک خطی ۸۲ خواهد بود. ستون پنجم (J = ۴) نشان‌دهنده مقادیر فوق است.

$$SL_۵ = \frac{۱۱۶ - ۳۰}{۱} = ۸۶$$

اگر تغییر در سال پنجم صورت پذیرد مقادیر استهلاک سالهای اول تا چهارم از روش DDB انتخاب شده و مقدار استهلاک خطی سال پنجم ۸۶ خواهد بود. ستون آخر (J = ۵) نشان‌دهنده مقادیر مربوطه است.

اما کدام سال را بعنوان سال تغییر روش انتخاب نمائیم؟ ابتدا اطلاعات را به صورت زیر خلاصه می‌کنیم:

سال (m)	D_m	SL_m
۱	۳۶۰	۱۷۴
۲	۲۱۶	۱۲۷/۵
۳	۱۳۰	۹۸
۴	۷۸	۸۲
۵	۴۶	۸۶

رابطه زیر زمان تغییر روش موجودی نزولی به خطی را تعیین می‌کند. اگر:

$$SL_m > D_m \qquad m = j \qquad (۱۱-۱۳)$$

باشد، m نشان‌دهنده سال تغییر خواهد بود. طبق جدول فوق سال تغییر سال چهارم می‌باشد. جدول نهائی زیر مقادیر واقعی استهلاک و ارزش دفتری را نشان می‌دهد:

سال (m)	D_m	BV_m
۰	—	۹۰۰
۱	۳۶۰	۵۴۰
۲	۲۱۶	۳۲۴
۳	۱۳۰	۱۹۴
۴	۸۲	۱۱۲
۵	۸۲	۳۰

همانطور که مشاهده می‌شود مقدار ارزش اسقاطی در پایان سال پنجم با ارزش دفتری برابر شده است. باید توجه داشت، اگرچه $SL_5 > SL_4$ (۸۶ > ۸۲) می‌باشد ولی اگر تغییر از سال چهارم انجام پذیرد، ارزش فعلی مقادیر استهلاک بیشتر است از آنکه تغییر در سال پنجم صورت گیرد.

● مثال ۷ـ۱۱ـ قیمت خرید و نصب یک سیستم آبیاری ۸۲,۰۰۰ واحد پولی با عمر مفید ۷ سال و ارزش اسقاطی ۵,۰۰۰ واحد پولی است. مقادیر استهلاک سالیانه را با استفاده از روش DDB محاسبه نمائید و در صورت نیاز به روش خط مستقیم تغییر دهید.

حل: مقادیر استهلاک و ارزش دفتری سالیانه در جدول زیر آمده است:

سال (m)	D_m	BV_m
۰	—	۸۲,۰۰۰
۱	۲۳,۴۲۸/۵۷	۵۸,۵۷۱/۴۳
۲	۱۶,۷۳۴/۶۹	۴۱,۸۳۶/۷۴
۳	۱۱,۹۵۳/۳۵	۲۹,۸۸۳/۳۹
۴	۸,۵۳۸/۱۱	۲۱,۳۴۵/۲۸
۵	۶,۰۹۸/۶۵	۱۵,۲۴۶/۶۴
۶	۴,۳۵۶/۱۸	۱۰,۸۹۰/۴۵
۷	۳,۱۱۱/۵۶	۷,۷۷۸/۸۹

مشاهده می‌گردد که ارزش دفتری در سال آخر از ارزش اسقاطی بیشتر است و تغییر روش ضروری به نظر می‌رسد. جدول زیر شامل SL_m ، D_m تصحیح شده و BV_m تصحیح شده است. تغییر از سال ششم انجام می‌شود:

سال m	D_m	SL_m	D_m تصحیح‌شده	BV_m تصحیح شده
۰	—	—	—	۸۲,۰۰۰
۱	۲۳,۴۲۸/۵۷	۱۱,۰۰۰	۲۳,۴۸۸/۵۷	۵۸,۵۷۱/۴۳
۲	۱۶,۷۳۴/۶۹	۸,۹۲۸/۵۷	۱۶,۷۳۴/۶۹	۴۱,۸۳۶/۷۴
۳	۱۱,۹۵۳/۳۵	۷,۳۶۷/۳۵	۱۱,۹۵۳/۳۵	۲۹,۸۸۳/۳۹
۴	۸,۵۳۸/۱۱	۶,۲۲۰/۸۵	۸,۵۳۸/۱۱	۲۱,۳۴۵/۲۸
۵	۶,۰۹۸/۶۵	۵,۴۴۸/۴۲	۶,۰۹۸/۶۵	۱۵,۲۴۶/۶۳
۶	۴,۳۵۶/۱۸	۵,۱۲۳/۳۱	۵,۱۲۳/۳۱	۱۰,۱۲۳/۳۱
۷	۳,۱۱۱/۵۶	۵,۱۲۳/۳۱	۵,۱۲۳/۳۱	۵,۰۰۰

۴ـ روش وجوه استهلاکی

روش «استهلاک وجوه استهلاکی»[1] برخلاف دو روش تشریح شده قبل بدین‌ترتیب بنا شده است که مقدار استهلاک در سال اول کمترین مقدار و بتدریج افزایش یافته تا جائی که در سال آخر بیشترین مقدار استهلاک را خواهد داشت. شاید این روش بنظر منطقی بیاید که مثلاً وقتی ماشینی خریداری می‌گردد در سال اول کمتر مستهلک شده و هرچه عمر کارکرد ماشین بیشتر شود ماشین بیشتر مستهلک شود ولی از آنجا که هدف موسسات، ماکزیمم کردن سود است باید اقتصادی‌ترین روش استهلاک را انتخاب نمایند و روش وجوه استهلاکی یک روش اقتصادی نیست. روابط زیر مقادیر استهلاک و ارزش دفتری سالیانه را در این روش معین می‌نماید:

$$D_m = (P - SV)\ (A/F,i\%,n)\ (F/P,i\%,m-1) \qquad (۱۱\text{ـ}۱۴)$$

$$BV_m = P - (P - SV)\ (A/F,i\%,n)\ (F/A,i\%,m) \qquad (۱۱\text{ـ}۱۵)$$

و فلسفه روابط فوق این است که موسسه هر سال یک مقدار یکنواخت (A) سپرده را کنار می‌گذارد تا پس از عمر مفید دارائی با حداقل نرخ جذب کننده (i%) برابر (P – SV) گردد. مقدار سپرده یکنواخت عبارت است از:

$$A = (P - SV)\ (A/F,i\%,n) \qquad (۱۱\text{ـ}۱۶)$$

از این مقدار سپرده یکنواخت در روابط (۱۱ـ۱۴)، (۱۱ـ۱۵) استفاده شده است.

● مثال ۱۱ـ۸ـ با استفاده از اطلاعات مثال (۱۱ـ۱) و روش وجوه استهلاکی، مقادیر استهلاک و ارزش دفتری را تعیین نمائید. حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ در سال فرض می‌شود.

حل: با استفاده از رابطه (۱۱ـ۱۴) مقادیر استهلاک سالیانه محاسبه و سپس مقادیر ارزش

1 - Sinking Fund Method (SF)

دفتری تعیین می‌شود:

سال (m)	D_m	BV_m
۰	—	۸۰,۰۰۰
۱	۴,۳۹۲/۵	۷۵,۶۰۷/۵
۲	۴,۸۳۱/۷۵	۷۰,۷۷۵/۷۵
۳	۵,۳۱۴/۹۳	۶۵,۴۶۳/۸۲
۴	۵,۸۴۶/۴۲	۵۹,۶۱۴/۴
۵	۶,۴۳۱/۰۶	۵۳,۱۸۳/۳۴
۶	۷,۰۷۴/۱۲	۴۶,۱۰۹/۲۲
۷	۷,۷۸۱/۷۵	۳۸,۳۲۷/۴۷
۸	۸,۵۵۹/۶۷	۲۹,۷۶۷/۸
۹	۹,۴۱۵/۷۶	۲۰,۳۵۲/۰۴
۱۰	۱۰,۳۵۷/۰۸	۹,۹۹۴/۹۶

در این روش، ارزش دفتری در سال آخر برابر با ارزش اسقاطی می‌گردد. در مثال فوق به علت وجود نرخ ۱۰٪ و اعشار اعداد، ارزش دفتری سال آخر دقیقاً برابر SV = ۱۰,۰۰۰ نشده است ولی تقریباً برابرند.

۵ـ روش تعداد تولید

در روش «استهلاک براساس تعداد تولید»[1] مقدار ثابتی استهلاک برای هر واحد تولید شده در نظر گرفته می‌شود. مقدار استهلاک هر سال عبارت است از نسبت تولید آن سال به کل تولید مورد انتظار ضرب در تفاوت "P – SV":

$$D_m = (P - SV)\frac{U_m}{U}$$

1 - Units of Production Method

در رابطهٔ فوق:

U_m = تولید در سال m

U = کل تولید موردانتظار

این روش استهلاک، روشی مناسب برای محاسبه استهلاک ماشین‌آلات و تجهیزات معدن، نفت، گاز و چوب است.

● مثال ۹-۱۱- قیمت یک ماشین حفاری جهت استخراج ذغال سنگ برابر ۲,۰۰۰,۰۰۰ واحد پولی است، ارزش اسقاطی این ماشین پس از ۵ سال ۴۰۰,۰۰۰ خواهد بود. برنامه تولیدی جهت استخراج ذغال سنگ در پنج سال آینده بشرح زیر است:

سال m	U_m برحسب تن
۱	۲,۰۰۰
۲	۴,۰۰۰
۳	۸,۰۰۰
۴	۱۶,۰۰۰
۵	۱۰,۰۰۰
	U = ۴۰,۰۰۰

حل: جدول زیر مقدار استهلاک سالیانه همراه با ارزش دفتری را نشان می‌دهد.

m	D_m	BV_m
۰	—	۲,۰۰۰,۰۰۰
۱	۸۰,۰۰۰	۱,۹۲۰,۰۰۰
۲	۱۶۰,۰۰۰	۱,۷۶۰,۰۰۰
۳	۳۲۰,۰۰۰	۱,۴۴۰,۰۰۰
۴	۶۴۰,۰۰۰	۸۰۰,۰۰۰
۵	۴۰۰,۰۰۰	۴۰۰,۰۰۰

۶ـ روش مدت عملیات

در روش «استهلاک براساس مدت عملیات»[1] مقدار ثابتی استهلاک برای هر روز یا ساعت عملیاتی در نظر گرفته می‌شود. رابطه زیر شبیه رابطه (۱۷ـ۱۱) می‌باشد:

$$D_m = (P - SV)\frac{Q_m}{Q} \qquad (۱۱\text{-}۱۸)$$

Q_m = مدت عملیات (روز یا ساعت) در سال m

Q = کل مدت عملیات (روز یا ساعت) در طول عمر مفید

انتخاب روش استهلاک

پس از تشریح روشهای مختلف استهلاک از آنجاکه در کلیه روشها تفاوت "P – SV" در طول عمر مفید دارائی توزیع گردیده است شاید بنظر آید که عملکرد آنها یکسان است. در حالیکه با توجه به عملکرد متفاوت هر روش، انتخاب روش استهلاک مناسب از حساسیت زیادی برخوردار است. عملکرد روشهای مختلف استهلاک در فصل آینده تشریح و نقش اصلی استهلاک در تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از مالیات روشن خواهد شد. نکته مهم این است که استهلاک نقشی اساسی در صرفه‌جوئی مالیاتی[2] دارد. صرفه‌جوئی مالیاتی که در فصل آینده مورد بررسی قرار خواهد گرفت حاصلضرب مقدار استهلاک سالیانه در نرخ مالیاتی است. زمانی می‌توان از این صرفه‌جوئی مالیاتی که نوعی درآمد محسوب می‌شود بیشترین استفاده را برد که با توجه به ارزش زمانی پول، بیشترین مقادیر استهلاک در سالهای اول (نیمه اول عمر مفید) متمرکز باشند. به عبارت دیگر ارزش فعلی مقادیر استهلاک باید محاسبه گردد.

بطور خلاصه اگر موسسه‌ای در حال انتخاب روش استهلاک مناسب برای یک یا چند دارائی باشد و چنانچه طبق قوانین و مقررات مالیاتی حق انتخاب هر روشی را داشته باشد، بهترین طریق مقایسه روشهای مختلف استهلاک استفاده از رابطه زیر است:

---

1 - Operating Time Method 2 - Tax Saving

$$PW = \sum_{m=1}^{n} D_m \, (P/F , i\% , m) \qquad (۱۱\text{-}۱۹)$$

و یا

$$EUA = PW \, (A/P , i\% , n) \qquad (۱۱\text{-}۲۰)$$

با استفاده از روابط فوق می‌توان ارزش فعلی و یا ارزش یکنواخت سالیانه مقادیر استهلاک را مقایسه نمود و روشی که بالاترین PW یا EUA را حاصل کرد اقتصادی‌ترین روش شناخته می‌شود. بدیهی است اقتصادی‌ترین روش، بالاترین میزان صرفه‌جوئی مالیاتی را نصیب موسسه می‌نماید. در فصل آینده فرمولهای فوق بصورت ساده‌ای همراه با نرخ مالیاتی ارائه خواهد شد. با توجه به ثابت بودن کلیه پارامترها نظیر هزینه اولیه، درآمد سالیانه، هزینه سالیانه، ارزش اسقاطی و عمر مفید و غیره، عامل صرفه‌جوئی مالیاتی نقشی اساسی در مقایسه اقتصادی پروژه‌ها خواهد داشت.

مسائل فصل یازدهم

● ۱-۱۱-یک کامیون حمل مواد به قیمت ۳۷۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری شده است. در پایان عمر مفید این کامیون که چهار سال است می‌توان آن را ۴۰,۰۰۰ واحد پولی فروخت. مقدار استهلاک سالیانه را با استفاده از روشهای زیر تعیین کنید:

۱-روش خط مستقیم

۲-روش جمع ارقام سنوات

۳-روش موجودی نزولی دوبل. اگر نیازی به تغییر روش است تغییر را انجام دهید.

● ۲-۱۱-یک کارخانه پرسکاری در حال بررسی یک روش استهلاک مناسب برای یک پرس ضربه‌ای جدید است. این پرس به قیمت ۵۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری گشته است. ارزش اسقاطی این پرس پس از ده سال برابر با ۸,۰۰۰ واحد پولی است. اگر حداقل نرخ جذب کننده این کارخانه ۸٪ فرض شود، مقدار استهلاک سالیانه را با استفاده از روشهای زیر تعیین کنید.

۱-روش خط مستقیم

۲-روش جمع ارقام سنوات

۳-روش وجوه استهلاکی

۴-روش موجودی نزولی دوبل. اگر نیازی به تغییر روش است تغییر را انجام دهید.

● ۳-۱۱-کارخانه‌ای یک ماشین تراش را به قیمت ۷۶,۰۰۰ واحد پولی خریداری می‌نماید. ارزش اسقاطی این ماشین پس از هشت سال برابر ۴,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. با استفاده از روشهای استهلاکی زیر مقادیر استهلاک و ارزش دفتری را برای هر سال محاسبه نمائید و روی دو محور X و Y دو عامل سال و ارزش دفتری را نمایش دهید.

۱-روش خط مستقیم

۲-روش جمع ارقام سنوات

۳ـروش موجودی نزولی دوبل با تغییر روش به خط مستقیم.

● ۴ـ۱۱ـ یک دستگاه تبدیل زباله به کود به مبلغ ۸۴۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری شده است. اگر ارزش اسقاطی این دستگاه پس از شش سال ۵۰,۰۰۰ واحد پولی باشد، اقتصادی‌ترین روش استهلاک را تعیین نمائید. حداقل نرخ جذب کننده را ۶٪ فرض نمائید.

● ۵ـ۱۱ـ شرکت تولیدی کفش «گل فرم» ساختمانی را به قیمت ۱,۵۵۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری می‌نماید. ارزش اسقاطی این ساختمان پس از ۲۵ سال ۶۵۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. روش استهلاک موجودی نزولی دوبل فرض می‌شود. در چه سالی تغییر به روش خطی صورت می‌گیرد، محاسبات را انجام دهید.

● ۶ـ۱۱ـ یک شرکت ساختمانی برای آسفالت یک جاده به ماشین‌آلات و تجهیزات آسفالت به قیمت ۶۰۰,۰۰۰ واحد پولی نیاز دارد. ساعات کار در سال برای ماشین‌آلات در ۸ سال آینده بصورت زیر خواهد بود:

سال	ساعت در سال
۱	۳,۰۰۰
۲	۴,۰۰۰
۳	۴,۰۰۰
۴	۱,۶۰۰
۵	۱,۸۰۰
۶	۱,۸۰۰
۷	۲,۲۰۰
۸	۲,۲۰۰

اگر در پایان کار آسفالت این جاده که هشت سال تخمین زده شده است ماشین‌آلات دارای ارزش اسقاطی ۶۰,۰۰۰ واحد پولی باشد محاسبات زیر را انجام دهید:

۱ـ مقادیر استهلاک و ارزش دفتری را با استفاده از روش SOYD

۲ـ مقادیر استهلاک و ارزش دفتری را با استفاده از روش استهلاک براساس مدت عملیات.

۳ـ کدامیک از روشهای استهلاک فوق اقتصادی‌ترند؟ MARR = ٪۱۰

● ۷ـ۱۱ـ یک شرکت استخراج سنگهای ساختمانی، ماشین‌آلات جدیدی جهت حفاری را به قیمت ۱,۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری نموده است. ارزش اسقاطی این ماشین‌آلات بعد از ۸ سال، مبلغ ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. ظرفیت تولیدی این ماشین‌آلات در هشت سال آینده به شرح زیر است:

سال	تولید برحسب تن
۱	۵,۰۰۰
۲	۶,۰۰۰
۳	۸,۰۰۰
۴	۱۰,۰۰۰
۵	۱۲,۰۰۰
۶	۱۰,۰۰۰
۷	۸,۰۰۰
۸	۶,۰۰۰

مقادیر استهلاک و ارزش دفتری را با استفاده از روشهای SOYD و روش استهلاک براساس تولید محاسبه و اقتصادی‌ترین روش را انتخاب نمائید. MARR = ٪۸

● ۸ـ۱۱ـاقتصادی‌ترین روش استهلاک در مسئله (۱ـ۱۱) کدام روش است؟ حداقل نرخ جذب کننده را ۱۵٪ فرض کنید.

● ۹ـ۱۱ـاقتصادی‌ترین روش استهلاک در مسئله (۲ـ۱۱) کدام روش است؟ حداقل نرخ جذب کننده را برابر ۱۸٪ فرض کنید.

● ۱۰ـ۱۱ـاقتصادی‌ترین روش استهلاک را در مسئله شماره (۳ـ۱۱) تعیین کنید. حداقل نرخ جذب کننده را ۲۰٪ فرض کنید.

فصل دوازدهم

تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات

مقدمه

در فصلهای ششم تا دهم تکنیکهای مختلف اقتصاد مهندسی برای مقایسه اقتصادی پروژه‌های صنعتی تشریح شدند. در فصلهای مذکور عواملی نظیر استهلاک و نرخ مالیات در نظر گرفته نشدند و مقایسه پروژه‌ها بدون درنظر گرفتن دو پارامتر نامبرده صورت پذیرفت. اما از آنجاکه موسسات تولیدی و صنعتی ملزم به پرداخت مالیات بر درآمد هستند تحلیل اقتصادی پروژه‌ها شکل جدیدی به خود می‌گیرند. اگرچه تکنیکهای بحث شده در فصول گذشته همچنان بعنوان تکنیکهای مقایسه اقتصادی کاربرد دارند ولی نقش دو پارامتر استهلاک و نرخ مالیات را نباید از نظر دور داشت و در حقیقت تکنیکهای یادشده با دو پارامتر مذکور ترکیب شده و فصل جدیدی بنام تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات پایه‌گذاری می‌گردد. این تجزیه و تحلیل براساس محاسبه درآمد خالص صورت می‌گیرد.

محاسبه درآمد خالص یا فرآیند مالی بعد از کسر مالیات

محاسبه درآمد خالص از مراحل زیر تشکیل شده است:

۱ـ محاسبه فرآیند مالی قبل از کسر مالیات

۲ـ محاسبه استهلاک

۳ـ محاسبه درآمد مشمول مالیات

۴ـ محاسبه مالیات

۵ـ محاسبه درآمد خالص یا فرآیند مالی بعد از کسر مالیات

روابط لازم جهت محاسبه درآمد خالص بعد از کسر مالیات به ترتیب زیر است. کلیه عوامل در روابط زیر برحسب سال می‌باشند.

هزینه‌های عملیاتی[1] ـ درآمد ناخالص[2] = فرآیند مالی قبل از مالیات[3]

$$CFBT = GI - OC \qquad (۱۲-۱)$$

درآمد ناخالص (GI)، درآمد حاصل از فروش سالیانه و هزینه‌های عملیاتی (OC) شامل هزینه‌های مربوط به مواد، نیروی انسانی و انرژی و سایر هزینه‌های سالیانه می‌باشد.

درآمد مشمول مالیات عبارت است از:

استهلاک ـ فرآیند مالی قبل از مالیات = درآمد مشمول مالیات[4]

$$IT = CFBT - D \qquad (۱۲-۲)$$

رابطهٔ (۱۲ـ۲) بصورت زیر نیز نوشته می‌شود:

$$IT = GI - OC - D \qquad (۱۲-۳)$$

مقدار مالیات از رابطه زیر بدست می‌آید:

نرخ مالیات[5] × درآمد مشمول مالیات = مالیات[6]

$$TX = IT \cdot TR \qquad (۱۲-۴)$$

درآمد خالص یا فرآیند مالی بعد از کسر مالیات از رابطهٔ زیر حاصل می‌شود:

مالیات ـ فرآیند مالی قبل از کسر مالیات = درآمد خالص[7]

$$CFAT = CFBT - TX \qquad (۱۲-۵)$$

بطورکلی روابط زیر برای محاسبه درآمد خالص استفاده می‌شوند:

$$CFAT = CFBT - (CFBT - D)\ TR \qquad (۱۲-۶)$$

$$CFAT = CFBT\ (۱ - TR) + D.TR \qquad (۱۲-۷)$$

---

1 - Operating Costs
2 - Gross Income
3 - Cash Flow Before Tax
4 - Taxable Income
5 - Tax Rate
6 - Tax
7 - Cash Flow After Tax

اگر برای تحلیل اقتصادی پروژه از روش ارزش فعلی استفاده شود رابطه زیر باید محاسبه شود:

$$NPW = -P + \sum_{j=1}^{n} CFAT_j \ (P/F \ ، i\% \ ، j) \qquad (۱۲-۸)$$

اگر $NPW \geq 0$ باشد پروژه اقتصادی و در غیراینصورت پروژه غیراقتصادی است.

اگر برای تحلیل پروژه از روش یکنواخت خالص سالیانه استفاده شود:

$$NEUA = NPW \ (A/P \ ، i\% \ ، n) \qquad (۱۲-۹)$$

و اگر $NEUA \geq 0$ باشد پروژه اقتصادی و در غیر اینصورت پروژه غیراقتصادی است.

● مثال ۱-۱۲- خصوصیات پروژه‌ای بشرح زیر است:

$P = ۵۰,۰۰۰$

$SV = ۰$

$N = ۵$

$K = ۱, ۲, ۳, ۴, ۵$

درآمد سالیانه (GI) $= ۲۸,۰۰۰ - ۱,۰۰۰ K_t$

هزینه سالیانه (OC) $= ۹,۵۰۰ + ۵۰۰ K$

روش استهلاک خط مستقیم و نرخ مالیات ۴۰٪ فرض می‌شود. اولاً درآمد خالص سالیانه را تعیین نمائید. ثانیاً اگر حداقل نرخ جذب کننده ۷٪ در نظر گرفته شود آیا این پروژه اقتصادی است؟

حل: جدول (۱-۱۲) مراحل محاسبه درآمد خالص CFAT را نشان می‌دهد. محاسبه استهلاک نیز در جدول نشان داده شده است.

سال	(۱) GI درآمد سالیانه	(۲) OC هزینه سالیانه	(۳) CFBT (۲) - (۱) = (۳)	(۴) D استهلاک	(۵) IT (۴) - (۳) = (۵)	(۶) TX (۵) ۰/۴ = (۶)	(۷) CFAT (۶) - (۳) = (۷)
۰	—	۵۰۰۰۰	-۵۰۰۰۰	—	—	—	-۵۰۰۰۰
۱	۲۷۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۷۰۰۰	۱۰۰۰۰	۷۰۰۰	۲۸۰۰	۱۴۲۰۰
۲	۲۶۰۰۰	۱۰۵۰۰	۱۵۵۰۰	۱۰۰۰۰	۵۵۰۰	۲۲۰۰	۱۳۳۰۰
۳	۲۵۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۴۰۰۰	۱۰۰۰۰	۴۰۰۰	۱۶۰۰	۱۲۴۰۰
۴	۲۴۰۰۰	۱۱۵۰۰	۱۲۵۰۰	۱۰۰۰۰	۲۵۰۰	۱۰۰۰	۱۱۵۰۰
۵	۲۳۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۴۰۰	۱۰۶۰۰

$$D = \frac{P\text{-}SV}{N} = \frac{۵۰۰۰۰}{۵} = ۱۰۰۰۰$$

جدول ۱ـ۱۲

چنانچه از رابطه (۸-۱۲) استفاده شود خواهیم داشت:

$$NPW = -۵۰,۰۰۰ + ۱۴,۲۰۰ (P/F ، ٪۷ ، ۱) + ۱۳,۳۰۰ (P/F ، ٪۷ ، ۲) +$$
$$+ ۱۲,۴۰۰ (P/F ، ٪۷ ، ۳) + ۱۱,۵۰۰ (P/F ، ٪۷ ، ۴) + ۱۰,۶۰۰ (P/F ، ٪۷ ، ۵)$$

و رابطه ۹-۱۲

$$NPW = ۱,۳۴۰/۸۱$$

$$NEUA = ۱,۳۴۰/۸۱ (A/P ، ٪۷ ، ۵)$$

$$NEUA = ۳۲۷$$

پروژه مذکور با حداقل نرخ جذب کننده ٪۷ اقتصادی است.

مقایسه اقتصادی پروژه‌ها بعد از کسر مالیات

علاوه بر روابط (۸-۱۲) و (۹-۱۲) که به ترتیب از روشهای ارزش فعلی خالص و یکنواخت خالص سالیانه استفاده شده است، از روش نرخ بازگشت سرمایه نیز می‌توان برای مقایسه اقتصادی پروژه‌ها کمک گرفت. اگر محاسبه نرخ بازگشت سرمایه براساس روش ارزش فعلی خالص صورت گیرد رابطه زیر باید تشکیل شود:

$$- P + \sum_{j=۱}^{n} CFAT_j (P/F , i\% , j) = ۰ \qquad (۱۲-۱۰)$$

رابطه زیر محاسبه نرخ بازگشت سرمایه را با استفاده از روش یکنواخت خالص سالیانه ارائه می‌کند:

$$[- P + \sum_{j=۱}^{n} CFAT_j (P/F , i\% , j)] (A/P , i\% , n) = ۰ \qquad (۱۲-۱۱)$$

چنانچه مقایسه بین چند پروژه صورت گیرد با توجه به توضیحات کافی در فصل هشتم (نرخ بازگشت سرمایه) از تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی باید کمک گرفت. طبیعی است عمر پروژه‌ها در تعیین روش مناسب برای مقایسه اقتصادی نقش اساسی را دارند. پروژه‌ها با عمرهای متفاوت می‌توانند با استفاده از رابطه (۹-۱۲)، یکنواخت خالص سالیانه بعد از مالیات، بررسی اقتصادی شوند.

● مثال ۲ـ۱۲ـ اطلاعات زیر در مورد پروژه‌ای در دست است. هزینه اولیه ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی، ارزش اسقاطی ۱۰,۰۰۰ واحد پولی، عمر مفید ۹ سال، فرآیند مالی قبل از مالیات برابر ۲۰,۰۰۰ واحد پولی در سال، نرخ مالیات ۵۰٪ و روش استهلاک خط مستقیم‌است. اگرحداقل نرخ جذب‌کننده ۱۰٪ فرض شود آیا این پروژه اقتصادی است؟

حل: ابتدا جدول بعد از مالیات را تشکیل می‌دهیم و سپس از روش نرخ بازگشت سرمایه برای محاسبه ROR استفاده می‌شود:

سال	CFBT	D	IT	TX	CFAT
۰	−۱۰۰,۰۰۰	–	–	–	−۱۰۰,۰۰۰
۱ـ۹	۲۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۵,۰۰۰
۹	۱۰,۰۰۰				۱۰,۰۰۰

همانطور که در جدول فوق ملاحظه می‌شود ارزش اسقاطی بصورت یک عامل مستقل در سال نهم در ستونهای CFBT و CFAT نمایان است. با استفاده از رابطه (۱۰ـ۱۲) ارزش فعلی خالص تشکیل می‌شود:

$$-۱۰۰,۰۰۰ + ۱۵,۰۰۰\,(P/A, i\%, ۹) + ۱۰,۰۰۰\,(P/F, i\%, ۹) = ۰$$

$$ROR = ٪۷/۷$$

و از آنجاکه ROR < MARR است پروژه اقتصادی نیست.

نقش مالیات در بررسیهای اقتصادی

مالیات، سوددهی طرحها راکاهش می‌دهد. در حقیقت با پرداخت مالیات، جذابیت اقتصادی طرح کاهش می‌یابد. ارزش فعلی خالص، یکنواخت خالص سالیانه و نرخ بازگشت سرمایه طرحها بعد از پرداخت مالیات کاهش می‌یابند.

● ۳ـ۱۲ـ اطلاعات زیر در مورد پروژه‌ای در دست است:

$$P = ۳۰,۰۰۰ \quad ، \quad CFBT = ۸,۰۰۰$$

روش استهلاک خط مستقیم است $SV = ۷,۵۰۰$ ، $N = ۵$ ، $TR = ٪۴۶$
نرخ بازگشت سرمایه قبل و بعد از کسر مالیات را حساب کنید.

حل: نرخ بازگشت سرمایه قبل از کسر مالیات از رابطه زیر حاصل خواهد شد:

$$-۳۰,۰۰۰ + ۸,۰۰۰ (P/A ، i\% ، ۵) + ۷,۵۰۰ (P/F ، i\% ، ۵) = ۰$$

$ROR = ٪۱۵/۷۵$

مقدار استهلاک سالیانه عبارت است از:

$$D = \frac{۳۰,۰۰۰ - ۷,۵۰۰}{۵} = ۴,۵۰۰$$

جدول زیر مقادیر درآمد خالص سالیانه را محاسبه می‌نماید:

سال	CFBT	D	IT	TX	CFAT
۰	-۳۰,۰۰۰	—	—	—	-۳۰,۰۰۰
۱-۵	۸,۰۰۰	۴,۵۰۰	۳,۵۰۰	۱,۶۱۰	۶,۳۹۰
۵	۷,۵۰۰				۷,۵۰۰

و نرخ بازگشت سرمایه بعد از مالیات از رابطه زیر حاصل خواهد شد:

$$-۳۰,۰۰۰ + ۶,۳۹۰ (P/A ، i\% ، ۵) + ۷,۵۰۰ (P/F ، i\% ، ۵) = ۰$$

$ROR = ٪۸/۷$

اگر روابط مربوط به محاسبه نرخ بازگشت سرمایه، قبل و بعد از مالیات مقایسه شود، مشاهده می‌شود که مقدار درآمد سالیانه ۸,۰۰۰ واحد پولی و درآمد خالص سالیانه ۶,۳۹۰ واحد پولی با هم متفاوت‌اند و این تفاوت باعث کاهش نرخ بازگشت سرمایه و اصولاً سوددهی طرح شده است. بطورکلی هرچه نرخ مالیات کمتر باشد سوددهی طرح بیشتر و نهایتاً طرح اقتصادی‌تر است.

● مثال ۴-۱۲- دو مدل ماشین بسته‌بندی برای خرید پیشنهاد شده‌اند. روش استهلاک خط مستقیم و نرخ مالیات ٪۵۲ فرض می‌شود و درآمد ناخالص (GI) در هر دو ماشین

یکسان است. این دو ماشین را از نظر پرداخت مالیات مقایسه و برتری یک طرح را از نظر مالیات بر دیگری تعیین نمائید.

	FIX	WON
هزینه اولیه	۲۷۰,۰۰۰	۳۲۵,۰۰۰
هزینه سالیانه	۱۰,۰۰۰	۳۰,۰۰۰
ارزش اسقاطی	۰	۱۵۰,۰۰۰
عمر مفید	۶	۶

حل: ابتدا استهلاک هر ماشین را محاسبه می‌نمائیم و سپس در رابطه (۳-۱۲) و (۲-۱۲) قرار می‌دهیم:

$$D_{WON} = \frac{۳۲۵,۰۰۰ - ۱۵۰,۰۰۰}{۶} = ۲۹,۱۶۷$$

$$D_{FIX} = \frac{۲۷۰,۰۰۰}{۶} = ۴۵,۰۰۰$$

$$TX_{WON} = (GI - OC - D)\ TR = (GI - ۳۰,۰۰۰ - ۲۹,۱۶۷)(۰/۵۲)$$

$$TX_{FIX} = (GI - ۱۰,۰۰۰ - ۴۵,۰۰۰)\ (۰/۵۲)$$

$$T_{WON} - TX_{FIX} = (GI - ۳۰,۰۰۰ - ۲۹,۱۶۷ - GI + ۱۰,۰۰۰ + ۴۵,۰۰۰)\ (۰/۵۲)$$

$$= (-۴,۱۶۷)\ (۰/۵۲) = -۲,۱۶۷$$

علامت منفی نشان‌دهنده این است که ماشین FIX مبلغ ۲,۱۶۷ واحد پولی در سال بیش از ماشین WON مالیات می‌پردازد و در حقیقت با خرید ماشین WON به مقدار ۲,۱۶۷ واحد پولی در سال در پرداخت مالیات صرفه‌جوئی می‌شود.

اثر روشهای استهلاک در بررسیهای اقتصادی

همانطور که در فصل قبل توضیح داده شد روشهای مختلف استهلاک و نقش آنها در صرفه‌جوئی مالیاتی باعث دقت درانتخاب روش استهلاک می‌گرددوروش استهلاکی باید

کتابخانه مرکز آموزش عالی وحید

در محاسبه درآمد خالص (CFAT) بکار گرفته شود که بیشترین صرفه‌جوئی مالیاتی را ایجاد نماید و نهایتاً سوددهی طرح را افزایش دهد. مثال زیر نقش دو روش خط مستقیم و جمع ارقام سنوات را در محاسبه درآمد خالص سالیانه و سوددهی طرح نشان می‌دهد:

● مثال ۵-۱۲- سرمایه اولیه طرحی ۱۲۰۰۰ واحد پولی با ارزش اسقاطی ۱۲۰۰ واحد پولی پس از ۸ سال می‌باشد. فرآیند مالی سالیانه قبل از مالیات در جدول زیر آمده است و نرخ مالیات ۳۰٪ در سال می‌باشد. مطلوبست:

الف - نرخ بازگشت سرمایه قبل از مالیات.

ب - نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از روش استهلاک خط مستقیم.

ج - نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از روش جمع ارقام سنوات.

حل: جدول زیر، مراحل کامل محاسبه درآمد خالص سالیانه (CFAT) را نشان می‌دهد، که روش استهلاک خطی مورد استفاده قرار گرفته است.

سال	CFBT	D_{SL}	IT	TX	CFAT
۰	-۱۲,۰۰۰	—	—	—	-۱۲,۰۰۰
۱	۳,۷۰۰	۱,۳۵۰	۲,۳۵۰	۷۰۵	۲,۹۹۵
۲	۳,۰۰۰	۱,۳۵۰	۱,۶۵۰	۴۹۵	۲,۵۰۵
۳	۲,۴۰۰	۱,۳۵۰	۱,۰۵۰	۳۱۵	۲,۰۸۵
۴	۲,۱۰۰	۱,۳۵۰	۷۵۰	۲۲۵	۱,۸۷۵
۵	۱,۷۰۰	۱,۳۵۰	۳۵۰	۱۰۵	۱,۵۹۵
۶	۱,۵۰۰	۱,۳۵۰	۱۵۰	۴۵	۱,۴۵۵
۷	۱,۳۰۰	۱,۳۵۰	-۵۰	۰	۱,۳۰۰
۸	۱,۱۵۰	۱,۳۵۰	-۲۰۰	۰	۱,۱۵۰
۹	۱,۲۰۰	—	—	—	۱,۲۰۰

برای محاسبه نرخ بازگشت سرمایه قبل از مالیات از ستون دوم جدول یعنی CFBT استفاده می‌شود:

$$-۱۲,۰۰۰ + ۳,۷۰۰\ (P/F, i\%, ۱) + ۳,۰۰۰\ (P/F, i\%, ۲) + \ldots$$
$$+ ۱,۱۵۰\ (P/F, i\%, ۸) + ۱,۲۰۰\ (P/F, i\%, ۸) = ۰$$
$$ROR = ٪۱۲$$

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از روش استهلاک خط مستقیم در زیر آمده است:

$$-۱۲,۰۰۰ + ۲,۹۹۵\ (P/F, i\%, ۱) + ۲,۵۰۵\ (P/F, i\%, ۲) + ۲,۰۸۵\ (P/F, i\%, ۳)$$
$$+ \ldots\ldots + ۱,۱۵۰\ (P/F, i\%, ۸) + ۱,۲۰۰\ (P/F, i\%, ۸) = ۰$$
$$ROR = ٪۸/۰۷$$

جدول زیر محاسبه درآمد سالیانه خالص را با استفاده از روش جمع ارقام سنوات نشان می‌دهد:

سال	CFBT	D_{SOYD}	IT	TX	CFAT
۰	-۱۲,۰۰۰	—	—	—	-۱۲,۰۰۰
۱	۳,۷۰۰	۲,۴۰۰	۱,۳۰۰	۳۹۰	۳,۳۱۰
۲	۳,۰۰۰	۲,۱۰۰	۹۰۰	۲۷۰	۲,۷۳۰
۳	۲,۴۰۰	۱,۸۰۰	۶۰۰	۱۸۰	۲,۲۲۰
۴	۲,۱۰۰	۱,۵۰۰	۶۰۰	۱۸۰	۱,۹۲۰
۵	۱,۷۰۰	۱,۲۰۰	۵۰۰	۱۵۰	۱,۵۵۰
۶	۱,۵۰۰	۹۰۰	۶۰۰	۱۸۰	۱,۳۲۰
۷	۱,۳۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۲۱۰	۱,۰۹۰
۸	۱,۱۵۰	۳۰۰	۸۵۰	۲۵۵	۸۹۵
۹	۱,۲۰۰	—	—	—	۱,۲۰۰

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه با روش استهلاک جمع ارقام سنوات عبارت است از:

$$-۱۲,۰۰۰ + ۳,۳۱۰ (P/F ، i\% ، ۱) + ۲,۷۳۰ (P/F ، i\% ، ۲) + ...$$
$$+ ۸۹۵ (P/F ، i\% ، ۸) + ۱,۲۰۰ (P/F ، i\% ، ۸) = ۰$$
$$ROR = ٪۸/۶$$

این مثال نه‌تنها اثر مالیات را بر نرخ بازگشت سرمایه (قبل و بعد از مالیات) نشان داد بلکه اثر انتخاب روش استهلاک مناسب را نمایان می‌سازد. نرخ بازگشت سرمایه با روش استهلاک SOYD بیش از SL می‌باشد. بطورکلی برای انتخاب روش استهلاک مناسب باید اثر روشهای مختلف استهلاک را روی طرح آزمایش کرد و اقتصادی‌ترین روش را برگزید.

باید توجه داشت که بررسی اقتصادی یک طرح با روشهای مختلف استهلاک، مستلزم زمان است. بهمین جهت باید راه ساده‌تری برای انتخاب روش استهلاک مناسب یافت. با توجه به نقش اساسی استهلاک که فصل قبل به آن اشاره شد و آن صرفه‌جوئی مالیاتی بود، می‌توان به سادگی روش مناسب را برگزید. در زیر نقش استهلاک به عنوان یک عامل مهم در صرفه‌جوئی مالیاتی تشریح و برای هر روش استهلاک فرمولهای محاسبه صرفه‌جوئی مالیاتی ارائه می‌گردد.

صرفه‌جوئی مالیاتی

«صرفه‌جوئی مالیاتی»[1] در هر سال عبارت از حاصلضرب مقدار استهلاک در نرخ مالیاتی است.

تبدیل رابطه (۷-۱۲) به رابطه (۱۲-۱۲) مقدار صرفه‌جوئی مالیاتی را نشان می‌دهد.

$$CFAT = (GI - OC) - (GI - OC - D)(TR)$$
$$CFAT = (GI - OC) - (GI - OC)\,TR + D(TR)$$
$$CFAT = (CFBT)(1 - TR) + D(TR) \qquad (۱۲-۱۲)$$
$$TS = D(TR) \qquad (۱۲-۱۳)$$

1 - Tax Saving (TS)

رابطهٔ (۱۲-۱۲) نشان می‌دهد که اگر D بیشترین مقدار را دارا باشد، مقدار CFAT افزایش یافته و D کمترین مقدار را دارا باشد، مقدار CFAT کاهش می‌یابد و در حقیقت D(TR) مقداری است که در پرداخت مالیات صرفه‌جوئی شده و به درآمد خالص اضافه شده است. برای محاسبه مقدار صرفه‌جوئی مالیاتی در طول عمر یک پروژه، می‌توان از روش ارزش فعلی کمک گرفت و روش استهلاکی را بعنوان اقتصادی‌ترین روش برگزید تا بیشترین مقدار ارزش فعلی صرفه‌جوئی مالیاتی را دارا باشد.

رابطه کلی محاسبه ارزش فعلی صرفه‌جوئی مالیاتی عبارت است از:

$$PW_{TS} = \sum_{m=1}^{n} D_m \,(P/F\,،i\%\,،m)\,(TR) \qquad (۱۲\text{-}۱۴)$$

با توجه به روشهای مختلف استهلاک می‌توان رابطه (۱۲-۱۴) را برای هر روش بطور خالص تنظیم کرد. در زیر روابط محاسبه صرفه‌جوئی مالیات برای سه روش استهلاک آمده است.

۱- روش استهلاک خط مستقیم

مقدار استهلاک سالیانه برابر $D = \frac{P-SV}{n}$ و در هر سال مقدار صرفه‌جوئی سالیانه برابر D(TR) یا ($\frac{P-SV}{n}$) TR می‌باشد. ارزش فعلی صرفه‌جوئی مالیاتی از رابطه زیر حاصل خواهد شد:

$$PW_{TS} = \frac{TR(P-SV)}{n}\,(P/A\,،i\%\,،n) \qquad (۱۲\text{-}۱۵)$$

۲- روش جمع ارقام سنوات

با توجه به رابطه محاسبه استهلاک در این روش و پس از انجام عملیات ریاضی و استفاده از سری‌های هندسی، رابطه ارزش فعلی صرفه‌جوئی مالیاتی در این روش عبارت خواهد شد از:

$$PW_{TS} = \frac{۲(TR)\ (P - SV)}{(n+۱)\ (i)} \left\{ ۱ + \frac{1}{ni} \left[(1+i)^{-n} - ۱\right] \right\} \qquad (۱۲\text{-}۱۶)$$

۳ـ روش موجودی نزولی

رابطه زیر محاسبه ارزش فعلی صرفه‌جوئی مالیاتی را در روش موجودی نزولی با نرخ معین d نشان می‌دهد:

$$PW_{TS} = \frac{۲P(TR)}{n} \quad \frac{۱ - \left[\frac{۱-d}{۱+i}\right]^{n}}{i + d} \qquad (۱۲\text{-}۱۷)$$

برای دیگر روشهای استهلاک می‌توان مستقیماً از رابطه (۱۲ـ۱۴) استفاده کرد.

اثر تامین قسمتی از هزینه اولیه از موسسات مالی در بررسیهای اقتصادی

اگر قسمتی از هزینه اولیه طرحی از یک موسسه مالی، مثلاً بانک با نرخ بهره (i) قرض شود، موسسه سرمایه‌گذار باید هر سال مبلغی را بعنوان قسط به بانک جهت بخشی از وام دریافتی بپردازد. قسط سالیانه از دو بخش تشکیل یافته است:

PR = اصل[۱]

I = بهره[۲]

روابط محاسبه CFAT در حالت فوق عبارت خواهد شد از:

$$CFBT = GI - OC$$

$$IT = CFBT - D - I \qquad (۱۲\text{-}۱۸)$$

$$TX = IT\ (TR)$$

$$CFAT = CFBT - TX - I - PR \qquad (۱۲\text{-}۱۹)$$

● مثال ۶ـ۱۲ـ هزینه اولیه طرحی ۱۵،۰۰۰ واحد پولی با ارزش اسقاطی صفر و عمر

1 - Principle 2 - Interest

مفید ۵ سال است. درآمد ناخالص سالیانه برابر ۷,۰۰۰ و هزینه‌های عملیاتی سالیانه ۱,۰۰۰ پیش‌بینی شده است. روش استهلاک خط مستقیم و نرخ مالیات ٪۵۰ است. «MARR = ٪۱۵»

اولاً نرخ بازگشت سرمایه این طرح را وقتی کل هزینه اولیه توسط سرمایه‌گذار تامین شود محاسبه نمائید.

ثانیاً نرخ بازگشت سرمایه را وقتی ٪۵۰ هزینه اولیه توسط بانک، تحت شرایط نرخ بهره سالیانه ٪۱۰ (بطور ساده) PR = ۱,۵۰۰ و I = ۷۵۰ محاسبه نمائید.

حل: محاسبه CFAT در حالت اول طبق جدول زیر انجام شده است. مقدار استهلاک سالیانه برابر است با:

$$D = \frac{۱۵,۰۰۰}{۵} = ۳,۰۰۰$$

سال	CFBT	D	IT	TX	CFAT
۰	−۱۵,۰۰۰	—	—	—	−۱۵,۰۰۰
۱-۵	۶,۰۰۰	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰	۱,۵۰۰	۴,۵۰۰

نرخ بازگشت سرمایه عبارت است از:

$$-۱۵,۰۰۰ + ۴,۵۰۰\ (P/A\ ،i\%\ ،۵) = ۰$$

ROR = ٪۱۵/۲۵

و ارزش فعلی خالص با حداقل نرخ جذب کننده ٪۱۵ برابر است با:

NPW = ۸۴/۹

در حالت بعد محاسبهٔ نرخ بهره سالیانه ٪۱۰ برای ٪۵۰ از هزینه اولیه یعنی ۷,۵۰۰ طبق شرایط زیر انجام شده است:

I = ۷,۵۰۰ (۰/۱۰) = ۷۵۰

$$PR = \frac{۷,۵۰۰}{۵} = ۱,۵۰۰$$

شرایط بانک براساس روشهای اقتصاد مهندسی بنا نشده است و نرخ بهره بطور ساده تعین است. در جدول زیر از روابط (۱۸-۱۲) و (۱۹-۱۲) استفاده شده است:

سال	CFBT	D	I	PR	IT	TX	CFAT
۰	-۷,۵۰۰	—	—	—	—	—	-۷,۵۰۰
۱-۵	۶,۰۰۰	۳,۰۰۰	۷۵۰	۱,۵۰۰	۲,۲۵۰	۱,۱۲۵	۲,۶۲۵

و نرخ بازگشت سرمایه عبارت است از:

$$-۷,۵۰۰ + ۲,۶۲۵\ (P/A\ ،i\%\ ،۵) = ۰$$

$$ROR = ٪۲۲/۲۲$$

و ارزش فعلی خالص عبارتند از:

$$NPW = ۱۲۹۹/۵$$

همانطور که مشاهده می‌شود چنانچه قسمتی از هزینه اولیه طرح از موسسات مالی مثلاً بانک با نرخ بهره مشخص وام گرفته شود، نرخ بازگشت سرمایه و ارزش فعلی بیشتر از زمانی خواهد بود که کل هزینه اولیه توسط صاحب طرح تامین شود. دلیل این افزایش در ارزش فعلی نقشی است که مقدار بهره پرداختی (i) در محاسبه درآمد مشمول مالیات (IT) دارد. در حقیقت بهره پرداختی مانند استهلاک نقش صرفه‌جوئی در مالیات را دارد. بهمین دلیل اغلب موسسات مالی تحت شرایط بخصوص، خواهان تأمین قسمتی از هزینه اولیه طرح از بانک هستند.

نکته مهم در این مثال این است که ارزش فعلی خالص به علت دریافت وام افزایش یافته است و نهایتاً سرمایه‌گذار ترجیح می‌دهد که بخشی از سرمایه اولیه را از بانک قرض کند ولی افزایش نرخ بازگشت سرمایه از ٪۱۵/۲۵ به ٪۲۲/۲۲ نباید عامل تشویق‌کننده تلقی گردد.

چنانچه در مثال فوق نرخ بهره سالیانه به ۲۰٪ (بطور ساده) افزایش یابد، نرخ بازگشت سرمایه پس از دریافت وام دقیقاً ۱۵/۲۵٪ خواهد گردید ولی ارزش فعلی خالص به نصف یعنی ۴۲/۴۵ کاهش خواهد یافت.

بطور خلاصه در هر طرح باید ارزش فعلی خالص را بعد از رعایت شرایط بانک محاسبه کرد، چنانچه ارزش فعلی خالص طرح با احتساب وام افزایش یافت، دریافت وام از بانک مقرون به صرفه تلقی می‌شود.

مسائل فصل دوازدهم

● ۱-۱۲- هزینه اولیه اجرای طرح تولید صنایع دستی ۳۵۰,۰۰۰ واحد پولی با فرآیند مالی سالیانه قبل از مالیات ۱۲۰,۰۰۰ واحد پولی، عمر مفید ۸ سال و ارزش اسقاطی ۳۰,۰۰۰ واحد پولی است. روش استهلاک خط مستقیم و نرخ مالیات ۳۰٪ در سال فرض می‌شود. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۲۰٪ در سال باشد آیا اجرای طرح اقتصادی است؟

● ۲-۱۲- شرکت داروئی «گل‌پسند» خرید یک ماشین پرس قرص را بررسی می‌کند. هزینه اولیه این پرس ۲۴۰,۰۰۰ واحد پولی با عمر مفید ۱۰ سال و ارزش اسقاطی ۶۰,۰۰۰ واحد پولی است. روش استهلاک، خط مستقیم و نرخ مالیات ۳۰٪ فرض می‌شود. اگر فرآیند مالی قبل از مالیات (CFBT) سالیانه ۸۰,۰۰۰ واحد پولی پیش‌بینی شود آیا خرید این ماشین اقتصادی است؟ حداقل نرخ جذب کننده ۲۰٪ است.

● ۳-۱۲- به شرکت داروئی «گل‌پسند»، خرید ماشین پرس قرص دیگری با شرایط زیر پیشنهاد شده است:

$P = ۱۵۰,۰۰۰$ ، $SV = ۳۰,۰۰۰$ ، $CFBT = ۵۰,۰۰۰$

عمر مفید ۱۰ سال و روش استهلاک خط مستقیم و نرخ مالیات ۳۰٪ با حداقل نرخ جذب کننده ۲۰٪ دو طرح فوق (مسئله ۳-۱۲ و ۲-۱۲) را با هم مقایسه نمائید. روش مقایسه دو طرح:

الف - روش ارزش فعلی خالص

ب - روش یکنواخت خالص سالیانه

● ۴-۱۲- مسئله (۱-۱۲) را با روش استهلاک جمع ارقام سنوات انجام دهید و نتایج را با نتایج مسئله (۱-۱۲) مقایسه نمائید.

● ۱۲-۵- مسئله (۱-۱۲) را با روش استهلاک موجودی نزولی DDB انجام دهید و نتایج را با نتایج مسئله (۴-۱۲) مقایسه نمائید.

● ۱۲-۶- مسئله (۲-۱۲) را با روش استهلاک جمع ارقام سنوات انجام دهید. آیا خرید ماشین اقتصادی است؟

● ۱۲-۷- سرمایه اولیه برای خرید ماشین‌آلات تولید رب گوجه‌فرنگی ۱,۵۰۰,۰۰۰ واحد پولی با عمر مفید ۱۵ سال و ارزش اسقاطی ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی است. مقدار فرآیند مالی قبل از مالیات (CFBT) در سال اول ۶۰۰,۰۰۰ واحد پولی است و هر سال ۹,۰۰۰ کاهش می‌یابد. نرخ مالیات ۲۰٪ و روش استهلاک، SOYD است. نرخ بازگشت سرمایه قبل و بعد از مالیات را محاسبه نمائید.

● ۱۲-۸- یک کارخانه تولیدی، ماشین ابزاری را به قیمت ۱۲۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری می‌نماید. هزینه‌های عملیاتی سالیانه برابر با ۴,۰۰۰ واحد پولی است. درآمد ناخالص در سال اول ۳۳,۰۰۰ واحد پولی و هر سال ۳,۰۰۰ واحد پولی کاهش می‌یابد. عمر مفید طرح ۱۰ سال، روش استهلاک SOYD و نرخ مالیات ۳۰٪ است. ارزش اسقاطی ماشین نیز ۱۲,۰۰۰ واحد پولی در پایان عمر مفید پیش‌بینی می‌شود.

الف: نرخ بازگشت سرمایه قبل از مالیات چه مقدار است؟

ب: نرخ بازگشت سرمایه بعد از مالیات چه مقدار است؟

ج: اگر MARR = ۱۵٪ فرض شود آیا خرید این ماشین در بررسی بعد از مالیات اقتصادی است؟

● ۹-۱۲- شرکتی طرح تولید ظروف پلاستیکی را بررسی می‌کند. سرمایه اولیه موردنیاز ۵۰۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. ارزش اسقاطی طرح ۵۰,۰۰۰ واحد پولی، با عمر مفید ۱۰ سال است. فرآیند مالی قبل از مالیات (CFBT) در سال اول ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد و هر سال ۱۰,۰۰۰ واحد پولی کاهش می‌یابد. اگر نرخ مالیات ۳۰٪ فرض شود و MARR = ٪۱۰ باشد:

الف: با روش جمع ارقام سنوات نرخ بازگشت سرمایه را محاسبه نمائید.

ب: مقدار صرفه‌جوئی مالیاتی در روش جمع ارقام سنوات چقدر است؟

ج: اگر روش استهلاک روش موجودی نزولی با نرخ استهلاک مناسب (بنحوی که مقدار ارزش دفتری در سال آخر برابر ارزش اسقاطی شود) فرض شود، مقدار صرفه‌جوئی مالیاتی چقدر خواهد بود.

د: کدام روش استهلاک، روش جمع ارقام سنوات یا روش موجودی نزولی اقتصادی‌ترند.

● ۱۰-۱۲- مسئله (۸-۱۲) را بجای روش جمع ارقام سنوات با استفاده از روش موجودی نزولی (DDB) حل نمائید.

● ۱۱-۱۲- شرکتی دو طرح A و B را بررسی می‌نماید و علاقمند به انتخاب اقتصادی‌ترین طرح است. طرح A از دو ماشین I و II تشکیل یافته است. اطلاعات زیر موجود است:

	طرح B	طرح A	
		ماشین II	ماشین I
هزینه اولیه	۴۰۰,۰۰۰	۲۵۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰
ارزش اسقاطی	۵۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۰
فرآیندمالی سالیانه (CFBT) (۱-۴)	۱۵۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۵,۰۰۰
فرآیندمالی سالیانه (۵-۸)	۲۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۵,۰۰۰
فرآیندمالی سالیانه (۹-۱۲)	۲۵۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰	۵,۰۰۰
عمر مفید	۱۲	۱۲	۶

روش استهلاک، جمع ارقام سنوات با نرخ مالیاتی ۵۰٪ است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۲۰٪ فرض شود اقتصادی‌ترین طرح را تعیین کنید.

● ۱۲-۱۲-اگر ۵۰٪ از هزینه اولیه ماشین ابزار در مسئله شماره (۸-۱۲) به وسیله بانک با نرخ بهره ۱۰٪ مرکب تامین شود، اولاً مقدار اصل (PR) و بهره سالیانه (I) را محاسبه و ثانیاً ارزش فعلی خالص طرح را بعد از مالیات را تعیین و با قسمت «ج» در مسئله (۸-۱۲) مقایسه نمائید. حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ می‌باشد.

● ۱۳-۱۲- مثال (۶-۱۲) کتاب را تحت شرایط زیر حل نمائید.

الف: نرخ بازگشت سرمایه را وقتی ۲۰ درصد، ۴۰ درصد، ۶۰ درصد و ۸۰ درصد از سرمایه اولیه توسط بانک تامین شود محاسبه و مسئله را تحلیل نمائید.

ب: ارزش فعلی خالص را وقتی ۲۰ درصد، ۴۰ درصد، ۶۰ درصد و ۸۰ درصد از

سرمایه اولیه توسط بانک تامین شود محاسبه و مسئله را تحلیل نمائید.

ج: اگر نرخ بانک به ۵ درصد، ۱۵ درصد، ۲۰ درصد، ۲۵ درصد تغییر کند و ۵۰ درصد از سرمایه اولیه از بانک قرض شود، نرخ بازگشت سرمایه طرح و ارزش فعلی خالص را در هر حالت محاسبه و مسئله را تحلیل نمائید.

● ۱۴-۱۲- مثال (۶-۱۲) کتاب را وقتی نرخ بهره بانک ۱۰٪ مرکب باشد تحت شرایط زیر حل کنید:

الف: نرخ بازگشت سرمایه طرح را هنگامی که ۲۰٪، ۴۰٪، ۵۰٪ و ۸۰٪ از سرمایه اولیه توسط بانک تامین شود محاسبه و مسئله را تحلیل نمائید.

ب: ارزش فعلی خالص طرح را وقتی ۲۰٪ ، ۴۰٪ ، ۵۰٪ و ۸۰٪ از سرمایه اولیه از بانک تامین شود محاسبه و مسئله را تحلیل نمائید.

ج: اگر نرخ بهره بانک به ۵٪ ،۲۰٪ و ۲۵٪ تغییر کند و ۵۰٪ سرمایه اولیه از بانک قرض شود، نرخ بازگشت سرمایه و ارزش فعلی خالص طرح را در هر حالت محاسبه و مسئله را تحلیل نمائید.

فصل سیزدهم

تجزیه و تحلیل جایگزینی (تعویض)[1]

هدف از این فصل عبارت است از مقایسهٔ اقتصادی دو دارائی که یکی از آنها در حال حاضر موجود است و دیگری کاندیدای تعویض با آن می‌باشد. از رده خارج کردن یک دارائی را بازنشستگی[2] و بکارگرفتن یک دارائی دیگر که همان کار را انجام دهد، تعویض[3] می‌نامند. تعویض دارائی معمولاً در زمانی صورت عمل بخود می‌گیرد که آن دارائی از لحاظ فیزیکی قابلیت ادامه بکار را داشته باشد. این کار بخاطر فرسودگی فیزیکی، اسقاط برنامه‌ریزی شده، اسقاط برنامه‌ریزی نشده، عدم بهره‌وری وسایل موجود و پیشرفت تکنولوژی می‌باشد.

تشریح تحلیل تعویض، تفکیک هزینه‌ها، انتخاب طرح اقتصادی و تعیین عمر اقتصادی، از جمله مباحثی هستند که این فصل به آنها می‌پردازد.

مفهوم دو کلمهٔ مدافع و رقیب

در مقایسه دو طرح، طرحی که در حال حاضر موجود است بنام مدافع[4] و طرحی که کاندیدای تعویض با آن می‌باشد، بنام رقیب[5] تعریف می‌شود. معمولاً طرح مدافع، زمانی مورد سئوال واقع می‌شود که عمرش رو به پایان بوده و تصمیم ادامه بکار آن فقط برای مدت کوتاهی (مثلاً یک سال) مطرح باشد، در حالیکه طرح رقیب، طرحی جدید و دارای عمری طولانی است. این مطلب باعث تفاوت در نوع محاسبهٔ هزینه‌ها خواهد شد.

---

1 - Replacement Analysis
2 - Retirement
3 - Replacement
4 - Defender
5 - Challenger

تفکیک هزینه‌ها

هزینه‌های مختلفی که می‌توان به طرح مدافع نسبت داد عبارتند از:

۱ـ قیمت اصلی (قیمت اولیه مدافع)

۲ـ قیمت فعلی (قیمتی که در حال حاضر می‌توان مدافع را فروخت)

۳ـ قیمت دفتری (تفاضل هزینه اولیه و مقادیر استهلاک مدافع با توجه به عمر استهلاکی مدافع)

۴ـ قیمت بازاری

۵ـ قیمت مبادله‌ای

باید توجه داشت که هزینه مناسب و معقول برای مدافع، قیمت بازاری[1] آن است که بیانگر شرایط فعلی بوده و همیشه باید این هزینه در مقایسه اقتصادی به عنوان هزینه اولیه مورد بررسی قرار بگیرد.

تعیین عمر اقتصادی

موقعیتهای بسیاری پیش می‌آید که باید مدت استفاده از دارایی را، قبل از اینکه آنرا از رده خارج سازیم بررسی نمائیم. چنانچه دارائی موردنظر طرح مدافع باشد، این مدت (مقدار n) تحت عنوان عمر باقیماندهٔ مدافع[2] و چنانچه دارائی طرح رقیب باشد، تحت عنوان عمر اقتصادی موردانتظار رقیب[3] نامیده‌می‌شود. رویکرد تعیین عمر اقتصادی (مقدار n) که اغلب تحت عنوان تجزیه و تحلیل «تعیین عمر اقتصادی با توجه به حداقل هزینه» نامیده می‌شود، به این ترتیب است که مقدار n را از صفر تا حداکثر عمر مورد انتظار افزایش داده و برای هر یک از مقادیر n، EUAC را محاسبه می‌کنیم. سال مربوط به حداقل EUAC عمر اقتصادی با حداقل هزینه خواهد بود. مثالهای زیر مفهوم عمر اقتصادی را روشن می‌سازد.

---

1 - Marke Value

2 - Remaining Life of the Defender

3 - Expected Life

● مثال ۱-۱۳- یک ماشین قدیمی که ۵ سال عمر کرده است، برای جایگزینی موردنظر می‌باشد. این ماشین را در حال حاضر می‌توان به قیمت بازاری ۵۰,۰۰۰ واحد پولی فروخت. با توجه به مقادیر تخمینی ارزش اسقاطی و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری سالیانه که در جدول (۱-۱۳) داده شده است و با توجه به اینکه حداقل درصد سود قابل قبول ۱۰ درصد می‌باشد، محاسبه کنید که چند سال دیگر باید از ماشین فوق استفاده شود. بعبارت دیگر عمر اقتصادی باقیماندهٔ مدافع چقدر است؟

عمر ماشین	کارکرد (به سال)	ارزش اسقاطی (SV)	هزینه تعمیرات و نگهداری سالیانه
۵	۰	۵۰,۰۰۰	—
۶	۱	۴۰,۰۰۰	—
۷	۲	۳۵,۰۰۰	۱,۰۰۰
۸	۳	۳۰,۰۰۰	۲,۰۰۰
۹	۴	۲۵,۰۰۰	۳,۰۰۰
۱۰	۵	۲۰,۰۰۰	۴,۰۰۰
۱۱	۶	۲۰,۰۰۰	۵,۰۰۰
۱۲	۷	۲۰,۰۰۰	۶,۰۰۰
۱۳	۸	۲۰,۰۰۰	۷,۰۰۰
۱۴	۹	۲۰,۰۰۰	۸,۰۰۰
۱۵	۱۰	۲۰,۰۰۰	۹,۰۰۰
۱۶	۱۱	۲۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰

جدول (۱-۱۳) ارزش اسقاطی و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری ماشین قدیمی مثال (۱-۱۳)

حل: محاسبات سال به سال EUAC بشرح زیر است:

سال (n)	۵۰,۰۰۰ (A/P ، ٪۱۰ ، n) $-SV_t$ (A/F ، ٪۱۰ ، n)	۱,۰۰۰ (A/G ، ٪۱۰ ، n)	کل EUAC
۰	—	—	—
۱	۱۵,۰۰۰	—	۱۵,۰۰۰
۲	۱۲,۱۴۰	۴۸۰	۱۲,۶۲۰
۳	۱۱,۰۴۰	۹۴۰	۱۱,۹۸۰
۴	۱۰,۳۹۰	۱,۳۸۰	۱۱,۷۷۰
۵	۹,۹۱۰	۱,۸۱۰	۱۱,۷۲۰
۶	۸,۸۹۰	۲,۲۲۰	۱۱,۱۱۰
۷	۸,۱۶۰	۲,۶۲۰	۱۰,۷۸۰
۸	۷,۶۲۰	۳,۰۰۰	۱۰,۶۲۰
۹	۷,۲۱۰	۳,۳۷۰	۱۰,۵۸۰*
۱۰	۶,۸۸۰	۳,۷۲۰	۱۰,۶۰۰
۱۱	۶,۶۲۰	۴,۰۶۰	۱۰,۶۸۰

این اطلاعات نشان می‌دهد که هزینه سالیانه ادامهٔ استفاده از این ماشین قدیمی تا سال نهم کاهش و سپس افزایش می‌یابد. یعنی عمر اقتصادی باقیمانده این ماشین ۹ سال است و با توجه به اینکه ماشین ۵ سال عمر کرده است، عمر خدمت آن به ۱۴ سال می‌رسد.

● مثال ۲ـ۱۳ـ دستگاهی که سه سال پیش خریداری شده، اینک دارای ارزش بازاری ۱۳,۰۰۰ واحد پولی است. مقادیر تخمینی ارزش اسقاطی و هزینه‌های عملیاتی سالیانه برای ۵ سال آتی در جدول (۲ـ۱۳) داده شده است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰ درصد باشد، عمر اقتصادی با حداقل هزینه چند سال است؟

سال (n)	ارزش اسقاطی پس از n سال	هزینه‌های عملیاتی سالیانه
۱	۹,۰۰۰	۲,۵۰۰
۲	۸,۰۰۰	۲,۷۰۰
۳	۶,۰۰۰	۳,۰۰۰
۴	۲,۰۰۰	۳,۵۰۰
۵	—	۴,۵۰۰

جدول (۲ـ۱۳) ارزش اسقاطی و هزینه‌های عملیاتی مثال ۲ـ۱۳

حل: محاسبات تعیین عمر اقتصادی با توجه به حداقل هزینه به شرح زیر است:

سال (n)	۱۳,۰۰۰ (A/P ، ٪۱۰ ، n) −SV (A/F ، ٪۱۰ ، n)	هزینه یکنواخت عملیاتی	کل EUAC
۱	۵,۳۰۰	۲,۵۰۰	۷,۸۰۰
۲	۳,۶۸۱	۲,۵۹۵	۶,۲۷۶
۳	۳,۴۱۵	۲,۷۱۷	۶,۱۳۲*
۴	۳,۶۷۰	۲,۸۸۶	۶,۵۵۶
۵	۳,۴۲۹	۳,۱۵۰	۶,۵۷۹

حداقل EUAC ، ۶،۱۳۲ واحد پولی است که مربوط به n = ۳ می‌باشد، یعنی عمر باقیمانده دستگاه ۳ سال خواهد بود.

● مثال ۳ـ۱۳ـماشینی دارای هزینهٔ اولیه ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. این ماشین پس از نصب دارای ارزش اسقاطی نمی‌باشد. تولیدکننده ماشین تعهد کرده است که در سال اول تمامی هزینه‌های تعمیرات و نگهداری آن را به عهده بگیرد. هزینه تعمیرات و

نگهداری در سال دوم ۶,۰۰۰ واحد پولی تخمین زده می‌شود و پیش‌بینی شده است که هر سال ۶,۰۰۰ واحد پولی نسبت به سال قبل افزایش نشان می‌دهد. اگر چنانچه حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ باشد، عمر اقتصادی مورد انتظار این طرح رقیب چقدر است؟

حل: فرض کنید این ماشین در پایان سال n بازنشسته شود:

سال (n)	۱۰۰,۰۰۰ (A/P ، ٪۸ ، n)	۶,۰۰۰ (A/G ، ٪۸ ، n)	کل EUAC
۱	۱۰۸,۰۰۰	—	۱۰۸,۰۰۰
۲	۵۶,۰۸۰	۲,۸۹۰	۵۸,۹۷۰
۳	۳۸,۸۰۰	۵,۶۹۰	۴۴,۴۹۰
۴	۳۰,۱۹۰	۸,۴۲۰	۳۸,۶۱۰
۵	۲۵,۰۵۰	۱۱,۰۸۰	۳۶,۱۳۰
۶	۲۱,۶۳۰	۱۳,۶۶۰	۳۵,۲۹۰*
۷	۱۹,۲۱۰	۱۶,۱۶۰	۳۵,۳۷۰
۸	۱۷,۴۰۰	۱۸,۵۹۰	۳۵,۹۹۰

ملاحظه می‌شود که به ازای ۶ = n سال EUAC حداقل می‌باشد. پس عمر اقتصادی مفید این طرح، ۶ سال است.

چگونگی تحلیل تعویض با توجه به افق برنامه‌ریزی (دورهٔ مطالعه)

منظور از افق برنامه‌ریزی (دورهٔ مطالعه) عبارت است از تعداد سالهائی (در آینده) که باید از مدافع یا رقیب استفاده شود. در مقایسهٔ مدافع و رقیب نوعاً یکی از دو حالت زیر وجود خواهد داشت: (۱) عمر باقیمانده پیش‌بینی شدهٔ مدافع با عمر مفید رقیب برابر است (۲) عمر مفید رقیب متفاوت و معمولاً بیشتر از عمر باقیمانده مدافع است.

هر یک از دو مورد فوق در ذیل تشریح می‌گردد:

کتابخانه مرکز آموزش عالی
۲۵۳۱

عمر باقیمانده مدافع با عمر مفید رقیب برابر است

اگر مدافع و رقیب دارای عمرهای مفید یکسان باشند، با استفاده از هر یک از روشهای ارزیابی مانند روش ارزش فعلی، روش یکنواخت سالیانه یا روش نرخ بازگشت سرمایه و غیره می‌توان اقتصادی‌ترین طرح را شناسائی نمود.

● مثال ۴-۱۳-یک شرکت حمل و نقل دارای دو واگن باری است. این شرکت در صورت نیاز به واگنهای بیشتر می‌تواند آنها را از شرکتهای دیگر اجاره نماید. دو واگن فعلی شرکت ۲ سال پیش هر یک به مبلغ ۶۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری شده‌اند و شرکت در نظر دارد که واگنها را ۱۰ سال دیگر نگهدارد. ارزش بازاری برای واگنی که دو سال کار کرده باشد، ۴۲,۰۰۰ واحد پولی و برای واگنی که ۱۲ سال عمر کند ۸,۰۰۰ واحد پولی است. هزینه‌های سالیانه سوخت، تعمیرات و نگهداری، مالیات و غیره ۱۲,۰۰۰ واحد پولی در سال می‌باشد. اگر هزینه اجارهٔ هر واگن ۹,۰۰۰ واحد پولی در سال و هزینه‌های پرسنلی و انرژی سالیانه ۱۴,۰۰۰ واحد پولی باشد، آیا شرکت باید واگنهای موردنیاز خود را اجاره نماید؟ در صورتیکه بدانیم حداقل نرخ جذب کننده ۱۲٪ است.

حل: واگن فعلی با ۱۰ سال عمر باقیمانده بعنوان مدافع و واگنهای اجاره‌ای بعنوان طرح رقیب در نظر گرفته می‌شوند:

مدافع	رقیب
P = ۴۲,۰۰۰	۹,۰۰۰ = هزینه اجاره در سال
A = ۱۲,۰۰۰	۱۴,۰۰۰ = هزینه عملیاتی سالیانه
SV = ۸,۰۰۰	
n = ۱۰	n = ۱۰

مدافع

$EUAC = P\ (A/P\ ،i\%\ ،n) - SV\ (A/F\ ،i\%\ ،n) + A$

$= ۴۲,۰۰۰ (A/P،٪۱۲،۱۰) - ۸,۰۰۰ (A/F،٪۱۲،۱۰) + ۱۲,۰۰۰ = ۱۸,۹۷۷$ واحدپولی

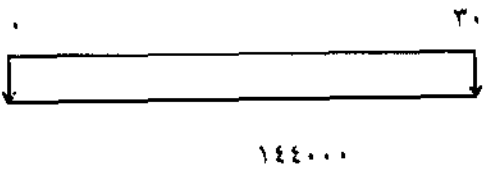
رقیب

$EUAC = ۹,۰۰۰ + ۱۴,۰۰۰ = ۲۳,۰۰۰$ واحد پولی

مشاهده می‌شود که طرح نگهداری دو واگن اقتصادی‌تر است.

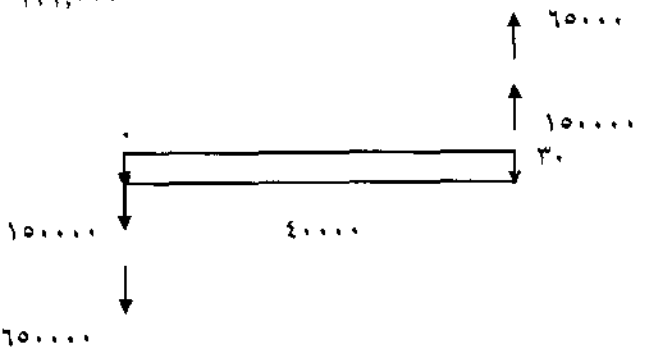
● ۱۳-۵- ادارات مرکزی شرکتی، با توجه به رشد سریع آن، کفایت نیازهای شرکت را نمی‌کند. نتیجهٔ تحقیقات جهت توسعهٔ آنها از لحاظ اطاقهای کافی، پارکینگ مناسب، ظاهر و موقعیت مطلوب، به سه طرح زیر رسیده است: طرح اول را می‌توان با هزینه ۱۴۴,۰۰۰ واحد پولی در سال اجاره نمود. طرح دوم ساختمانی است که می‌توان با قیمت ۸۰۰,۰۰۰ واحد پولی که مبلغ ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی هزینه زمین آن است خریداری نمود. دوره مطالعه ۳۰ سال و حداقل نرخ جذب کننده قبل از مالیات ۱۲٪ است. تصور می‌شود که ارزش زمین در دوره مورد مطالعه کاهش نیابد ولی ارزش ساختمان پس از ۳۰ سال به ۱۰ درصد ارزش فعلی آن تنزل خواهد کرد. هزینه‌های تعمیرات و نگهداری سالیانه برابر با ۴۰,۰۰۰ در سال پیش‌بینی می‌شود. طرح سوم از این قرار است که ارزش بازاری ساختمان فعلی برابر با ۳۰۰,۰۰۰ واحد پولی است و ارزش بازاری زمین آن ۶۰,۰۰۰ واحد پولی برآورد شده است. پیشنهاد یک شرکت مهندسی اینست که ساختمان فعلی، تغییر مدل یابد. هزینه تخمینی برای توسعه آن ۳۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. این طرح قسمتی از محل پارکینگ را اشغال خواهد کرد و در نتیجه باید پارکینگی در مجاورت این شرکت برای ۳۰ سال آینده اجاره شود که از قرار معلوم اجاره سال اول ۹,۰۰۰ واحد پولی است و هر سال ۵۰۰ واحد پولی افزایش می‌یابد. هزینه تعمیرات و نگهداری ساختمان (فعلی و توسعهٔ آن) برابر با ۳۳,۰۰۰ واحد پولی در سال می‌باشد و ارزش اسقاطی ساختمان (فعلی و توسعه آن) ۱۰٪ قیمت اولیه است. کدام روش توسعه (اجاره، خرید یا تغییر مدل) اقتصادی‌تر است؟

حل: هزینهٔ یکنواخت سالیانهٔ سه طرح بصورت زیر محاسبه شده است:



اجاره

EUAC = ۱۴۴,۰۰۰

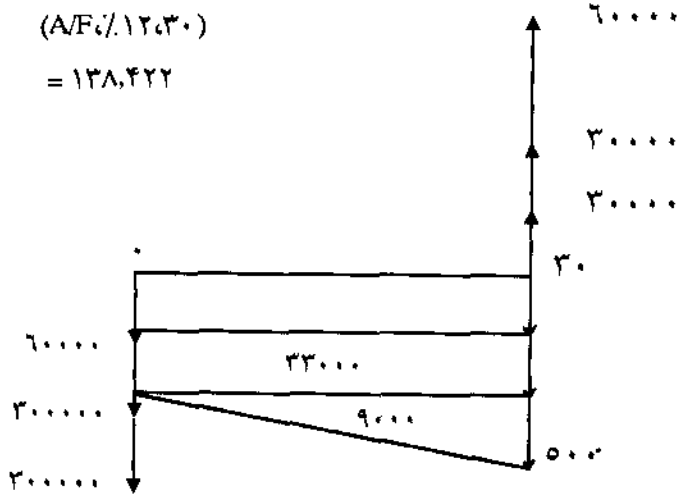


خرید

EUAC =(۱۵۰,۰۰۰ +۶۵۰,۰۰۰)(A/P،٪۱۲،۳۰) +۴۰,۰۰۰–(۱۵۰,۰۰۰+۶۵,۰۰۰)

(A/F،٪۱۲،۳۰)

= ۱۳۸,۴۲۲



تغییرمدل

$$EUAC = ۶۶۰,۰۰۰\ (A/P,٪۱۲,۳۰) + ۳۳,۰۰۰ + ۹,۰۰۰ + ۵۰۰\ (A/G,٪۱۲,۳۰)$$
$$- ۱۲۰,۰۰۰\ (A/F,٪۱۲,۳۰)$$
$$= ۱۲۷,۰۸۵$$

طرح تغییر مدل ساختمانهای موجود، اقتصادی‌تر است.

● مثال ۶-۱۳- یک کامپیوتر مدل "۳۰ – SK" دو سال پیش به مبلغ ۱۶,۰۰۰ واحد پولی خریداری شده است. این کامپیوتر به روش استهلاک خط مستقیم، و عمر استهلاک ۴ سال مستهلک می‌شود. ارزش اسقاطی پس از چهار سال صفر است. به علت تغییر مدل و پیشرفت تکنولوژی قیمت کامپیوتر مدل (۳۰ – SK) از ۱۶,۰۰۰ واحد پولی به ۹,۹۵۰ واحد پولی کاهش یافته است. یک شرکت فروشندهٔ وسایل اداری پیشنهاد کرده است که کامپیوتر مدل قدیمی (۳۰ – SK) با کامپیوتر مدل جدید (۴۰ – EL) که قیمت آن ۱۲,۰۰۰ واحد پولی است تعویض شود و کامپیوتر قدیمی به عنوان قسمتی از هزینه خرید کامپیوتر جدید، یعنی به مبلغ ۳,۵۰۰ واحد پولی محسوب شود.

اطلاعات بدست آمده مبین آن است که قیمت نقدی (۴۰ – EL) برابر ۱۰,۵۰۰ واحد پولی و قیمت بازاری (۳۰ – SK) که دو سال کار کرده است ۲,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد هزینه تعمیر و نگهداری کامپیوتر (۳۰ – SK) برابر ۸۰۰ واحد پولی در سال بوده و کامپیوتر جدید (۴۰ – EL) هزینه‌تعمیرات ونگهداری ندارد. انتظارمی‌رودکه هر دو کامپیوتر برای ۵ سال آتی‌کارکنند. (۳۰ – SK) درپایان سال پنجم دارای ارزشی نیست ولی (۴۰ – EL) را می‌توان به قیمت ۲,۵۰۰ واحد پولی فروخت و نیز (۴۰ – EL) بخاطر سادگی و سرعت عمل دارای صرفه‌جوئی ۱,۲۰۰ واحد پولی در سال است. اگر MARR = ٪۱۰ قبل از مالیات باشد، آیا کامپیوتر مدل (۳۰ – SK) با مدل جدید (۴۰ – EL) تعویض گردد یا خیر؟

حل: هزینه اولیه‌ای که به کامپیوتر مدل (۳۰ – SK) نسبت می‌دهیم، قیمت بازاری آن

است. خلاصه اطلاعات دو طرح بشرح زیر است:

	مدافع کامپیوتر مدل قدیمی (SK – ۳۰)	رقیب کامپیوترمدل‌جدید (EL – ۴۰)
هزینه اولیه	۲,۰۰۰	۱۰,۵۰۰
ارزش اسقاطی	—	۲,۵۰۰
هزینه سالیانه	۸۰۰	—
درآمد سالیانه	—	۱,۲۰۰
عمرمورداستفاده	۵	۵

EUAC، برای هر دو طرح قبل از مالیات محاسبه می‌گردد:

$$EUAC_{(SK-30)} = ۲,۰۰۰\,(A/P, ٪۱۰, ۵) + ۸۰۰ = ۱۳۲۷/۶$$

$$EUAC_{(EL-40)} = ۱۰,۵۰۰\,(A/P, ٪۱۰, ۵) - ۱,۲۰۰ - ۲,۵۰۰\,(A/F, ٪۱۰, ۵) = ۱۱۶۰/۴$$

چون کامپیوتر مدل (EL – ۴۰) دارای هزینه یکنواخت سالیانه کمتری است، اقتصادی‌تر است و می‌توان کامپیوتر قدیمی را با آن تعویض کرد. توجه داشته باشید که مقایسه بین دو کامپیوتر، یک مقایسهٔ قبل از مالیات بوده است.

● مثال ۷-۱۳- در مثال (۶-۱۳) اگر نرخ مالیات بر درآمد ٪۵۰، حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول ٪۸ پس از مالیات و دوره مقایسه ۵ سال باشد، تعیین کنید چنانچه کامپیوتر "EL – ۴۰" با توجه به روش استهلاک خط مستقیم و عمر استهلاک ۴ سال مستهلک شود و ارزش اسقاط آن در پایان سال چهارم و پنجم ۲,۵۰۰ واحد پولی باشد و کامپیوتر "SK – ۳۰" قبلاً دو سال کار کرده باشد، آیا تعویض صورت‌پذیر یا خیر؟

حل: برای طرح نگه‌داشتن کامپیوتر مدل قدیمی (SK – ۳۰) جدول زیر تشکیل می‌شود:

n	CFBT	D	IT	TX	CFAT
۰	−۲,۰۰۰	—	—	—	−۲,۰۰۰
۱	−۸۰۰	۴,۰۰۰	−۴,۸۰۰	−۲,۴۰۰	۱,۶۰۰
۲	−۸۰۰	۴,۰۰۰	−۴,۸۰۰	−۲,۴۰۰	۱,۶۰۰
۳	−۸۰۰	—	−۸۰۰	−۴۰۰	−۴۰۰
۴	−۸۰۰	—	−۸۰۰	−۴۰۰	−۴۰۰
۵	−۸۰۰	—	−۸۰۰	−۴۰۰	−۴۰۰

در جدول فوق مقدار درآمد ناخالص سالیانه مجهول برابر GI فرض شده است که این مقدار همچنین برابر است با درآمد ناخالص سالیانه کامپیوتر "۴۰ − EL" که در جدول فوق و جدول بعدی باید بطور فرضی در ستون CFBT قرار گیرند و بدیهی است در ستون CFAT در هر دو جدول به صورت GI/۲ مشاهده خواهند شد و نتیجه تصمیم‌گیری را تغییر نخواهند داد.

برای طرح خرید کامپیوتر مدل جدید "۴۰ − EL":

n	CFBT	D	IT	TX	CFAT
۰	−۱۰,۵۰۰	—	—	—	−۱۰,۵۰۰
۱	۱,۲۰۰	۲,۰۰۰	−۸۰۰	−۴۰۰	۱,۶۰۰
۲	۱,۲۰۰	۲,۰۰۰	−۸۰۰	−۴۰۰	۱,۶۰۰
۳	۱,۲۰۰	۲,۰۰۰	−۸۰۰	−۴۰۰	۱,۶۰۰
۴	۱,۲۰۰	۲,۰۰۰	−۸۰۰	−۴۰۰	۱,۶۰۰
۵	۱,۲۰۰	—	۱,۲۰۰	۶۰۰	۶۰۰
	۲,۵۰۰				۲,۵۰۰

EUAC را برای هر یک از دو طرح محاسبه می‌کنیم:

$$EUAC_{(SK-۳۰)} = [۲,۰۰۰ - ۱,۶۰۰\ (P/A, ٪۸, ۲) - ۴۰۰\ (P/A, ٪۸, ۳)(P/F, ٪۸, ۲)]\ (A/P, ٪۸, ۵) = ۰/۲۵۰۴۶$$

$$EUAC_{(EL-۴۰)} = ۱۰,۵۰۰\ (A/P, ٪۸, ۵) - ۱,۶۰۰ - ۱,۵۰۰\ (A/F, ٪۸, ۵) = ۷۷۴/۱۴$$

چون EUAC کامپیوتر "۳۰ - SK" پس از مالیات کمتر است، بعنوان طرح اقتصادی‌تر انتخاب و نگهداری آن توصیه می‌شود.

عمر مفید رقیب بیشتر از عمر باقیمانده مدافع است

در فصول ششم و هفتم برای مقایسه طرحها با عمر متفاوت به وسیلهٔ روش ارزش فعلی و یکنواخت سالیانه، فرضیات زیر بکار برده شد:

۱ـ وقتی طرحی به پایان عمر مفیدش می‌رسد، فرض می‌شود که بتوان آن را با طرح مشابهی با همان هزینه‌ها و کارآئی تعویض کرد.

۲ـ عمر مفید، مضرب مشترکی از عمر طرحها بود و یا طرح انتخابی برای برآوردن احتیاجات دائمی ادامه می‌یافت.

در تحلیل تعویض، این فرضیات در مورد رقیب قابل قبول می‌باشد اما برای مدافع، وقتی که عمر اقتصادی آن به پایان می‌رسد، این فرضیات واقعی نیستند چراکه مدافع، وسیله‌ای قدیمی است که کارآئی آن کاهش یافته و قیمت آن نسبتاً کم است.

بنابراین در این حالت مساله عبارت است از اینکه آیا مدافع را تعویض کنیم یا هنوز به استفاده از آن ادامه دهیم؟ به عبارت دیگر مساله این است که تعویض چه موقع صورت پذیرد و هنگامی که مدافع تعویض می‌شود، باید آن را با بهترین گزینه در دسترس، یعنی رقیب جایگزین نمود.

● مثال ۸ـ۱۳ـ شرکتی ماشین خاصی را سه سال قبل خریداری کرده است. با توجه به ارزش بازاری فعلی، هزینه یکنواخت سالیانه آن ۵,۲۱۰ واحد پولی و با توجه به سرعت رشد تکنولوژی، عمر باقیماندهٔ آن ۵ سال تخمین زده می‌شود. تعویض این ماشین

(خرید ماشین جدید) مستلزم هزینه اولیه ۲۵,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاط ۳,۸۰۰ واحد پولی برای ماشینی با عمر مفید ۱۲ سال است که هزینه عملیاتی سالیانه آن ۷۲۰ واحد پولی در سال می‌باشد. اگر این شرکت از حداقل نرخ جذب کننده ۱۰ درصد استفاده نماید و هدف، نگهداری ماشین جدید در تمام عمر مفید پیش‌بینی شدهٔ آن باشد، آیا تعویض صورت پذیرد؟

حل: برای رقیب، دورهٔ مطالعه ۱۲ سال را در نظر می‌گیریم:

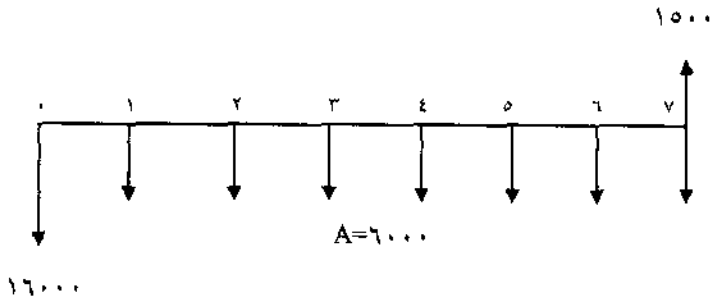
$EUAC_D = ۵,۲۱۰$

$EUAC_C = ۲۵,۰۰۰\ (A/P\ ،٪۱۰\ ،۱۲) - ۳,۸۰۰\ (A/F\ ،٪۱۰\ ،۱۲) + ۷۲۰ = ۴,۲۱۱$

ملاحظه می‌شود که خرید ماشین جدید نسبت به نگهداری ماشین فعلی هزینه کمتری دارد.

● مثال ۹-۱۳- قیمت فعلی ماشینی ۲,۵۰۰ واحد پولی ولی در سال آینده قیمت آن ۱,۵۰۰ واحد پولی است و پس از آن هر ساله ۵۰۰ واحد پولی کاهش خواهد یافت. هزینه عملیاتی آن در سال جاری ۸,۰۰۰ واحد پولی است که پیش‌بینی می‌شود هر سال ۱,۰۰۰ واحد پولی در اثر استهلاک ماشین، افزایش یابد. این ماشین پس از ۴ سال بازنشسته می‌شود و ارزش اسقاطی آن صفر خواهد بود. ماشین جدیدی با ظرفیت تولیدی مشابه می‌تواند به قیمت ۱۶,۰۰۰ خریداری شود. انتظار می‌رود که هزینه‌های عملیاتی سالیانه آن ۶,۰۰۰ واحد پولی و تا پایان ۷ سال عمر مفید آن ثابت باشد. در این هنگام ارزش اسقاطی ماشین ۱,۵۰۰ واحد پولی خواهد بود. در ۷ سال آینده پیشرفت چشمگیری در طرح این نوع ماشین ایجاد نخواهد شد. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۲ درصد باشد، آیا ماشین موجود تعویض گردد؟ اگر پاسخ مثبت است چه موقع؟

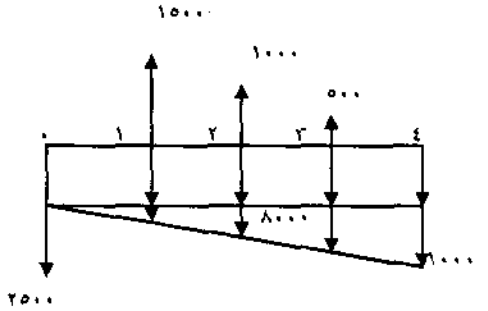
حل: هزینه سالیانه معادل رقیب بشرح زیر است:



رقیب

واحدپولی ۹,۳۵۶ = (A/F،٪۱۲،۷) ۱,۵۰۰ −۶،۰۰۰+(A/P،٪۱۲،۷) ۱۶,۰۰۰ = EUAC

عمر اقتصادی مدافع عبارت است از:

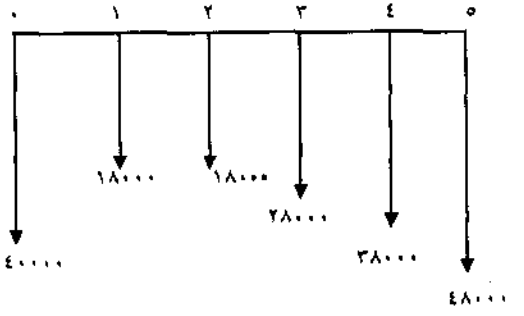


n	− SV (A/F ، ٪۱۲ ، n) + ۲,۵۰۰ (A/P ، ٪۱۲ ، n)	۸,۰۰۰+۱,۰۰۰ (A/G ، ٪۱۲ ، n)	کل EUAC
۱	۱,۳۰۰	۸,۰۰۰	۹,۳۰۰*
۲	۱,۱۰۸	۸,۴۷۲	۹,۶۸۰
۳	۸۹۱/۶	۸,۹۲۵/۴	۹,۸۱۷
۴	۸۲۳	۹,۳۵۹	۱۰,۱۸۲

مشاهده می‌شود که عمر اقتصادی مدافع از هم‌اکنون یکسان است. پس پیشنهاد می‌شود که ماشین مدافع یکسال نگهداری شود و سپس ماشین رقیب خریداری گردد.

● مثال ۱۰-۱۳- برای تعیین اینکه آیا وسایل موجود یک کارخانه (مدافع) تعویض شوند یا خیر باید بررسی اقتصادی انجام شود. اگر بخواهیم وسایل موجود بکار ادامه دهند، هزینه تعمیرات کلی در حال حاضر ۴۰,۰۰۰ واحد پولی است و برای دو سال آینده هر سال ۱۸,۰۰۰ واحد پولی تخمین زده شده است و پیش‌بینی می‌شود که پس از آن هر سال ۱۰,۰۰۰ واحد پولی افزایش یابد. قیمت فعلی و ارزش اسقاطی مدافع صفر می‌باشد. وسایل مثال ۳-۱۳ بعنوان رقیب در نظر گرفته شده است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ باشد، یک تحلیل تعویض انجام دهید تا مشخص شود که آیا جایگزینی انجام گیرد یا خیر؟

حل: با توجه به شکل فرآیند مالی مدافع، عمر اقتصادی آن عبارت خواهد بود از:



سال n	هزینه سالیانه تعمیرات اساسی ۴۰,۰۰۰ (A/P ، ٪۸ ، n)	هزینه تعمیرات سالیانه EUAC	کل EUAC
۱	۴۳,۲۰۰	۱۸,۰۰۰	۶۱,۲۰۰
۲	۲۲,۴۳۰	۱۸,۰۰۰	۴۰,۴۳۰
۳	۱۵,۵۲۰	۱۸,۰۰۰ + ۳,۰۸۰*	۳۶,۶۰۰*
۴	۱۲,۰۸۰	۱۸,۰۰۰ + ۶,۸۳۰**	۳۶,۹۱۰
۵	۱۰,۰۲۰	۱۸,۰۰۰ + ۱۰,۷۹۰***	۳۸,۸۱۰

* ۱۰,۰۰۰ (A/F ، ٪۸ ، ۳)

** ۱۰,۰۰۰ (P/G ، ٪۸ ، ۳) (P/F ، ٪۸ ، ۱) (A/P ، ٪۸ ، ۴)

*** ۱۰,۰۰۰ (P/G ، ٪۸ ، ۴) (P/F ، ٪۸ ، ۱) (A/P ، ٪۸ ، ۵)

عمر اقتصادی باقیماندهٔ مدافع با توجه به حداقل بودن EUAC برابر ۳ سال است. در حالیکه در مثال (۳ـ۱۳) بهترین عمر مفید رقیب n = ۶ سال بود، بنابراین:

رقیب

EUAC = ۳۵,۲۹۰

مدافع

EUAC = ۳۶,۶۰۰

بنابراین گزینه رقیب باید به جای مدافع نصب شود و جایگزینی انجام گیرد.

نگاهی دقیقتر به رقیب

تاکنون رقیب بعنوان بهترین گزینه در دسترس برای تعویض با مدافع تعریف شده است. اما با گذشت زمان، بهترین گزینه در دسترس هم ممکن است تغییر کند و با توجه به روند پیشرفت تکنولوژی بنظر می‌رسد که **در آینده** گزینه‌های بهتری نسبت به رقیب

فعلی بوجود آیند. اگر چنین حقیقتی را قبول کنیم دورنمای وجود رقیبهای بهتر در آینده ممکن است در تصمیم‌گیری بین مدافع و رقیب در حال حاضر تاثیر بگذارد.

شکل (۱-۱۳) دو تخمین احتمالی برای گزینه‌های رقیب را نشان می‌دهد:

شکل (۱-۱۳) دو طریقه ممکن که در آن EUAC برای طرحهای رقیب در آینده کاهش می‌یابد را نشان می‌دهد.

همانطور که ملاحظه می‌شود گاهی هزینه یکنواخت سالیانه در رابطه با طرحهای رقیب در آینده، هر سال به مقدار ثابتی نسبت به سال قبل کاهش می‌یابد و در پاره‌ای مواقع ممکن است تغییرات تکنولوژی یکباره انجام شده و باعث پیشرفت سریع رشد رقیب گردد.

یکی از فرضیات ممکن این است که با کاهش در هزینه‌ها و یا افزایش در منافع در شکل (۱-۱۳) در یک منحنی کاهش یکنواخت فرض شود که هر طرح رقیب در آینده دارای یک EUAC حداقل است که به مقدار ثابتی کمتر از مقدار مشابه گزینه رقیب سال

قبل است. اگر طرح رقیب در آینده بهتر از رقیب فعلی باشد، چه تاثیری می‌تواند بر روی گزینه‌ها در حال حاضر بنماید؟

انتظار رقیب بهتر در آینده باعث می‌شود که در مواردی به دلیل تعویض در آینده با رقیب بهتر، گزینه رقیب را در حال حاضر رد نمائیم و از طرح مدافع تا تعویض آن در آینده استفاده کنیم. به بیان دیگر می‌توان گفت که رقیب فعلی با در نظر گرفتن رقیبهای بهتر در آینده، دیگر مطلوب نخواهد بود. مثال زیر این حالت را تشریح می‌کند.

● مثال ۱۱-۱۳- مثال قبل را با اطلاعات زیر در نظر بگیرید:

پیش‌بینی شده است که طرحهای رقیب در آینده، پیشرفته‌تر بوده و پس از هر سال (از n = ۶ سال بهترین عمر مفید)، EUAC طرح رقیب جدید، نسبت به طرح قبلی ۱,۰۰۰ واحد پولی کاهش یابد. طرحهای رقیب را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

A: نگهداری مدافع

B: تعویض مدافع با رقیب فعلی

C: از مدافع یک سال استفاده کرده، آن را در سال آینده با رقیب بهتر تعویض نمائیم.

D: از مدافع دو سال استفاده کرده، آن را با رقیب بهتر تعویض نمائیم.

E: از مدافع سه سال دیگر استفاده کرده، آن را با رقیب بهتر تعویض نمائیم.

F: از مدافع چهار سال دیگر استفاده کرده، آن را با رقیب بهتر تعویض نمائیم:

و غیره.

در اینجا باید تاکید شود که طرحهائی که در بالا آمده است، به این سوال پاسخ می‌گویند که آیا باید مدافع را در حال حاضر تعویض کرد یا باید از آن یکسال یا بیشتر استفاده نمود؟ اگر طرح B از بین طرحهای فوق، اقتصادی‌ترین باشد، تصمیم این خواهد بود که مدافع را در حال حاضر تعویض کنیم و اگر هر یک از طرحهای دیگر اقتصادی باشند، تصمیم عبارت خواهد بود از اینکه مدافع را تا سال دیگر مورد استفاده قرار داده، بعد از یکسال مجدداً بررسی نمائیم.

قبلاً محاسبات لازم برای تعیین EUAC برای مدافع و رقیب فعلی را برای بهترین

عمر مفید آنها انجام داده و نتیجه گرفته شد:

$EUAC_A$ = ۳۶,۶۰۰ واحد پولی

$EUAC_B$ = ۳۵,۲۹۰ واحد پولی

در جدول (۳ـ۱۳) طرحهای B تا F به صورت جداگانه نشان داده شده‌اند. همانطوریکه در اطلاعات مربوطه ذکر شد، EUAC رقیب هر سال ۱,۰۰۰ واحد پولی از EUAC رقیب سال قبل کمتر است.

B	C	D	E	F
رقیب فعلی	مدافع برای ۱ سال	مدافع برای ۲ سال	مدافع برای ۳ سال	مدافع برای ۴ سال
EUAC=۳۵,۲۹۰	EUAC=۳۴,۲۹۰	EUAC=۳۳,۲۹۰	EUAC=۳۲,۲۹۰	EUAC=۳۱,۲۹۰
عمر ۶ سال	رقیب سال آینده	رقیب دوسال دیگر از حالا	رقیب سه‌سال دیگر از حالا	رقیب چهارسال دیگر از حالا
	عمر ۶ سال	عمر ۶ سال	عمر ۶ سال	عمر ۶ سال

جدول (۳ـ۱۳)

در مثال ۱۰ـ۱۳ ، EUAC برای نگهداشتن مدافع محاسبه شده بود:

EUAC	سال بازنشسته شدن مدافع (n)
۶۱,۲۰۰	۱
۴۰,۴۳۰	۲
۳۶,۶۰۰	۳
۳۶,۹۱۰	۴

کتابخانه مرکز آموزش عالی
دجاء

با این ارقام می‌توان EUAC را برای طرحهای C تا F بدست آورد که عبارت است از ترکیب استفاده از مدافع برای مدت یکسال یا بیشتر به اضافهٔ ۶ سال جهت رقیب آینده. برای طرحهای C تا F داریم:

$$EUAC = [EUAC_{\text{مدافع}}(P/A, i\%, n) + EUAC_{\text{رقیب}}(P/A, i\%, 6)(P/F, i\%, n)](A/P, i\%, n+6)$$

$$EUAC_C = [۶۱,۲۰۰\ (P/A, ۸\%, ۱) + ۳۴,۲۹۰\ (P/A, ۸\%, ۶)(P/F, ۸\%, ۱)]\ (A/P, ۸\%, ۷) =$$

$$= [۶۱,۲۰۰\ (۰/۹۲۶) + ۳۴,۲۹۰\ (۴/۶۲۳)\ (۰/۹۶۲)]\ (۰/۱۹۲۱) = ۳۹,۰۹۰$$

$$EUAC_D = [۴۰,۴۳۰\ (P/A, ۸\%, ۲) + ۳۳,۲۹۰\ (P/A, ۸\%, ۶)(P/F, ۸\%, ۲)]\ (A/P, ۸\%, ۸)$$

$$= ۳۵,۵۰۰$$

$$EUAC_E = [۳۶,۶۰۰\ (P/A, ۸\%, ۳) + ۳۲,۲۹۰\ (P/A, ۸\%, ۶)\ (P/F, ۸\%, ۳)]\ (A/P, ۸\%, ۹)$$

$$= ۳۴,۰۷۰$$

$$EUAC_F = [۳۶,۹۲۰\ (P/A, ۸\%, ۴) + ۳۱,۲۹۰\ (P/A, ۸\%, ۶)\ (P/F, ۸\%, ۴)]\ (A/P, ۸\%, ۱۰)$$

$$= ۳۴,۰۶۰$$

نتایج طرحها را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

طرح		EUAC
A	استفاده از مدافع	۳۶,۶۰۰
B	تعویض با رقیب	۳۵,۲۱۰
C	مدافع ۱ سال ـ رقیب بهتر ۶ سال	۳۹,۰۹۰
D	مدافع ۲ سال ـ رقیب بهتر ۶ سال	۳۵,۵۰۰
E	مدافع ۳ سال ـ رقیب بهتر ۶ سال	۳۴,۰۷۰
F	مدافع ۴ سال ـ رقیب بهتر ۶ سال	۳۴,۰۶۰

تصمیم، عبارت است از اینکه مدافع را نگهداریم و در سال آینده مجدداً تجزیه و

تحلیل تعویض را انجام دهیم.

مطلوبیت کوتاهتر کردن عمر رقیب

همانطور که ملاحظه گردید، اگر انتظار داشته باشیم که در آینده طرحهای رقیب بهتری در دسترس باشند، این انتظار باعث کاهش مطلوبیت رقیب فعلی می‌گردد. وجود یک سری طرحهای رقیب پیشرفته‌تر و مساله دوگزینه‌ای «مدافع ـ رقیب» را به یک مساله چندگزینه‌ای با محاسبات خیلی زیاد تبدیل می‌کند. برای کاهش مقدار محاسبات، تکنیکی که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد، این است که عمر رقیب، کمتر در نظرگرفته شود.

اگر عمر رقیب در مثال ۱۰ـ۱۳ به جای ۶ سال ۴ سال فرض می‌شد، EUAC رقیب به ۳۸،۶۱۰ واحد پولی افزایش می‌یافت (مثال ۳ـ۱۳) و باعث تغییر تصمیم‌گیری در مثال ۱۰ـ۱۳ و نگهداشتن مدافع در حال حاضر بود. بنابراین کوتاه کردن عمر رقیب به اندازهٔ $\frac{1}{3}$ عمر مفید آن منتج به همان می‌شود که در مثال ۱۱ـ۱۳ به آن رسیدیم. گرچه رویکرد عمومی در این کتاب این است که محاسبات دقیق را مورد بررسی قرار دهیم، لیکن به نظر می‌رسد که کوتاه کردن عمر رقیب جهت خنثی کردن طرحهای رقیب بهتر در آینده یک راه حل عملی برای اجتناب از طولانی شدن محاسبات باشد.

● مثال ۱۲ـ۱۳ـ ادارهٔ آتش‌نشانی ۳ سال پیش یک کامیون اطفای حریق خریداری کرده است. در اثر رشد تکنولوژی، در قسمت معینی از شهر به کامیونی با ظرفیت بیشتر نیاز است. می‌توان کامیون مشابهی خریداری نمود و یا کامیون فعلی را با ماشینی که ظرفیت آن دوبرابر ظرفیت ماشین فعلی است، تعویض نمود. داده‌های مربوطه در جدول ۴ـ۱۳ داده شده است. اگر MARR = ۱۲٪ باشد دو طرح را برای:

الف) یک دوره ۱۲ سال مقایسه کنید.

ب) اعتقاد مسئولین بر این است که با توجه به رشد جمعیت بهتر است دورهٔ بررسی را کوتاه کرد. برای n = ۹ سال طرحها را مقایسه کنید.

کامیونی با ظرفیت دوبرابر	کامیون مشابه	کامیون فعلی	
۷۲,۰۰۰	۵۸,۰۰۰	۵۱,۰۰۰	هزینه اولیه (P)
۲,۵۰۰	۱,۵۰۰	۱,۵۰۰	هزینه‌های عملیاتی
—	—	۱۸,۰۰۰	قیمت مبادله‌ای
٪۱۰(P)	٪۱۲(P)	٪۱۰(P)	ارزش اسقاطی
۱۲	۱۲	۱۲	عمر مفید

جدول ۴ـ۱۳ داده‌های آنالیز تعویض اداره آتش‌نشانی

حل: طرح A عبارت است از نگهداری و استفاده از کامیون فعلی و خرید یک کامیون مشابه و طرح B عبارت است از خرید کامیونی که ظرفیت آن دوبرابر ظرفیت کامیون فعلی است. جزئیات دو طرح بشرح زیر است:

طرح A		طرح B
کامیون فعلی	کامیون کمکی	کامیون با ظرفیت دوبرابر
P = ۵۱,۰۰۰	P = ۵۸,۰۰۰	P = ۷۲,۰۰۰
A = ۱,۵۰۰	A = ۱,۵۰۰	A = ۲,۵۰۰
SV = ۵,۱۰۰	SV = ۶,۹۶۰	SV = ۷,۲۰
n = ۹	n = ۱۲	n = ۱۲

الف) برای دورهٔ n = ۱۲ سال:

$$EUAC_A = \underset{\text{کامیون فعلی}}{EUAC} + \underset{\text{کامیون مشابه}}{EUAC}$$

$$= [۱۸,۰۰۰\,(A/P\,،٪۱۲\,،۹) - ۵,۱۰۰\,(A/F\,،٪۱۲\,،۹) + ۱,۵۰۰] +$$

$$[۵۸,۰۰۰\,(A/P\,،٪۱۲\,،۱۲) - ۶,۹۶۰\,(A/F\,،٪۱۲\,،۱۲) + ۱,۵۰۰]$$

$$EUAC_A = ۴,۵۳۳ + ۱۰,۵۷۵ = ۱۵,۱۰۸$$

$EUAC_B = ۷۲,۰۰۰ (A/P ،٪۱۲ ،۱۲) - ۷,۲۰۰ (A/F ،٪۱۲،۱۲) + ۲,۵۰۰ = ۱۳,۸۲۵$

خرید کامیونی با ظرفیت دوبرابر (طرح B) دارای منافع ۱,۲۸۳ واحد پولی در سال نسبت به طرح A است.

ب) آنالیز برای دوره n = ۹ سال بطور مشابه بوده و خواهیم داشت:

$EUAC_A = ۱۶,۴۴۷$

$EUAC_B = ۱۵,۵۲۶$

مجدداً طرح B انتخاب می‌شود ولی در اینجا مابه‌التفاوت دو طرح، ۹۲۱ واحد پولی است.

اگر افق برنامه‌ریزی از این حد کوتاهتر شود، تصمیم تغییر می‌نماید.

ارزش تعویض مدافع

تفاوت $EUAC_D$ مدافع و $EUAC_C$ رقیب را ارزش تعویض مدافع گویند:

$EUAC_D - EUAC_C = ۰$

اگر $EUAC_D$ بیشتر از $EUAC_C$ باشد، تعویض اقتصادی است.

● مثال ۱۳-۱۳- ماشینی که ۳ سال کار کرده است دارای هزینه عملیاتی سالیانه ۹,۵۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی ۳,۵۰۰ واحد پولی در پایان عمر مفید خود که بیش از ۷ است می‌باشد. رقیب انتخاب شده دارای هزینه اولیه ۲۸,۰۰۰ واحد پولی و عمر ۱۴ سال و ارزش اسقاطی ۲,۰۰۰ واحد پولی بوده و هزینه عملیاتی سالیانه آن ۵,۵۰۰ واحد پولی است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ باشد حداقل ارزش مبادله‌ای که می‌توان برای ماشین ۳ سال کار کرده پذیرفت و دستگاه جدید را خرید، چقدر است؟

حل: برای محاسبهٔ ارزش تعویض مدافع باید EUAC را داشته باشیم:

$EUAC_D = P(A/P،٪۱۵،۷) - ۳,۵۰۰ (A/F،٪۱۵،۷) + ۹,۵۰۰ = ۰/۲۴۰۳۶P + ۹/۱۸۴$

$EUAC_C = ۲۸,۰۰۰(A/P،٪۱۵،۱۴) - ۲,۰۰۰ (A/F،٪۱۵،۱۴) + ۵,۵۰۰ = ۱۰,۳۴۲$

از رابطهٔ ارزش تعویض مدافع نتیجه می‌شود که:

$۰/۲۴۰۳۶P + ۹/۱۸۴ - ۱۰,۳۴۲ = ۰$

$P = ۴,۸۱۴$

اگر ارزش مبادله‌ای بیشتر از ۴,۸۱۴ واحد پولی باشد، باید رقیب خریداری گردد و لذا تعویض، اقتصادی است.

مسائل فصل سیزدهم

● ۱ـ۱۳ـ ماشینی ۵ سال پیش به قیمت ۴۰,۰۰۰ واحد پولی با عمر مفید ۱۰ سال خریداری شده است. مقادیر ارزش اسقاطی و هزینه‌های عملیاتی و تعمیر و نگهداری سنوات گذشته و مقادیر تخمینی سالهای آینده داده شده است. اگر MARR = ٪۱۰ باشد، چند سال دیگر می‌توان از این ماشین استفاده کرد؟

سال	هزینه عملیاتی	هزینه تعمیر و نگهداری	ارزش اسقاطی
۱	۱,۵۰۰	۲,۰۰۰	۲۵,۰۰۰
۲	۱,۶۰۰	۲,۰۰۰	۲۵,۰۰۰
۳	۱,۷۰۰	۲,۰۰۰	۲۲,۰۰۰
۴	۱,۸۰۰	۲,۰۰۰	۲۲,۰۰۰
۵	۱,۹۰۰	۲,۰۰۰	۱۵,۰۰۰
۶	۲,۰۰۰	۲,۱۰۰	۵,۰۰۰
۷	۲,۱۰۰	۲,۷۰۰	۵,۰۰۰
۸	۲,۲۰۰	۳,۳۰۰	—
۹	۲,۳۰۰	۳,۹۰۰	—
۱۰	۲,۴۰۰	۴,۵۰۰	—

● ۲ـ۱۳ـ یک دارائی با مشخصات زیر مفروض است:

سال (n)	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ارزش اسقاطی در پایان سال n	۱۵,۰۰۰	۱۱,۰۰۰	۸,۰۰۰	۶,۰۰۰	۵,۰۰۰	۴,۰۰۰	۳,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	—	۳,۰۰۰	۳,۵۰۰	۴,۱۱۰	۴,۸۰۰	۵,۶۰۰	۶,۵۰۰

سال (n)	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
ارزش اسقاطی در پایان سال n	۲,۵۰۰	۲,۰۰۰	۱,۵۰۰	۱,۰۰۰	۷۰۰	۵۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه	۷,۵۰۰	۸,۶۰۰	۹,۸۰۰	۱۱,۱۰۰	۱۲,۵۰۰	۱۴,۰۰۰

قیمت خرید این دارائی ۱۵,۰۰۰ واحد پولی و عمر فیزیکی بالقوهٔ آن ۱۲ سال است. با ۱۰٪ = MARR عمر اقتصادی دارائی را تعیین نمائید.

● ۳-۱۳- اطلاعات زیر را برای تحلیل تعویض در نظر بگیرید.
هزینه اولیه: ۱۲,۰۰۰ واحد پولی است.
هزینه تعمیرات و نگهداری سالیانه در ۳ سال اول صفر، در پایان سال چهارم و سال پنجم ۲,۰۰۰ و پس از آن هر سال ۲,۵۰۰ واحد پولی افزایش می‌یابد. قیمت اسقاطی در هر سال صفر است و از مالیات بر درآمد صرف‌نظر می‌شود. با فرض اینکه حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ باشد بهترین عمر مفید رقیب را محاسبه کنید.

● ۴-۱۳- ماشین جدیدی به قیمت ۵۵,۰۰۰ واحد پولی خریداری شده است. فرض می‌شود که بتوان این ماشین را در پایان هر سال به مبلغی معادل ارزش دفتری آن، براساس روش استهلاک جمع ارقام سنوات (SOYD) و عمر استهلاک ۱۰ سال و ارزش اسقاطی صفر در پایان ۱۰ سال، به فروش رسانید. در طول سال اول هزینه تعمیرات و نگهداری توسط سازنده پرداخت خواهد شد. هزینه‌های تعمیرات و نگهداری در پایان سال دوم ۱,۷۰۰ واحد پولی، در پایان سال سوم ۳,۴۰۰ واحد پولی و سال چهارم ۵,۱۰۰ واحد پولی است و به همین ترتیب با شیب یکنواخت افزایش می‌یابد. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ باشد، اقتصادی‌ترین عمر ماشین چند سال است؟

● ۵-۱۳- قیمت بازاری یکی از ماشینهای کارخانه‌ای ۲۵۰,۰۰۰ واحد پولی است. این ماشین ۲ سال پیش خریداری شده است. قیمت اسقاطی و هزینه‌های تعمیرات و

نگهداری این ماشین به صورت زیر برقرار شده است. عمر اقتصادی ماشین موردنظر چند سال است؟

عمر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
باقی‌مانده قیمت اسقاطی	۲۰۰,۰۰۰	۱۷۵,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰	۱۲۵,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰
هزینه تعمیرات و نگهداری	—	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۲۵,۰۰۰	۳۰,۰۰۰	۳۵,۰۰۰

(حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول برای این کارخانه ۱۰ درصد می‌باشد.)

● ۶ـ۱۳ـ شرکتی اطلاعات زیر را برای خرید یکی از لوازم اداری خود جمع‌آوری نموده است. هزینه اولیه این وسیله اداری ۳۰,۰۰۰ واحد پولی بوده و در سال اول نیازی به تعمیرات و نگهداری ندارد اما هزینه تعمیرات در سال دوم ۲,۰۰۰ واحد پولی برآورد شده است و چنین پیش‌بینی می‌شود که هر سال ۲,۰۰۰ واحد پولی نسبت به سال قبل افزایش یابد. در ضمن این وسیله در پایان عمر مفید خود دارای ارزش اسقاطی نمی‌باشد. اگر حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول ۸٪ باشد، عمر اقتصادی مورد انتظار این دستگاه چند سال است؟

● ۷ـ۱۳ـ یک واحد صنعتی برای تهیه آب مورد نیاز خود از پمپ گریز از مرکز استفاده می‌کند. این پمپ ۳ سال پیش به قیمت ۱۳,۵۰۰ واحد پولی خریداری شد و دارای ارزش دفتری فعلی ۱۰,۰۵۰ واحد پولی با روش استهلاک خط مستقیم و عمر مفید ۱۰ سال می‌باشد. به علت توسعهٔ تکنولوژی، تقاضا برای این نوع پمپ کم شده است، بطوریکه قیمت فروش فعلی آنها تنها ۵,۰۰۰ واحد پولی است. برآورد می‌شود که ارزش اسقاطی

این پمپ پس از ۷ سال از هم‌اکنون ۲,۰۰۰ واحد پولی باشد.

پمپ بهتری از همان نوع را می‌توان به قیمت ۱۷,۰۰۰ واحد پولی خریداری نمود. عمر این پمپ ۱۰ سال و ارزش اسقاطی آن در پایان عمر مفیدش ۲,۰۰۰ واحد پولی است. تقاضا برای پمپاژ آب با دبی ۲۲۵ مترمکعب در دقیقه در متوسط عمق ۲۰۰ متر می‌باشد. کارآیی پمپ قدیمی، جهت برآوردن این تقاضا ۷۵٪ و کارآئی پمپ جدید برای برآوردن همان تقاضا ۸۱٪ است. هزینه برق مصرفی ۱ واحد پولی برای هر کیلووات ساعت بوده و پمپ باید ۲,۴۰۰ ساعت در سال کار کند. پمپ‌ها دارای توان مصرفی ۳۰ کیلووات است و ضمناً قیمت هر مترمکعب آب ۱ واحد پولی فرض می‌شود.

الف) اگرحداقل نرخ جذب‌کننده ۱۲٪ قبل‌ازمالیات‌باشد، آیاپمپ‌جدیدخریداری‌گردد؟

ب) با فرض استهلاک خط مستقیم و نرخ مالیاتی ۵۰٪ و حداقل نرخ جذب کننده ۸٪ پس از مالیات، آیا خرید پمپ جدید اقتصادی است؟

● ۸ـ۱۳ـ ماشینی دارای ارزش بازاری ۵۰,۰۰۰ واحد پولی و عمر باقیمانده ۳ سال است. این ماشین در پایان عمر مفید خود هیچگونه ارزش اسقاطی نخواهد داشت. هزینه عملیاتی این ماشین به شرح زیر است:

سال	هزینه عملیاتی
۰	۵۰,۰۰۰
۱	۱۷,۰۰۰
۲	۲۰,۰۰۰
۳	۲۵,۰۰۰

ماشین دیگری با ظرفیت مشابه در دسترس است که هزینه اولیه آن ۱۲۰,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی ۲۰,۰۰۰ واحد پولی در پایان ۵ سال عمر اقتصادی آن و هزینه‌های عملیاتی سالیانه ۷,۰۰۰ واحد پولی است. اگر ۱۲٪ = MARR باشد، آیا

تعویض انجام شود؟ اگر پاسخ مثبت است چه موقع؟

● ۹ـ۱۳ـ ماشین A شش سال پیش با هزینه کل ۸۴,۰۰۰ واحد پولی نصب گردید. در آن زمان تصور می‌شد که عمر ماشین ۱۲ سال و ارزش اسقاطی آن ۱۲,۰۰۰ واحد پولی باشد. هزینه‌های عملیاتی سالیانه شامل استهلاک و هزینه بهره، ثابت و ۲۱,۰۰۰ واحد پولی است.

بازاریابی موفقیت‌آمیز برای یک محصول جدید، تقاضا جهت قطعاتی که توسط ماشین A ساخته می‌شوند را دوبرابر کرده است. تقاضای جدید را می‌توان با خرید ماشین مشابهی که اکنون ۹۶,۰۰۰ واحد پولی است، برآورده ساخت. عمر اقتصادی و هزینه‌های عملیاتی دو ماشین یکسان است و ارزش اسقاطی برای ماشین دوم از نوع A، ۱۶,۰۰۰ واحد پولی است. ماشین B از نوع متفاوت به قیمت ۱۷۰,۰۰۰ واحد پولی و ظرفیت آن دوبرابر ظرفیت ماشین نوع A است. هزینه‌های عملیاتی سالیانه آن حدود ۳۱,۰۰۰ واحد پولی است که در ۱۰ سال عمر اقتصادی آن ثابت خواهد بود. ارزش اسقاطی آن ۴۰,۰۰۰ واحد پولی است. ماشین فعلی می‌تواند به عنوان مبادله با ماشین جدید B به ارزش ۳۰,۰۰۰ واحد پولی به حساب آید. مطلوبست مقایسهٔ دو طرح براساس هزینه یکنواخت سالیانه، اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ باشد.

● ۱۰ـ۱۳ـ با بکاربردن حداقل نرخ جذب کننده ۱۲٪ ارزش فعلی هزینه‌های دو طرح زیر را محاسبه کنید:

طرح I؛ وسایل موجود شرکتی را می‌توان هم‌اکنون به قیمت ۵۰,۰۰۰ واحد پولی فروخت، اما پس از ۳ سال به خاطر تغییرات اساسی که در این نوع وسایل ایجاد خواهد شد هیچگونه ارزش اسقاطی نخواهد داشت. مخارج کنار گذاشتن وسایل قدیمی، پس از سه سال ۱۰,۰۰۰ واحد پولی است. هزینه‌های سالیانه وسایل طرح I، ۳۹,۰۰۰ است.

نوع پیشرفته این وسایل که وارد سال سوم خود می‌شود، دارای هزینه عملیاتی سالیانه ۱۹,۰۰۰ واحد پولی، هزینه اولیه ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی ۲۰,۰۰۰ واحد

پولی در پایان سه سال عمر مفید آن خواهد بود.
طرح II؛ هزینه اولیه ۱۳۵,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی ۵,۰۰۰ واحد پولی در پایان عمر اقتصادی ۶ سال است. هزینه‌های عملیاتی این طرح ۳۰,۰۰۰ واحد پولی در سال است.

● ۱۱-۱۳- یک شرکت زراعی چندین دستگاه تراکتور در اختیار دارد.
تراکتورها هر ۴ سال یکبار به تعمیرات اساسی نیاز خواهند داشت. درگذشته اغلب تراکتورها، پس از ۸ سال و درست قبل از دومین تعمیرات اساسی و بعضی از آنها پس از ۴ سال و درست قبل از اولین تعمیرات اساسی بازنشسته شده‌اند و برخی دیگر تمام ۱۲ سال کار کرده‌اند. برای تجدیدنظر در خط‌مشی گذشتهٔ تعویض، هزینه‌های سالیانه با توجه به سن تراکتور (شامل هزینه تعمیرات جزئی، سوخت و روغنکاری) به صورت زیر برآورد شده است:

سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶
هزینه‌ها	۴۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰	۶۵,۰۰۰	۷۰,۰۰۰

	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
	۷۵,۰۰۰	۸۰,۰۰۰	۸۰,۰۰۰	۸۰,۰۰۰	۸۰,۰۰۰	۸۰,۰۰۰

هزینه اولیه یک تراکتور ۱۶۰,۰۰۰ واحد پولی، ارزش اسقاطی قبل از تعمیرات اساسی در پایان سال چهارم ۵۶,۰۰۰ واحد پولی و در پایان ۸ سال ۱۶,۰۰۰ واحد پولی است. هزینه تعمیرات اساسی در پایان ۴ سال ۵۰,۰۰۰ و در پایان ۸ سال **۷۰,۰۰۰ واحد پولی** است. از ارزش اسقاطی در پایان ۱۲ سال صرفنظر می‌شود. روش **استهلاک جمع ارقام سنوات** با فرض عمر ۸ سال است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۲٪ قبل از مالیات باشد، مطلوبست:

الف ـ مقایسهٔ هزینه‌های یکنواخت سالیانه برای ۴، ۸ و ۱۲ سال قبل از مالیات.

ب ـ آیا یک تراکتور خاص که پس از ۴ سال تعمیر اساسی شده باید ۴ سال دیگر یا بیشتر بکار گرفته شود یا با تراکتور جدیدی تعویض گردد؟

ج ـ اگر نرخ مالیاتی ۵۰٪ و حداقل نرخ جذب کننده ۶٪ پس از مالیات بر درآمد باشد پاسخ قسمت (ب) چیست؟

● ۱۲-۱۳ـ ادارهٔ کشاورزی یکی از استانهای کشور، دو پمپ زیر را برای آبیاری در نظر دارد:

I ـ پمپ فعلی ۳ سال پیش خریداری شده است. می‌توان پمپ مشابه دیگری خریداری نمود تا پاسخگوی تقاضای جدید باشند.

II ـ پمپ جدیدی با ظرفیتی معادل ۲ برابر ظرفیت پمپ فعلی خریداری نمود.

حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول ۱۲٪ است و سایر اطلاعات در جدول زیر داده شده است.

	پمپ موجود	پمپ مشابه	پمپ جدید با ظرفیت دوبرابر
هزینه اولیه	۲۵,۵۰۰	۲۹,۰۰۰	۳۶,۰۰۰
هزینه عملیاتی	۷۵۰	۷۵۰	۱,۲۵۰
قیمت مبادله‌ای	۹,۰۰۰	—	—
ارزش اسقاطی	۲,۵۵۰	۳,۴۸۰	۳,۶۰۰
عمر مفید	۱۲	۱۲	۱۲

الف ـ دو طرح را برای دوره ۱۲ ساله مقایسه کنید.

ب ـ مسئولین این اداره معتقدند که به علت توسعهٔ کشاورزی بهتر است دورهٔ مطالعه کوتاهتر شود. دو طرح را برای دوره ۹ ساله مقایسه کنید. کدام طرح اقتصادی‌تر است؟

● ۱۳-۱۳ـارزش تعویض مدافع موجود را با رقیب محاسبه کنید:
مدافع؛ ماشینی است که ۲ سال کار کرده است. هزینه عملیاتی آن ۴,۵۵۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی آن ۱,۷۰۰ واحد پولی در پایان عمر ۴ ساله است.
رقیب؛ ماشین جدیدی است که هزینه اولیه آن ۱۴,۰۰۰ واحد پولی، عمر مفید آن ۷ سال، ارزش اسقاطی این ماشین در پایان عمر مفیدش ۱,۰۰۰ واحد پولی و هزینه عملیاتی سالیانه آن ۲,۷۵۰ واحد پولی است. حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول ۱۵٪ است.

کتابخانه مرکز آموزش عالی
وحید

فصل چهاردهم

آنالیز حساسیت

آنالیز حساسیت[1] در واقع یک نوع بازنگری به یک ارزیابی اقتصادی است. با این سئوال که آیا پس از انجام پروژه، تخمینهای اولیه می‌توانند بخوبی نمایانگر شرایطی باشند که در آینده پیش خواهند آمد و بر طرح اثر خواهند گذاشت؟ هدف از آنالیز حساسیت، کمک به تصمیم‌گیرندگان است، بدین‌ترتیب که اگر پارامترهای اولیه تغییر نماید و نتایج اولیه تغییر نکند، برای سرمایه‌گذار امیدوارکننده بوده و احساس بهتری خواهد داشت.

آنالیز حساسیت بوسیلهٔ روشهای NPW، ROR و NEUA و با بکار بردن فرآیند مالی قبل از مالیات یا بعد از آن، قابل انجام است. آنالیز حساسیت را می‌توان برای هر یک از عناصر درگیر، بررسی نمود و نتایج را روی نمودار هندسی، بصورت درصد تغییرات عناصر اصلی نشان داد. از محاسن نمودارهای هندسی این است که ترکیبی از اطلاعات را روی نمودار واحدی که به آسانی قابل فهم است، نشان می‌دهند. همهٔ رویکردها با این سئوال آغاز می‌شوند که «چه می‌شود اگر»، بعنوان مثال چه می‌شود اگر:

* فروش نسبت به آنچه که پیش‌بینی شده بود، تغییر نشان دهد؟
* فرآیند مالی از الگوی طرح‌ریزی شده پیروی نکند؟
* رقیب بهتری در آینده ظاهر شود؟
* تورم بیشتر از آنچه که انتظار می‌رود باشد؟
* کمبود، باعث انفصال عملیات گردد؟

و غیره.

---

1 - Sensitivity Analysis

در مورد تصمیمات خطیر، لیست فوق بسیار طولانی خواهد بود. بنابراین باید یک یا تعدادی از عوامل بحرانی‌تر را در نظر گرفت و نتیجهٔ تغییرات آن عوامل را بررسی نمود. بطور خلاصه «آنالیز حساسیت عبارت است از تکرار محاسبات یک فرآیند مالی با تغییر دادن پارامترهای اصلی و مقایسهٔ نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از اطلاعات اولیه». اگر تغییر کوچکی در یک پارامتر، منجر به تغییر چشمگیری در نتایج گردد، گفته می‌شود که طرح نسبت به آن پارامتر حساسیت دارد و آن یک پارامتر حساس است.

در این فصل رویه‌های معمول جهت ارزیابی انحراف از اطلاعات اصلی به کمک نمودارهای هندسی، مورد بحث قرار می‌گیرد.

● مثال ۱-۱۴- در اکثر صنایع خدماتی، تقاضا با توجه به روند ملی یا محلی، کاهش یا افزایش می‌یابد. تورم، میزان خدمات و سایر شرایطی که نمی‌توانند با اطمینان پیش‌بینی شوند، بر فرآیند مالی طرح اثر می‌گذارند. جهت تصمیم‌گیری در مورد استفاده از نیروی پرسنلی بیشتر، شرکتی علاقمند به داشتن اطلاعاتی در زمینهٔ میزان تقاضا برای خدمات جدید و امکان افزایش هزینه‌های پرسنلی است.

با توجه به ماهیت سرویس، ممکن است تقاضای واقعی ۱۰ درصد از مقدار پیش‌بینی شده تجاوز نموده یا ۱۰ درصد نسبت به آن کمتر باشد، همچنین امکان دارد هزینه‌های پرسنلی واقعی ۵ یا ۱۰ درصد نسبت به مقدار اولیه افزایش داشته باشد. اثر این تغییرات را بر ارزش فعلی پروژه تعیین کنید.

حل: مقدار ارزش فعلی در ازاء مقادیر مختلف محاسبه شده و نتایج محاسبات در جدول ۱-۱۴ نشان داده شده است:

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

جدول ۱-۱۴ ارزش فعلی طرحی که تحت تأثیر تغییرات تقاضا و افزایش هزینه‌های پرسنلی قرار دارد را نشان می‌دهد.

از این جدول معلوم می‌شود که PW نسبت به هزینه‌های پرسنلی، حساسیت چندانی نداردو وجودخطا در تخمین هزینه پرسنلی، باعث تصمیم‌گیری نادرست خواهد شد. اما افزایش یاکاهشی به‌میزان ۱۰ درصدتقاضا، باعث‌تغییرات‌قطعی‌درارزش فعلی می‌گردد، بطوریکه ۱۷ تا ۴۳ درصد از اطلاعات اصلی انحراف دارد. این حساسیت بیانگر این مطلب است که برای اطمینان از صحت مقدار تقاضا، مطالعات بیشتری باید انجام شود.

بررسی حساسیت یک پروژه

تصور کنید بخواهیم براساس تخمینهای زیر و تجزیه و تحلیل آزمایشی قبل از مالیات، دربارهٔ یک فرصت تجاری تصمیم‌گیری نمائیم:

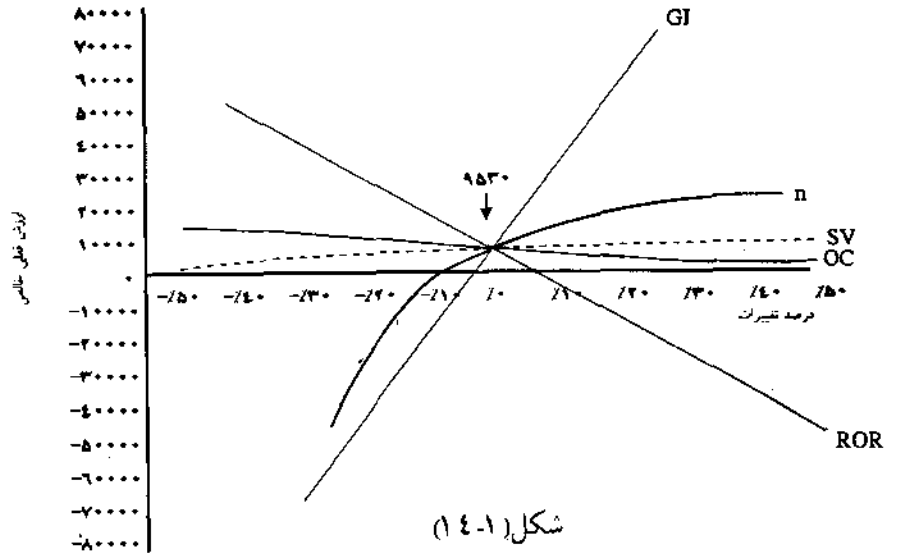
عوامل اقتصادی	NPW برای دوره ۱۰ سال و ٪۱۳ = MARR
درآمد سالیانه ۳۵,۰۰۰	+ ۱۸۹,۹۱۷
هزینه اولیه ۱۷۰,۰۰۰	− ۱۷۰,۰۰۰
ارزش اسقاطی ۲۰,۰۰۰	+ ۵,۸۹۲
هزینه‌های سالیانه ۳,۰۰۰	− ۱۶,۲۷۹
ارزش فعلی خالص (NPW)	۹,۵۳۰

هزینه اولیه، قابل اعتمادترین مقدار شناخته شدهٔ مساله است. سایر عوامل می‌توانند بطور قابل ملاحظه‌ای در دوره ۱۰ سال تغییر نمایند. با توجه به انحراف پیش‌بینی نشده از شرایط تخمینی ممکن است‌دوره مطالعه نامناسب‌باشد، عمر مفید طرح‌کوتاهتر از ۱۰

سال‌یا بلندتراز ۱۰ سال‌باشد، درآمدهای‌سالیانه تغییر کنند و یا حتی ممکن است حداقل نرخ‌جذب‌کننده ۱۳٪ زیرسؤال قراربگیرد و لازم‌باشدکه بیشتر یاکمتر از این مقدار باشد.

برای بررسی حساسیت پروژه نسبت به این تغییرات، از «نمودار هندسی حساسیت»[1] استفاده می‌شود. در شکل (۱-۱۴) مجموعه‌ای از سؤالات فوق بررسی و نتایج حاصله نشان داده شده‌اند. منحنی‌ها با جایگزین مقادیر مختلف به جای یک فاکتور در فرمول NPW، در حالیکه مقدار بقیه فاکتورها ثابت باشند، حاصل می‌شوند:

NPW = – (هزینه اولیه) + (ارزش اسقاطی) (P/F ، i% ، n) +
(هزینه‌ها – درآمدها) (P/A ، i% ، n)



شکل (۱-۱۴)

نمودار هندسی حساسیت، تاثیر تغییرات
نسبت به مقادیر تخمینی اولیه بر PW خالص

1 - Sensitivity Graph

صعود یا نزول بیشتر یک منحنی، نشان‌دهندهٔ حساسیت بیشتر طرح نسبت به پارامتر آن منحنی می‌باشد. نمودار هندسی حساسیت نشان می‌دهد که تغییر تا ۵۰ درصد از تخمینهای اولیه برای ارزش اسقاطی و هزینه‌های سالیانه، تاثیری بر پذیرش طرح ندارد. سایر فاکتورها نظیر حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول، عمر طرح و مقدار درآمد سالیانه حتی با ۱۰ درصد تغییر از مقادیر تخمینی اولیه، تصمیم اقتصادی بودن طرح را تغییر می‌دهند. در این موارد برای پیش‌بینی شرایط آینده باید دقت بیشتری اعمال شود.

منحنی بی‌تفاوتی[1]

معمولاً عمر مفید و درآمد سالیانه حساسترین عوامل ارزیابی پروژه هستند. ترکیبات محدودکننده برای پذیرش یا رد پروژه به صورت منحنی بی‌تفاوتی در شکل ۲-۱۴ نشان داده شده است. یک منحنی بی‌تفاوتی، دلالت بر ترکیبات عمر طرح و اندازهٔ درآمد سالیانه‌ای دارد که ارزش فعلی پروژه را نه مثبت و نه منفی (شرایط بی‌تفاوتی) می‌سازد (سایر عوامل ثابت‌اند). بنابراین کاهش در عمر مفید از ۱۰ سال به ۸ سال باید با افزایش درآمدهای سالیانه با حداقل ۱,۸۵۹ = ۳۵,۰۰۰ – ۳۶,۸۵۹ واحد پولی باشد (MARR = ٪۱۳).

$$NPW = 0 = -170{,}000 + 20{,}000\,(P/F, ٪13, 8) + (36{,}859 - 3{,}000)(P/A, ٪13, 8)$$

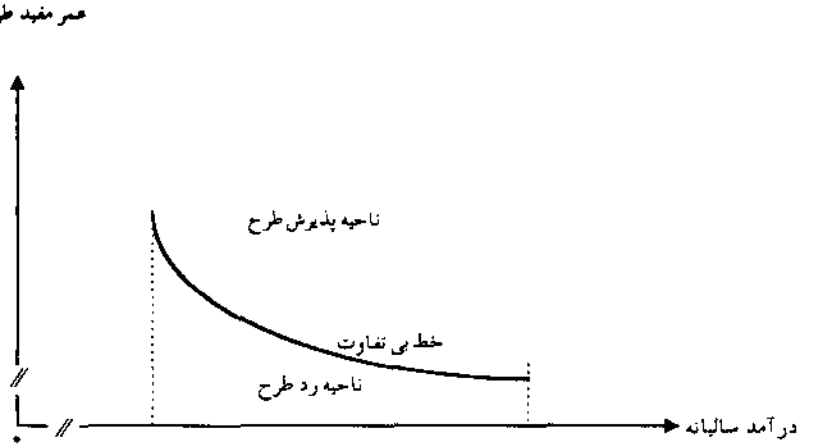
$$0 = -170{,}000 + 20{,}000\,(0/37616) + 33{,}859\,(4/7987)$$

بدیهی است مقدار درآمد سالیانه ۳۶,۸۵۹ واحد پولی از حل رابطهٔ زیر برحسب x حاصل شده است:

$$-170{,}000 + 20{,}000\,(P/F, ٪13, 8) + (x - 3{,}000)\,(P/A, ٪13, 8) = 0$$

$$x = 36{,}859$$

1 - Isoquant



شکل (۲-۱٤)

شکل ۲-۱۴- نمایش منحنی بی‌تفاوتی ترکیب عمر طرح و درآمدهای سالیانه که در آنها ارزش فعلی صفر است. هر ترکیب که در بالای منحنی بی‌تفاوت قرار بگیرد دال بر این است که طرح پذیرفته می‌شود (سایر فاکتورها ثابت‌اند)

نواحی پذیرش و رد پروژه[1]

هر نمودار که برمبنای بیش از یک پارامتر رسم گردد از دو قسمت «پذیرش» و «رد» تشکیل شده است. دو پارامتر مهم می‌تواند برای مطالعه حساسیت انتخاب گردد. اگر دو پارامتر انتخاب گردد، رابطه‌ای جهت تعیین ارزش فعلی یا ارزش سالیانه یکنواخت پروژه که در آن یک پارامتر روی محور x و پارامتر دیگر روی محور y باشد، نوشته می‌شود. منظور از رابطه، عبارت است از بیان مقادیر مربوط به پارامترهای x و y بطوریکه ارزش سالیانه یا ارزش فعلی حاصله صفر گردد. نتیجه به صورت خطی در نمودار هندسی حساسیت نشان داده می‌شود. درصد تغییرات از اطلاعات اولیه که در یک طرف خط قرار می‌گیرد، بیانگر ارزش مثبت پروژه و تغییراتی که در طرف دیگرنزول می‌کنند بیانگر ارزش منفی پروژه است.

1 - Acceptance - Rejection Zones

● مثال ۲ـ۱۴ـ می‌خواهیم حساسیت طرح نشان داده شده در شکل ۱ـ۱۴ و ۲ـ۱۴ را نسبت به درآمد و هزینه سالیانه بررسی کنیم. در حقیقت هدف ما اینست که دریابیم که درصد تغییرات توام هر یک از این پارامترهای بحرانی تا چه اندازه باشد، بدون اینکه پروژه از لحاظ اقتصادی رد شود. پروژه در صورتی رد می‌شود که ارزش سالیانه معادل منفی باشد. یک نمودار هندسی حساسیت که نواحی ردوقبول را مشخص نماید، ایجاد کنید.

حل: فرض کنید x نمایانگر درصد تغییرات درآمد و y درصد تغییرات هزینه سالیانه باشد. ارزش سالیانه معادل این پروژه عبارت است از:

$$\begin{aligned} NEUA &= -۱۷۰,۰۰۰\,(A/P\,،٪۱۳\,،۱۰) + ۳۵,۰۰۰\,(۱+x) - ۳,۰۰۰\,(۱+y) \\ &\quad + ۲۰,۰۰۰\,(A/F\,،٪۱۳\,،۱۰) \\ &= -۱۷۰,۰۰۰\,(۰/۱۸۴۲۹) + ۳۵,۰۰۰ + ۳۵,۰۰۰x - ۳,۰۰۰ - ۳,۰۰۰y \\ &\quad + ۲۰,۰۰۰\,(۰/۰۵۴۲۹) \\ &= ۱,۷۵۷ + ۳۵,۰۰۰x - ۳,۰۰۰y \end{aligned}$$

تا زمانیکه $NEUA > 0$ است، پروژه سودده و در نتیجه قابل قبول است. بعبارت دیگر:

$$x > \frac{۳,۰۰۰}{۳۵,۰۰۰}y - \frac{۱,۷۵۷}{۳۵,۰۰۰}$$

$$x > ۰/۰۸۵۷y - ۰/۰۵۰۲$$

اگر این نامعادله به صورت نموداری که محورهای x و y آن برحسب درصد باشند رسم شود، خط بی‌تفاوت، نمودار را به دو ناحیهٔ قابل قبول و رد تقسیم خواهد کرد. ناحیه پذیرش در یک طرف خط است که $NEUA > 0$ باشد و ناحیه رد در طرف دیگر. شیب نزدیک به خط عمود، نشان می‌دهد که پروژه نسبت به تغییرات فاکتور x (درآمد) بسیار حساس و نسبت به فاکتور y کاملاً غیرحساس است.

مرکز نمودار حساسیت در شکل ۳ـ۱۴ بیانگر شرایط اولیهٔ پروژه است، جائی که

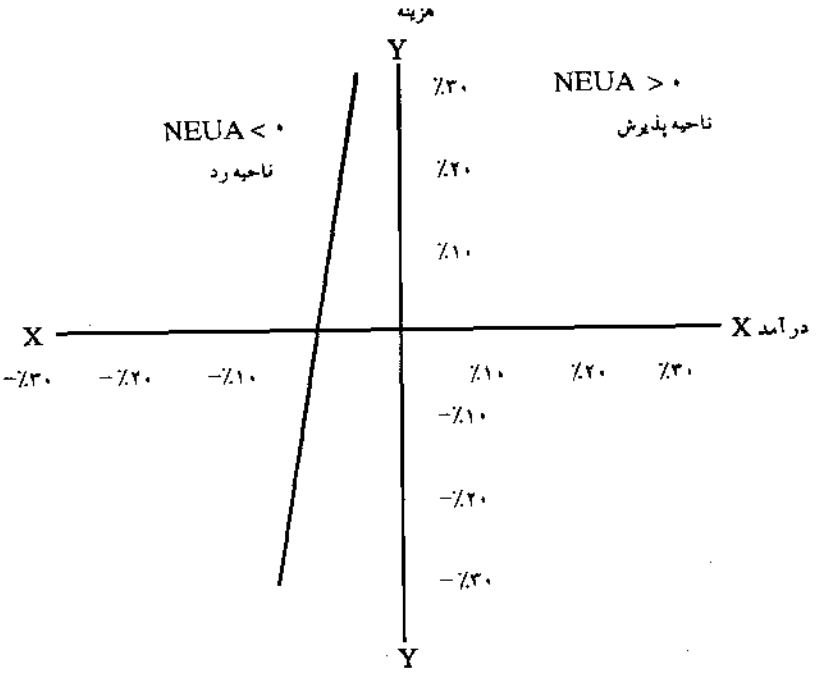
NEUA = ۱,۷۵۷. در ۵ − = x درصد و ۰ = y

NEUA = ۱,۷۵۷ + ۳۵,۰۰۰ (−۰/۰۵) − ۳,۰۰۰ (۰) = ۷

و در ۰ = x درصد و ۵ = y درصد

NEUA = ۱,۷۵۷ + ۳۵,۰۰۰ (۰) − ۳,۰۰۰ − (۰/۰۵) = ۱,۹۷۰

بنابراین مطالعهٔ حساسیت، بوضوح تاکید بر خطیر بودن پیش‌بینی صحیح درآمدهای آینده می‌نمایند.



شکل ۳-۱۴- درصد تغییرات از اطلاعات تخمینی دو فاکتور هزینه و درآمد سالیانه (بقیه عوامل ثابت‌اند)

حدود تخمین[1]

اگر مقدار پارامترها در آینده کم یا زیاد شود، حالتهای مختلف تخمین را می‌توان در نظر گرفت. سه حالت زیر متداول‌ترین تخمین‌ها می‌باشند: تخمین محتمل یا متوسط[2]، تخمین خوشبینانه[3] و تخمین بدبینانه[4]. حساسیت پروژه را نسبت به پارامترهای متغیر با مقایسهٔ PW ، EUAC ، یا ROR سه محور مجموعه از تخمینها مقایسه می‌کنیم. حدود تخمین به صورت زیر است:

۱ـ تخمین محتمل یا متوسط (M): احتمالی‌ترین فرآیند مالی می‌باشد و اگر تنها از یک تخمین استفاده شود همین مورد خواهد بود.

۲ـ تخمین خوشبینانه (O): ارزیابی خوشبینانه براساس تغییر سودمندانهٔ شرایط آینده است.

۳ـ تخمین بدبینانه (P): ارزیابی بدبینانه از آینده که بر فرآیند مالی تاثیر سوء دارد.

تخمینهای خوشبینانه یا بدبینانه درواقع شرایط حدّی می‌باشند، یعنی بهترین و بدترین شرایطی که ممکن است رخ دهد. رویکرد سه تخمینی همچنین برای قیمتها، میزان تولید و نرخ بازگشت سرمایه ممکن است مفیدتر از ارزیابی یک تخمینی و در نتیجه دارای کاربرد بیشتری است.

میانگین[5] و واریانس تخمین[6]

میانگین و واریانس تخمینهای مذکور براساس «توزیع آماری بتا»[7] بشرح زیر تعریف می‌شود:

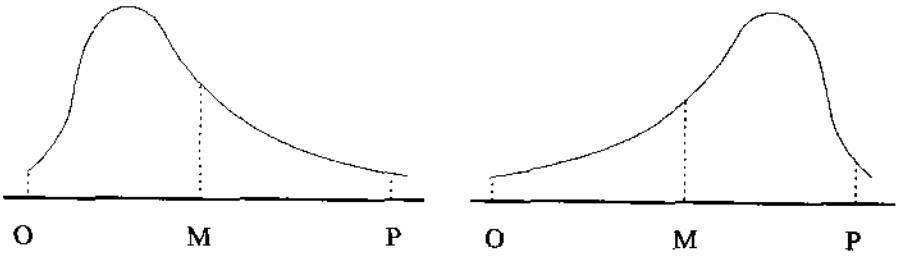
$$\text{میانگین (حد متوسط) تخمین‌ها} = \frac{O + 4M + P}{6} \qquad (۱۴\text{-}۱)$$

$$\text{واریانس تخمینها} = \left(\frac{O - P}{6}\right)^2 \qquad (۱۴\text{-}۲)$$

---

1 - Range of Estimates
2 - Most Likely
3 - Optimistic
4 - Pessimistic
5 - Mean
6 - Variance
7 - Beta Distribution

طبق رابطهٔ (۱-۱۴) مقدار تخمین متوسط، بیشترین وزن را داراست. شکلهای زیر بتا را با انحنا به سمت راست و چپ نشان می‌دهد:



● مثال ۳-۱۴- طرحی در مورد یک برنامه آموزشی در دست است و پیش‌بینی می‌شود که این طرح در پروسهٔ تولید که قبلاً به صورت دستی انجام می‌شده، بهبودهائی ایجاد نماید. انتظار می‌رود که این طرح دارای هزینه کمتری نسبت به طرح قبلی باشد. نظر به اینکه میزان سود به مقدار تولید و قیمتها که توابعی از وضع بازار و شرایط عمومی اقتصادی‌اند بستگی دارد، پیش‌بینی منافع حاصل از این برنامه مشکل است. دامنه‌ای از تخمینها جهت شرایط ممکن آینده ارائه شده است. آیا اجرای برنامه آموزشی اقتصادی است؟ MARR = ٪۱۵

	تخمین بدبینانه	تخمین محتمل (متوسط)	تخمین خوشبینانه
تولید سالیانه اضافی (واحد)	۶۰,۰۰۰	۷۵,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰
قیمت واحد (واحد پولی)	۲	۳	۳/۵
درآمد سالیانه (واحد پولی)	۱۲۰,۰۰۰	۲۲۵,۰۰۰	۳۵۰,۰۰۰
عمر پروژه یا عمر درآمدها (سال)	۵	۶	۷
هزینه آموزش درسال (واحدپولی)	۴۵,۰۰۰	۳۵,۰۰۰	۳۰,۰۰۰
دوره آموزش (سال)	۲	۲	۱
هزینه عملیاتی‌روش جدید تولید در سال	۹۰,۰۰۰	۱۶۰,۰۰۰	۲۷۵,۰۰۰
هزینه ثابت وسایل مصرفی	۳۰,۰۰۰	۳۰,۰۰۰	۳۰,۰۰۰

حل: تحلیل قبل از کسر مالیات براساس حداقل نرخ جذب کننده ۱۵ درصد با محاسبهٔ ارزش فعلی فرآیندهای مالی سه حالت ممکن: بدبینانه (P) متوسط (M) و خوشبینانه (O) بشرح زیر است:

$$PW_P = (۱۲۰,۰۰۰ - ۹۰,۰۰۰)(P/A, ٪۱۵, ۵) - ۴۵,۰۰۰(P/A, ٪۱۵, ۲) - ۳۰,۰۰۰$$
$$= ۳۰,۰۰۰ (۳/۳۵۲۱) - ۴۵,۰۰۰ (۱/۶۲۵۷) - ۳۰,۰۰۰ = -۲,۵۹۴$$

$$PW_M = (۲۲۵,۰۰۰ - ۱۶۰,۰۰۰)(P/A, ٪۱۵, ۶) - ۳۵,۰۰۰(P/A, ٪۱۵, ۲) - ۳۰,۰۰۰$$
$$= ۶۵,۰۰۰ (۳/۷۸۴۴) - ۳۵,۰۰۰ (۱/۶۲۵۷) - ۳۰,۰۰۰ = ۱۵۹,۰۸۶$$

$$PW_O = (۳۵۰,۰۰۰ - ۲۷۵,۰۰۰)(P/A, ٪۱۵, ۷) - ۳۰,۰۰۰(P/A, ٪۱۵, ۱) - ۳۰,۰۰۰$$
$$= ۷۵,۰۰۰ (۴/۱۶۰۴) - ۳۰,۰۰۰ (۰/۸۶۹۶) - ۳۰,۰۰۰ = ۲۵۵,۹۴۳$$

اگرچه در حالت P یعنی زمانی که همه‌چیز بد پیش‌بینی شود، زیان کم و طرح اقتصادی نیست، ولی تحت شرایط خوشبینانه (O) و متوسط (M) طرح بسیار جذاب بنظر می‌رسد. این مثال نشان می‌دهد که اگر همه‌چیز خوب پیش برود، برنامه آموزشی بازده خوبی خواهد داشت.

بدیهی است با توجه به زیان بسیار کم در حالت بدبینانه و سود سرشار در حالتهای خوشبینانه و متوسط، نیازی به کاربرد رابطه ۱-۱۴ احساس نمی‌شود.

● مثال ۴-۱۴- سه تخمین زیر از پروژه‌ای بعمل آمده است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۵ درصد باشد، آیا پروژه اقتصادی است؟

	تخمین خوشبینانه	تخمین متوسط	تخمین بدبینانه
هزینه اولیه (واحد پولی)	۱۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۱۰,۵۲۰
درآمد سالیانه (واحد پولی)	۲,۰۰۰	۱,۹۸۰	۱,۹۰۰
عمر مفید (سال)	۱۲	۱۲	۹
ارزش‌اسقاطی (واحدپولی)	۱,۰۰۰	—	—

حل: اگر هر یک از تخمینهای خوشبینانه (O) ، متوسط (M) و بدبینانه (P) را در نظر بگیریم، جهت محاسبه نرخ بازگشت سرمایه خواهیم داشت:

خوشبینانه : $۱۰,۰۰۰ = ۲,۰۰۰ (P/A,i\%,۱۲) + ۱,۰۰۰ (P/F,i\%,۱۲)$

$\Rightarrow ROR_O = ٪۱۷$

متوسط : $۱۰,۰۰۰ = ۱,۹۸۰ (P/A, i\%, ۱۲) \Rightarrow ROR_M = ٪۱۶/۷$

بدبینانه : $۱۰,۵۲۰ = ۱,۹۰۰ (P/A, i\%, ۹) \Rightarrow ROR_P = ٪۱۱$

چون نرخ بازگشت سرمایهٔ تخمین بدبینانه، کمتر از نرخ بازگشت موردانتظار (۱۵ **درصد)** است، نیاز به محاسبه میانگین تخمین‌ها و محاسبه نرخ بازگشت سرمایه براساس میانگین تخمین‌ها احساس می‌شود. محاسبات مقادیر تخمین‌ها بشرح زیر است:

حد متوسط **هزینه اولیه** $= \frac{۱۰,۰۰۰ + ۴ (۱۰,۰۰۰) + ۱۰,۵۲۰}{۶} = ۱۰,۰۸۶$

حد متوسط درآمد سالیانه $= \frac{۲,۰۰۰ + ۴ (۱,۹۸۰) + ۱,۹۰۰}{۶} = ۱,۹۷۰$

حد متوسط ارزش اسقاطی $= \frac{۱,۰۰۰ + ۴ (۰) + ۰}{۶} = ۱۶۶/۷$

حد متوسط عمر مفید $= \frac{۱۲ + ۴ (۱۲) + ۹}{۶} = ۱۱/۵$

$۱۰,۰۸۶ = ۱,۹۷۰ (P/A, i\%, ۱۱/۵) + ۱۶۶/۷ (P/F, i\%, ۱۱/۵) \Rightarrow ROR = ٪۱۶$

نظر به اینکه نرخ بازگشت سرمایه براساس حد متوسط، بیشتر از حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول (۱۵ درصد) است، طرح اقتصادی می‌باشد.

● مثال ۵ـ۱۴ـ اطلاعات برنامه آموزش کارآموزان ذیلاً داده شده است. طول مدت مورد

انتظار برنامه ۶ سال است. درآمدها و هزینه‌ها قطعیت ندارند. مطلوبیت برنامه را با توجه به اطلاعات داده شده تجزیه و تحلیل نمائید.

سال	تخمین درآمد			تخمین هزینه				ارزش فعلی					
	حداقل	انتظاری	حداکثر	حداقل	انتظاری	حداکثر	(P/F, ٪۱۰, n)	انتظاری		حداقل		حداکثر	
								B	C	B	C	B	C
۱	—	—	۵	۱۰	۱۵	۲۵	۰/۹۰۹۹	—	۱۳/۶	—	۹/۱	۴/۵	۲۲/۷
۲	۵	۱۰	۱۵	۱۰	۱۰	۱۵	۰/۸۲۶۴۵	۸/۳	۸/۳	۴/۱	۸/۳	۱۲/۴	۱۲/۴
۳	۱۵	۲۰	۲۵	۵	۵	۱۰	۰/۷۵۱۳۲	۱۵	۳/۸	۱۱/۳	۳/۸	۱۸/۸	۷/۵
۴	۲۰	۳۰	۳۰	۴	۵	۸	۰/۶۸۳۰۲	۲۰/۵	۳/۴	۱۳/۷	۲/۷	۲۰/۵	۵/۵
۵	۱۰	۲۰	۲۵	۳	۵	۶	۰/۶۲۰۹۲	۱۲/۴	۳/۱	۶/۲	۱/۹	۱۵/۵	۳/۷
۶	۵	۱۵	۲۰	۲	۵	۵	۰/۵۶۴۴۸	۸/۴	۲/۸	۲/۸	۱/۱	۱۱/۳	۲/۸
کل								۶۴/۷	۳۵	۳۸/۱	۲۶/۹	۸۳	۵۳/۶

حل: نسبت انتظاری درآمد به هزینه براساس محتملترین مقادیر عبارت است از:

$$\frac{B}{C} = \frac{۶۴/۷}{۳۵} = ۱/۸۵ \quad ، \quad B - C = ۲۹/۷$$

که برنامه را قابل قبول می‌سازد. همانطور که از جدول پیداست، نسبتهای $\frac{B}{C}$ تحت هر سه شرایط بزرگتر از ۱ هستند. با این حال اگر حداکثر هزینه‌ها و کمترین درآمدها را در نظر بگیریم (بدترین شرایط):

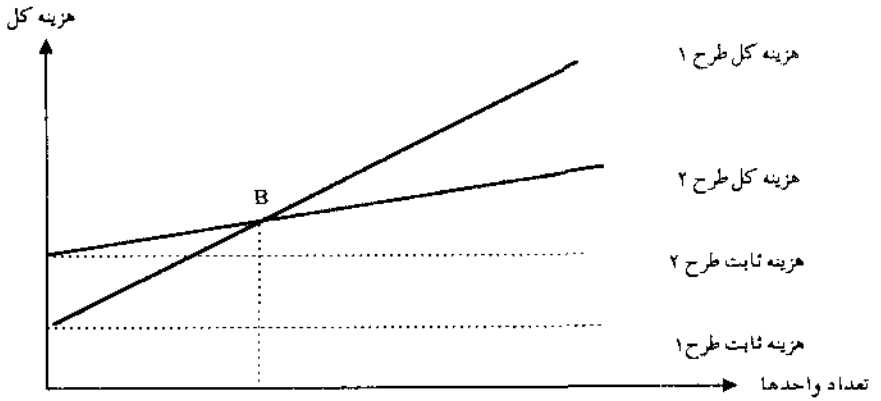
$$\frac{B}{C} = \frac{۳۸/۱}{۵۴/۶} = ۰/۷ \qquad B - C = -۱۶/۵$$

ولی اگر احتمال بسیار ناچیزی مبنی بر اینکه بیشترین هزینه باعث کمترین درآمد شده است مطرح باشد، این حالت در نظر گرفته نمی‌شود.

محاسبهٔ نقطه سربه‌سر بین طرحها

در پاره‌ای از مقایسه‌های اقتصادی، یک یا تعداد بیشتری از عناصر هزینه، یا بسیار مشکوک‌اند و یا به صورت تابعی از عوامل دیگر می‌باشند. تحت بعضی از شرایط محیطی، متقاعدکننده‌تر اینست که پارامتر غیرقطعی را به صورت تابعی متغیر بیان نموده و مقدار متغیر را به گونه‌ای بدست آوریم که به ازاء آن دو طرح، سربه‌سر[1] شوند. آنالیز سربه‌سر معمولاً دربرگیرندهٔ عنصر متغیری است که برای هر دو طرح مشترک است، مانند میزان تولید یا ساعات کار. شکل (۴-۱۴) مفهوم نقطه سربه‌سر را بین دو طرح نشان می‌دهد:

1 - Breakeven



شکل (٤-١٤)

بیان گرافیکی نقطه سربه سر

همانطوری که در شکل دیده می‌شود، هزینه ثابت (که بطور ساده ممکن است که سرمایه‌گذاری اولیه باشد) طرح ۲ بیشتر از طرح ۱ است، اما طرح ۲ دارای هزینه متغیر کمتری است (شیب کمتر). نقطه تقاطع دو خط (B) بیانگر نقطه سربه‌سر بین دو طرح است. بنابراین اگر تعداد واحدها (مانند ساعت عملیاتی، یا میزان تولید) بیشتر از تعداد این‌ثمربوط به نقطه سربه‌سر باشد، طرح ۲ انتخاب می‌شود، چراکه هزینه کل عملیات طرح کمتر خواهد بود. برعکس اگر میزان پیش‌بینی شده کمتر از تعداد مربوط به نقطه سربه‌سر باشد، طرح ۱ برگزیده می‌شود.

معمولاً ساده‌تر این است که نقطه سربه‌سر را به طریق جبری محاسبه کنیم. هزینه کل را می‌توان به صورت ارزش فعلی یا هزینه سالیانه معادل یکنواخت بیان نمود. به علاوه اگر عمر طرحها متفاوت باشد، محاسبات EUAC ساده‌تر خواهد بود. اما در هر حال، مرحله اول در محاسبات نقطه سربه‌سر عبارت است از بیان هزینه کل هر طرح بصورت تابعی از متغیر مربوطه. مثال زیر این محاسبات را نشان می‌دهد.

● مثال ۶-۱۴- شرکتی خرید یک ماشین اتوماتیک برای مرحله خاصی از پروسه تکمیل ورقه فلزی را تحت بررسی قرار داده است. هزینه اولیه طرح ۲۳۰,۰۰۰ واحد پولی،

ارزش اسقاطی ۴۰,۰۰۰ واحد پولی و عمر ماشین ۱۰ سال است. اگر این ماشین خریداری شود به متخصصی با هزینه ۱۲۰ واحد پولی در ساعت نیاز است. خروجی این ماشین ۸ تن در ساعت می‌باشد و هزینه عملیاتی و تعمیرات سالیانه آن ۳۵,۰۰۰ واحد پولی تخمین زده شده است.

به عنوان یک گزینه دیگر، شرکت مزبور می‌تواند ماشینی دستی با کارآئی کمتر خریداری نماید. قیمت خرید این ماشین ۸۰,۰۰۰ واحد پولی بوده و عمر آن ۵ سال است. این ماشین دارای ارزش اسقاطی نیست. با این ماشین به ۳کارگر با هزینه ۸۰ واحد پولی در ساعت مورد نیاز است. هزینه عملیاتی و تعمیرات سالیانه ماشین ۱۵,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود و خروجی مورد انتظار آن ۶ تن در ساعت است. اگر MARR = ٪۱۰ باشد:

الف - چند تن ورقه فلزی باید در سال پرداخت و تکمیل شود تا خرید این ماشین اتوماتیک توجیه‌پذیر گردد؟

ب - اگر مدیریت پرداخت و تکمیل ۲,۰۰۰ تن در سال را مدنظر داشته باشد، کدام ماشین اقتصادی‌تر است؟

حل: الف- ابتدا باید هر یک از هزینه‌های متغیر را برحسب تعداد واحدها (تن در سال) بیان کنیم:

$$\text{هزینه سالیانه هر تن} = ۱۲۰ \left(\frac{\text{واحد پولی}}{\text{ساعت}}\right) \times \frac{۱}{۸} \left(\frac{\text{ساعت}}{\text{تن}}\right) \times X \left(\frac{\text{تن}}{\text{سال}}\right) = \frac{۱۲۰}{۸} X$$

مقدار تن در سال برای نقطه سربه‌سر = X

$$EUAC_O = ۲۳۰,۰۰۰ (A/P, ٪۱۰, ۱۰) - ۴۰,۰۰۰ (A/F, ٪۱۰, ۱۰) + ۳۵,۰۰۰ +$$

$$+ \frac{۱۲۰}{۸} X = ۶۹,۹۲۰ + ۱۵ X$$

$$EUAC_D = ۸۰,۰۰۰ (A/P, ٪۱۰, ۵) + ۱۵,۰۰۰ + \left(\frac{۳(۸۰)}{۶}\right) X = ۳۶,۱۰۰ + ۴۰ X$$

از مساوی قرار دادن دو هزینه یکنواخت سالیانه و حل آن برحسب X داریم:

$EUAC_O = EUAC_D$

$۶۹,۹۲۰ + ۱۵X = ۳۶,۱۰۰ + ۴۰X$

$X = ۱,۳۵۲/۸ \frac{تن}{سال}$

در ۱,۳۵۲/۸ تولید، دو روش یکسان هستند و اگر میزان بیش از آن باشد، ماشین اتوماتیک و اگر کمتر از آن باشد، ماشین با روش دستی اقتصادی است.

ب ـ با جایگزین ۲,۰۰۰ تن در سال در روابط EUAC خواهیم داشت:

$EUAC_O = ۹,۹۹۲$

$EUAC_D = ۱۱,۶۱۰$

خرید ماشین اتوماتیک توصیه می‌شود.

● مثال ۷ـ۱۴ـ موتوری با قدرت ۲۰ اسب بخار جهت بکار انداختن پمپ انتقال آب موردنیاز است. تعداد ساعاتی که پمپ در هر سال باید کار کند، بستگی به شرایط بارندگی داشته و مجهول است. این پمپ برای دوره ۴ ساله موردنظر است. دو طرح زیر تحت بررسی قرار می‌گیرد:

طرحها	هزینه اولیه	ارزش اسقاطی	هزینه برق در ساعت	هزینه سوخت در ساعت	هزینه تعمیر و نگهداری	حقوق و دستمزد در ساعت
A: خرید پمپ با موتور الکتریکی	۱۴,۰۰۰	۲,۰۰۰	۸/۴	—	۱,۲۰۰ در سال	—
B: خرید پمپ با موتور گازوئیلی	۵,۵۰۰	—	—	۴/۲	۱/۵ در ساعت	۸

اگر حداقل نرخ جذب کننده قبل از مالیات ۱۰ درصد باشد، بازاء چند ساعت کار در سال، دو طرح از لحاظ اقتصادی معادلند؟

حل: فرض کنید N تعداد ساعات کار در سال باشد:

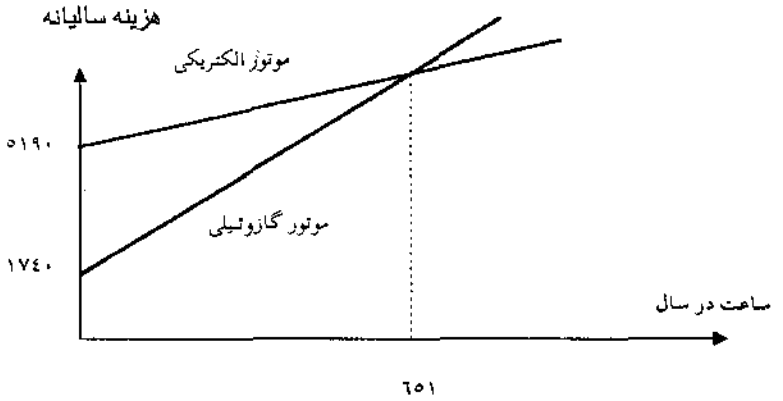
$$EUAC_A = ۱۴,۰۰۰ (A/P ،٪۱۰ ،۴) - ۲,۰۰۰ (A/F ،٪۱۰ ،۴) + ۱,۲۰۰ + ۸/۴ N =$$
$$۵,۱۹۰ + ۸/۴ N$$

$$EUAC_B = ۵,۵۰۰ (A/P ،٪۱۰ ،۴) + ۴/۲ N + ۱/۵ N + ۸ N = ۱,۷۴۰ + ۱۳/۷ N$$

$$EUAC_A = EUAC_B$$

ساعت در سال $N = ۶۵۱$

اگر تعداد ساعات کار در سال کمتر از ۶۵۱ باشد، پمپ با موتور گازوئیلی و اگر بیشتر از ۶۵۱ ساعت در سال باشد، پمپ با موتور الکتریکی اقتصادی‌تر است.



شکل (۵-۱۴)

نقطه سربه سر مثال ۷-۱۴

● مثال ۸-۱۴- طرح A_2 همان خدمات طرح A_1 (مثال قبل) را ارائه می‌نماید. درآمد سالیانه هر دو طرح یکسان است. هزینه اولیهٔ طرح A_2 کمتر است ولی هزینه سالیانه آن

به میزان قابل توجهی هر سال مطابق تخمینهای زیر افزایش می‌یابد:

	طرح A_1	طرح A_2
درآمد سالیانه	۳۵,۰۰۰	۳۵,۰۰۰
هزینه اولیه	۱۷۰,۰۰۰	۱۱۶,۴۰۰
ارزش اسقاطی	۲۰,۰۰۰	—
هزینه سالیانه	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰ واحد پولی در سال اول افزایش سالیانه ۲,۵۰۰ واحد پولی از سال دوم به بعد

براساس تخمینهای انجام شده و دورهٔ مطالعه ۱۰ ساله و MARR = ٪۱۳، چه پارامتری را برای آنالیز حساسیت پیشنهاد می‌کنید؟ نمودار حساسیت را رسم کنید.

حل: PW هر دو طرح تقریباً یکسان است:

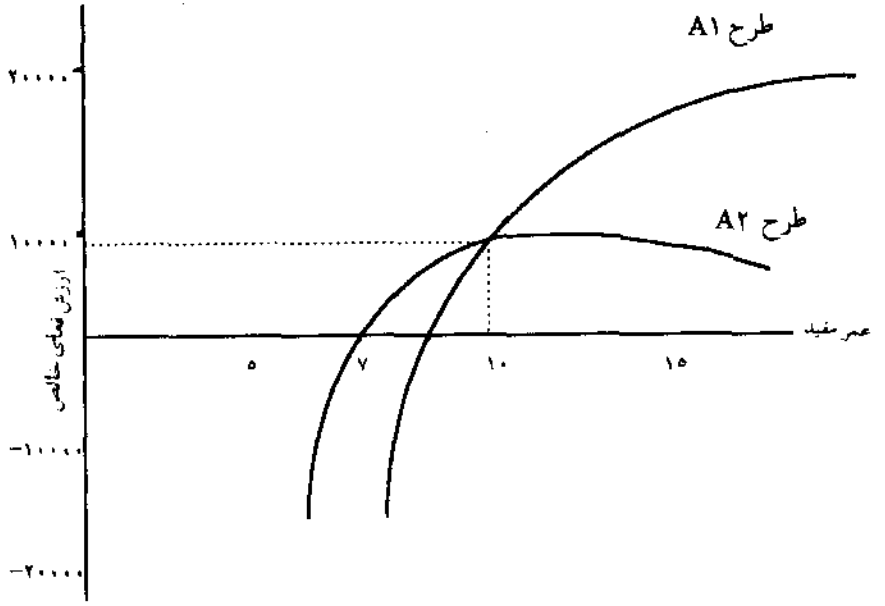
$NPW_{A1} = 9,530$ (از مثال قبل)

$$NPW_{A2} = -116,400 + [35,000 - 3,000 - 2,500\,(A/G, ٪13, 10)] \times (P/A, ٪13, 10)$$
$$= -116,400 + [32,000 - 2,500\ (3/5161)]\ (5/4262) = 9,540$$

نظر به اینکه درآمد سالیانه هر دو طرح یکسان است، هزینه‌ها را نیز می‌توان به دقت تخمین زد. تنها جنبه باقیمانده برای آنالیز حساسیت، دوره مطالعه است. نمودار هندسی حساسیت جهت عمر مفید طرحها در شکل (۶ـ۱۴) نشان داده شده است.

اگر عمر طرح کمتر از ۱۰ سال مدنظر باشد، طرح A_2 به طرح A_1 ترجیح داده می‌شود.

تقریباً در ۷ > n سال هر دو طرح غیراقتصادی‌اند و اگر عمر بیشتر از ۱۰ سال مدنظر باشد، طرح A_1 اقتصادی‌تر از طرح A_2 می‌باشد.

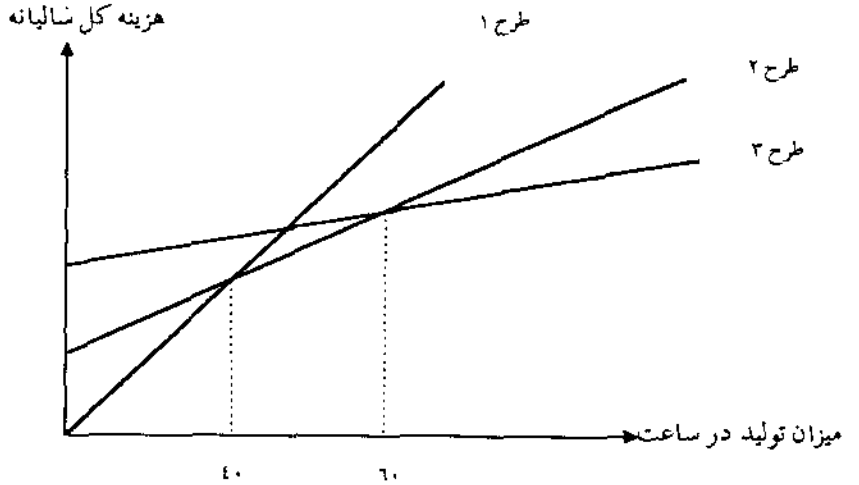


شکل (۶-۱۴)

حساسیت دو طرح نسبت به انحراف از عمر تخمینی آنها

مقایسه نقطه سربسر بین سه یا تعداد بیشتری از طرحها

برای حالتی که بیش از دو طرح موجود باشد، می‌توان تحلیل مشابهی انجام داد. در این حالت مقایسه طرحها با یکدیگر به منظور یافتن نقاط سربسر مربوطه ضروری می‌باشد. نتایج حاصله، حدودی را تعیین خواهند کرد که در هر یک از آنها، یکی از طرحها اقتصادی‌ترین خواهد بود. به عنوان مثال در شکل ۷-۱۴ اگر انتظار برود که میزان تولید کمتر از ۴۰ واحد در ساعت باشد طرح ۱ انتخاب می‌شود. بین ۴۰ و ۶۰ واحد در ساعت طرح ۲ اقتصادی‌ترین طرح است و برای بیش از ۶۰ واحد در ساعت طرح ۳ مناسب است.



شکل (۷-۱۴)

نقاط سربسر بین سه طرح

اگر روابط هزینه متغیر غیرخطی باشند، تجزیه و تحلیل، پیچیده‌تر خواهد شد. اگر هزینه‌ها بطور یکنواخت افزایش یا کاهش یابند، جهت تعیین مستقیم نقاط سربسر می‌توان از بیان ریاضی استفاده نمود. جهت بحث بیشتر به منابع دیگر رجوع شود.

● مثال ۹-۱۴- یک شرکت ساختمانی جهت احداث ساختمانی با سطح زیربنای ۴۰۰ تا ۱,۵۰۰ مترمربع، سه طرح زیر را بررسی می‌کند:

طرحها	هزینه اولیه (هرمترمربع)	هزینه تعمیر و نگهداری سالیانه	هزینه تاسیسات سالیانه	قیمت اسقاطی
A: استفاده از اسکلت بتنی	۱,۶۰۰	۴۰,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	—
B: استفاده از اسکلت فلزی	۱,۸۰۰	۳۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۳/۲٪ قیمت اولیه
C: استفاده از تیرآهن	۲,۰۰۰	۲۱,۰۰۰	۹,۰۰۰	۱٪ قیمت اولیه

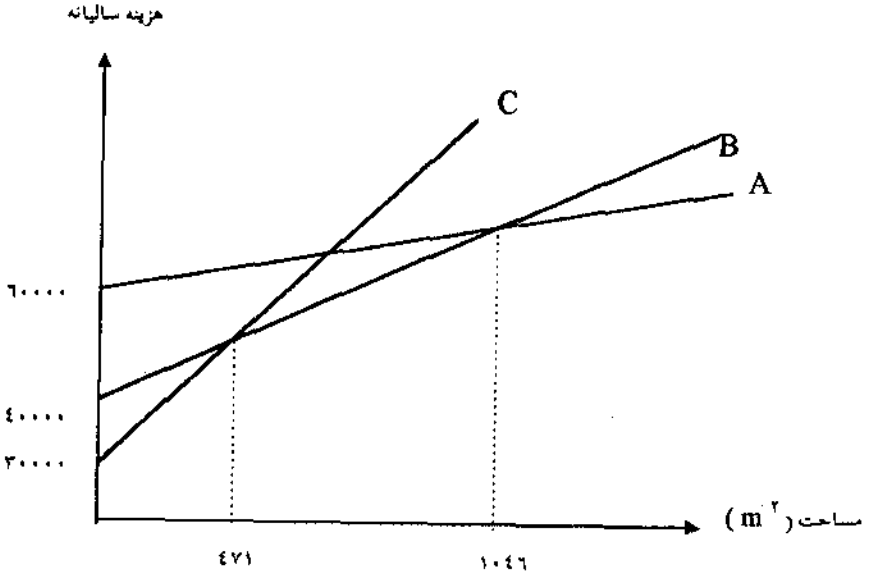
اگر عمر طرحها ۲۰ سال و MARR = ٪۸ باشد، نقاط سربسر بین سه طرح را محاسبه نمائید. اگر سطح زیربنای ساختمانی ۳۰ × ۲۰ مترمربع باشد، کدام طرح را پیشنهاد می‌کنید؟

حل: پارامتر حساس و مجهول مساله، مساحت زیربنا (X) است. کل هزینه هر طرح را به صورت تابعی از آن رسم کرده و نقاط سربسر را تعیین می‌کنیم:

$$EUAC_A = ۱,۶۰۰ X (A/P, ٪۸, ۲۰) + ۴۰,۰۰۰ + ۲۰,۰۰۰ = ۱۶۲/۹۶ X + ۶۰,۰۰۰$$

$$EUAC_B = ۱,۸۰۰ X (A/P, ٪۸, ۲۰) + ۴۰,۰۰۰ - ۰/۰۳۲ (۱,۸۰۰) X (A/F, ٪۸, ۲۰)$$
$$= ۱۸۲/۰۷ X + ۴۰,۰۰۰$$

$$EUAC_C = ۲,۰۰۰ X (A/P, ٪۸, ۲۰) + ۳۰,۰۰۰ - ۰/۰۱ (۲,۰۰۰) X (A/F, ٪۸, ۲۰)$$
$$= ۲۰۳/۲۶ X + ۳۰,۰۰۰$$



اگر مساحت زیربنا بین ۴۰۰ تا ۴۷۱ مترمربع باشد، تیرآهن اقتصادی‌ترین طرح است و اگر سطح زیربنا بین ۴۷۱ و ۱,۰۴۶ مترمربع باشد اسکلت فلزی ترجیح داده می‌شود. اگر مساحت بین ۱,۰۴۶ و ۱,۵۰۰ مترمربع باشد، اسکلت بتنی بهترین طرح است.

ب ـ برای ساختمانی با مساحت زیربنای ۶۰۰ = ۳۰ × ۲۰ مترمربع استفاده از اسکلت فلزی اقتصادی‌ترین طرح خواهد بود

محاسبهٔ نقطه سربسر دو یا سه طرح بررسی شد. نقطه سربسر می‌تواند در یک طرح نیز مبنای انتخاب طرح باشد. مثال زیر مبین این مطلب است.

● مثال ۱۰ـ۱۴ـ شخصی در بیست و یکمین سالگرد تولد خود وارث ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی شد. وی در نظر دارد محلی را اجاره و آنجا را به مکانی شامل ۴ سالن تئاتر کوچک در یک ساختمان تبدیل کند. براساس اطلاعاتی که فرد مزبور از اقتصاد مهندسی دارد، تخمینهای زیر را از هزینه‌ها بعمل آورده است:

هزینه تعمیر و تجدید بنا	۸۰,۰۰۰	واحد پولی
وجوه اختصاصی به وقایع احتمالی	۱۰,۰۰۰	واحد پولی
ارزش اسقاطی	—	—
هزینه‌های عملیاتی سالیانه (۳۶۵ روز)	۶۲,۰۰۰	واحد پولی
مخارج اجارهٔ سالیانه	۴۲,۰۰۰	واحد پولی
سایر مخارج سالیانه	۱۶,۰۰۰	واحد پولی
سود مطلوب سالیانه	۳۵,۰۰۰	واحد پولی
عمر تخمین تعمیر و تجدیدبنا	۹	سال

این سینما ۲۸۰ صندلی و یک راهرو خواهد داشت. درآمد حاصل از هر تماشاگر بطور متوسط ۳/۳۵ واحد پولی است که شامل سود خالص حاصل از فروش اغذیه نیز می‌باشد. مهمترین مساله قابل بررسی تعداد افرادی است که برای تماشای فیلم حاضر خواهند شد. وی اظهار داشته است که در صورتی به سود سالیانه مطلوب خواهد رسید که نرخ بهره‌دهی سالنها ۵۰ درصد باشد. چه درصدی از ظرفیت سالنها برای نقطه سربه‌سر لازم است؟ (MARR = ٪۱۲) چه عوامل موثری باید در پیش‌بینی نرخ

بهره‌دهی سالنها مورد ملاحظه قرار بگیرد؟

حل: مطلوبست درصد صندلیهایی که به وسیله تماشاگران اشغال می‌شود (X)، زمانی منحنی هزینه ـ درآمد را به نقطه سربه‌سر برساند که سود مطلوب را نیز حاصل نماید.

$NPW = ۰$

$۰ = ۳/۳۵\ (۲۸۰)\ (۳۶۵)\ X - (۸۰,۰۰۰ + ۱۰,۰۰۰)\ (A/P\ ،\ ٪۱۲\ ،\ ۹) - ۶۲,۰۰۰ -$

$۴۲,۰۰۰ - ۱۶,۰۰۰$

$= ۳۴۲,۳۷۰\ X - ۹۰,۰۰۰\ (۰/۱۸۷۶۸) - ۱۲۰,۰۰۰$

$X = ۰/۴$ یا ٪۴۰

در نرخ بهره‌دهی ۴۰ درصد سینما بکار خود ادامه می‌دهد، در حالیکه سودی موردانتظار او نخواهد بود. به منظور برآوردن هدف سود ۳۵,۰۰۰ واحد پولی در سال، نرخ بهره‌دهی باید متجاوز از ۵۰ درصد باشد.

عواملی که در پیش‌بینی نرخ بهره‌دهی بیش از ۵۰ درصد می‌توانند در نظر گرفته شوند، عبارتند از: تعداد و موفقیت رقابت‌کنندگان، اطلاعات آماری از تعداد افراد در گروه سنی که در نوع فیلمهای به نمایش درآمده شرکت می‌کنند و متوسط دستمزد و وضع زندگی مردم آن منطقه.

مسائل فصل چهاردهم

● ۱-۱۴-پروژه‌ای با تخمینهای زیر در دست است: P = ۲۰,۰۰۰، SV = ۰ و n = ۵. اگر درآمد خالص سالیانه ۷,۰۰۰ واحد پولی و حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول ۲۰٪ باشد، نمودار حساسیت عمر پروژه، درآمدهای سالیانه و نرخ بازگشت سرمایه را در دامنهٔ تغییرات ۲۰ ± درصد رسم کنید. کدام پارامتر حساستر است؟

● ۲-۱۴-یک شرکت آلومینیم‌سازی تصمیم به بررسی نوع جدیدی از سیستمهای انتقال هوا جهت تولید ورقه‌های آلومینیمی بسیار نازک دارد. انجام یک تست راهنما روشن ساخته است که این انتقال دهنده، ورقه‌ها را سریعتر حرکت داده و از خسارات می‌کاهد، لیکن هزینه‌های تعمیرات و نگهداری آن بالا است. میزان صرفه‌جوئی پیش‌بینی شده ناشی از طرح جدید، به میزان تولید ورقه‌های آلومینیمی و قابلیت اعتماد سیستم جدید بستگی دارد. دپارتمان مهندسی این شرکت تخمینهای زیر را بعمل آورده است:

هزینه اولیه	۱۸۰,۰۰۰ واحد پولی
هزینه تعمیرات و نگهداری سالیانه	۴۰,۰۰۰ واحد پولی
صرفه‌جوئی سالیانه	۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی
عمر اقتصادی	۴ سال
ارزش اسقاطی	—
حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول	٪۱۲

الف ـ از آنجا که کارآئی سیستم جدید مشکوک است، عقیده برخی از تحلیل‌گران بر اینست که نرخ بازگشت سرمایه بیشتری موردنیاز است. مطلوب است رسم منحنی بی‌تفاوتی حداکثر هزینه اولیه، جهت کسب نرخهای بازگشت سرمایه بین ۵ و ۲۵ درصد.

ب ـ فرض کنید عمر طرح، هزینه تعمیرات و نگهداری و صرفه‌جوئی سالیانه به میزان ۵۰ درصد بالا و پائین نسبت به تخمینهای داده شده تغییر نمایند. نمودار هندسی تاثیر هر یک از تغییرات را بر ارزش فعلی پروژه رسم کنید. آیا شما نصب سیستم جدید را توصیه می‌کنید؟ چرا؟

● ۳ـ۱۴ـ اجاره بهای ملکی بسرعت افزایش می‌یابد. تخمین‌های زیر جهت آنالیز مقدماتی قبل از مالیات بعمل آمده است.

هزینه اولیه	۵۰۰,۰۰۰ واحد پولی	دوره سرمایه‌گذاری	۶ سال
درآمد سالیانه (اجاره)	۶۰,۰۰۰ واحد پولی	ارزش اسقاطی	۶۰۰,۰۰۰ واحد پولی
تعمیرات و نگهداری سالیانه	۱۰,۰۰۰ واحد پولی	حداقل نرخ جذب‌کننده	۱۰ درصد

الف ـ فرض کنید هزینه اولیه و دوره سرمایه‌گذاری ثابت باشند. نمودار حساسیت NEUA را نسبت به تغییر در پارامترهای دیگر رسم کنید.

ب ـ نمودار حساسیتی رسم کنید که تغییرات ۳۰ ± درصد درآمد سالیانه و هزینه را نشان دهد. نواحی پذیرش و رد پروژه را نشان دهید.

● ۴ـ۱۴ـ عملیات تفکیک نامه‌های پستی هزینه‌ای حدود یک میلیون واحد پولی در سال دارد. یک سیستم جدید کامپیوتری در لابراتوار، تست شده و مورد تائید قرار گرفته است ولی با این وجود توانائی آن مشکوک است. تخمینهای بدبینانه و خوشبینانه از این سیستم بعمل آمده است. این تخمینها به همراه محتملترین حالت در جدول زیر داده شده‌اند:

	تخمین بدبینانه	تخمین محتمل (متوسط)	تخمین خوشبینانه
هزینه اولیه شامل نصب	۲,۱۱۲,۰۰۰	۹۸۵,۰۰۰	۹۱۵,۰۰۰
عمر، سالهای بهره‌دهی کامل	۲	۲	۶
هزینه تعمیرات سالیانه و تعمیرات جزئی	۲۲۱,۰۰۰	۸۱,۰۰۰	۷۵,۰۰۰
هزینه عملیاتی سالیانه و لوازم یدکی	۹۲۹,۰۰۰	۷۱۴,۰۰۰	۵۸۸,۰۰۰

دامنهٔ EUAC را محاسبه و در مورد نتایج بحث کنید (MARR = ٪۱۰).

● ۵-۱۴- در کارآئی یک پروسه جدید، تردید وجود دارد. تصمیم در مورد انجام یک پروژه راهنمای ماشین بررسی می‌شود. سه تخمین از نتایج ممکن پروژهٔ راهنما بشرح زیر است:

	تخمین متوسط	تخمین بدبینانه	تخمین خوشبینانه
درآمد سالیانه	۲۰۰,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰	۲۵۰,۰۰۰
هزینه سالیانه	۸۰,۰۰۰	۸۰,۰۰۰	۹۰,۰۰۰
هزینه انجام طرح	۳۰۰,۰۰۰	۳۵۰,۰۰۰	۳۰۰,۰۰۰
عمر طرح	۳	۱	۴
ارزش اسقاطی	۱۰۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰

الف - ارزش فعلی هر تخمین را با فرض اینکه حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول ۱۵٪ باشد بدست آورید.

ب - سایر ملاحظاتی که بر تصمیم انجام پروژهٔ راهنما موثرند کدامند؟ آیا تحقیقات باید انجام شود و توسعه صورت پذیرد؟ چرا؟

ج - تغییرات تخمینی روشهای مختلف را به وسیله آنالیز حساسیت مقایسه کنید.

● ۶-۱۴- سه پروژهٔ درآمدزا موردنظر است. چون پروژه‌ها جهت تولید محصولات جدید می‌باشند، تخمین بازگشتهای آینده غیرقطعی است. انتظار می‌رود که سرمایه‌گذاری اولیه، ظرفیت تولیدی کافی جهت عمر معقول پروژه را فراهم سازد. عمر همه پروژه‌ها مساوی فرض می‌شود. بدون توجه به عمر مفید، ارزش اسقاطی نداریم.
پروژه I : هزینه اولیه ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی و درآمد خالص سالیانه ۶۵،۰۰۰ واحد پولی است.

پروژه O : هزینه اولیه ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی است و در سال اول ۵۰,۰۰۰ واحد پولی عاید می‌شود که درآمد خالص هر سال به میزان G ۰/۵ کاهش می‌یابد.

پروژه U : هزینه اولیه ۲۵۰,۰۰۰ واحد پولی است و در سال اول ۵۰,۰۰۰ واحد پولی عاید می‌شود و انتظار می‌رود که درآمد خالص به میزان یکنواخت سالیانه G افزایش خواهد یافت (G شیب یکنواخت است).

مطلوبست رسم نمودارهای حساسیت با مفروضات زیر و مقایسه سه پروژه و بحث در مورد نتایج حاصله.

الف ـ عمر پروژه‌های ۶ سال و G = ۷,۵۰۰ بررسی حساسیت نسبت به نرخ بازگشت سرمایه تا ۲۵ درصد.

ب ـ عمر پروژه‌ها ۶ سال و MARR = ٪۱۲ بررسی حساسیت نسبت به مقادیر G از صفر تا ۱۵,۰۰۰ واحد پولی.

ج ـ MARR = ٪۱۲ و G = ۷,۵۰۰ بررسی حساسیت نسبت به عمر پروژه‌ها.

● ۷-۱۴ـ پروژه‌ای دارای عمر ۱۰ سال و حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول ۹٪ است. هزینه اولیه یک میلیون واحد پولی و هزینه‌های سالیانه موردانتظار ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. امکان دارد که هزینه‌های سالیانه بطور پیوسته هر سال ۱۰,۰۰۰ واحد پولی افزایش و یا هر سال ۵,۰۰۰ واحد پولی کاهش یابد. محتملترین درآمدهای سالیانه ۳۵۰,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد، اما امکان کاهش آن به میزان ۲۵,۰۰۰ واحد پولی در سال وجود دارد.

الف ـ بدترین نسبت $\frac{B}{C}$ که می‌تواند بوجود آید کدام است؟

ب ـ حداکثر هزینه اولیه جهت پذیرش پروژه، اگر فرآیند مالی سالیانه از تخمینهای موردانتظار (محتملترین) پیروی کند، چیست؟

● ۸-۱۴ـ جهت پمپاژ کردن یک مایع اسیدی از دو پمپ می‌توان استفاده کرد. پمپ برنجی با هزینه ۸۰۰۰ و عمر انتظاری ۳ سال و پمپ دیگر که از فولاد ضدزنگ ساخته شده دارای هزینه ۱۹,۰۰۰ واحد پولی و عمر ۵ سال می‌باشد. پمپ برنجی پس از ۲,۰۰۰ ساعت کار به تعمیرات اساسی با هزینه ۳,۰۰۰ واحد پولی و پمپ فولادی پس از

۹,۰۰۰ ساعت کار به تعمیرات اساسی با هزینه ۷,۰۰۰ واحد پولی نیاز دارد. اگر هزینه‌های عملیاتی هر پمپ ۰/۵ واحد پولی در ساعت باشد، پمپ موردنظر چند ساعت در سال باید موردنیاز باشد تا خرید پمپ گران قیمت اقتصادی باشد؟ (MARR = ٪۱۰).

● ۹-۱۴- دو طرح جهت بهبود نمای ظاهری یک ساختمان بازرگانی در دست است. این ساختمان می‌تواند بطور کامل با هزینه ۲۸,۰۰۰ واحد پولی نقاشی شود. انتظار می‌رود که رنگ، مدت ۴ سال بطور جذاب باقی بماند. در پایان این مدت کار مجدداً تکرار خواهد شد. هر زمانی که ساختمان نقاشی شود، هزینه ۲۰٪ مقدار قبلی افزایش خواهد داشت. طرح دیگر اینست که ساختمان مذکور با هزینه سالیانه ۴,۰۰۰ واحد پولی شن‌شوئی (Sand-blast) شود و هر ۱۰ سال با ۴۰٪ افزایش هزینه نسبت به سال قبل، این عمل تکرار گردد. عمر باقیماندهٔ ساختمان ۳۸ سال است. اگر MARR = ٪۱۰ باشد حداکثر مقداری که از هم‌اکنون می‌تواند از طرح شن‌شوئی بگذرد، بطوریکه انتخاب دو طرح یکسان باشد (نقطه سربه‌سر) چقدر است؟

● ۱۰-۱۴- سه طرح جهت انجام کار خاصی با هزینه‌های زیر در دست است:

طرح ۱ : هزینه اولیه ۱۲,۰۰۰ واحد پولی و هزینه یکنواخت سالیانه ۴,۰۰۰ واحد پولی در سال.

طرح ۲ : هزینه اولیه ۵,۰۰۰ واحد پولی و هزینه عملیاتی در سال اول ۷,۵۰۰ واحد پولی است و هر سال ۵۰۰ واحد پولی کاهش می‌یابد.

طرح ۳ : هزینه اولیه ۱۵,۰۰۰ واحد پولی و هزینه سالیانه در شروع ۲,۰۰۰ واحد پولی است که هر سال ۱,۰۰۰ واحد پولی افزایش می‌یابد.

اصل عدم قطعیت در ارزیابی عبارت است از اینکه چه مدت این کار باید انجام شود؟ همه طرحها برای ۱۲ سال مورد نیازند و هیچیک از آنها در هیچ زمان، ارزش اسقاطی ندارد. مطلوب است تعیین دامنه عمر که در آن طرحهای مختلف اقتصادی

هستند (MARR = ٪۱۰).

● ۱۱-۱۴- در شهر کوچکی به فضای سربسته‌ای جهت بازی تنیس در هوای بد نیاز است. پیشنهاد شده است که طرفداران این ورزش با تشریک مساعی امکانات لازم را فراهم سازند. هزینه ساخت ۲ میدان بازی و یک اتاق کوچک برای استراحت، بدون احتساب هزینه زمین ۱۲۵,۰۰۰ واحد پولی است. عمر وسایل ۱۰ سال و ارزش اسقاطی آن ۲۰,۰۰۰ واحد پولی است و هزینه عملیاتی سالیانه ۲۳,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد.

الف - اگر هزینه زمان بازی در یک میدان ۷ واحد پولی در ساعت باشد، این میدانها را چند ساعت در سال باید اجاره داد تا بین ساخت باشگاه و هزینه‌های عملیاتی نقطه سربسر ایجاد شود؟ (MARR = ٪۱۰)

ب - نمودار نرخ بهره‌دهی موردنیاز باشگاه را جهت نرخهای بازگشت سرمایه بین ۱۰ و ۲۵ درصد رسم کنید. فرض کنید وسایل به مدت ۱۴ ساعت در روز برای ۳۲۰ روز در سال در خدمت باشند. آیا شما سرمایه‌گذاری را توصیه می‌کنید؟ چرا؟

فصل پانزدهم

تورم

افزایش قیمتها و کاهش قدرت خرید با گذشت زمان را تورم[1] گویند. گرچه وجود تورم در امور تهیهٔ مایحتاج زندگی مانند غذا و سایر کالاها و خدمات ضروری، نگران‌کننده است ولی بنظر می‌رسد که غیرقابل اجتناب باشد. مخصوصاً اگر خرید، بیشتر و در فواصل زمانی طولانی‌تر صورت پذیرد.

اگر افزایش نرخ دستمزدها، با روند افزایش قیمتها هماهنگ نباشد، تورم باعث فرسایش قدرت خرید، پس‌انداز و درآمدها می‌گردد. بهمین ترتیب تورم بر دولتها نیز اثر می‌گذارد. بنابراین لازمست که اثرات تورم در تجزیه و تحلیلهای اقتصادی در نظر گرفته شود.

اندازه‌گیری نرخ تورم

پیش‌بینی و اندازه‌گیری نرخ تورم بسیار مشکل است. زیرا قیمت کالاها و خدمات مختلف، با نرخهای متفاوت و در زمانهای گوناگون افزایش یا کاهش می‌یابند. بعنوان مثال طی سالهای ۱۹۵۴ تا ۱۹۷۹ در آمریکا، هزینه متوسط یک روز اقامت در بیمارستان ۷۹۶ درصد و قیمت یک پوند گوشت ۳۰۵ درصد افزایش و در عین حال قیمت یک دستگاه تلویزیون سیاه و سفید ۱۷ درصد کاهش یافت. محاسبات نرخ تورم زمانی پیچیده‌تر می‌شود که قیمتها از لحاظ جغرافیائی متفاوت و عادات مردم متغیر باشند. روشهای معمول در اندازه‌گیری تورم بطور خلاصه عبارتند از:

---

1 - Inflation

۱ـ شاخص قیمت مصرف‌کننده[1] (CPI)

دولتها تلاش می‌کنند تا با جمع‌آوری و شناسائی هزینه‌هائی که خانواده‌های دارای درآمد متوسط می‌پردازند، نرخ تورم را اندازه بگیرند. قیمت هر کالا در هر ماه جمع‌آوری شده و میانگین گرفته می‌شود. سپس با توجه به نوع هزینه‌ها به آن وزن داده می‌شود که نتیجه آن CPI خواهد بود که تغییر قیمت کلیه کالاها را در ماه و سال نشان می‌دهد.

۲ـ شاخص قیمت عمده‌فروشی[2] (WPI)

در این روش تورم در سطح عمده‌فروشی برای کالاهای مصرف‌کنندگان و صنایع، اندازه‌گیری می‌شود، اما خدمات را در نظر نمی‌گیرد.

۳ـ شاخص قیمت مطلق[3] (IPI)

این روش اثر تغییر قیمت را روی تولید ناخالص ملی (مجموع ارزش بازای همه کالاها و خدمات جامعه) نشان می‌دهد. نرخ تورم روشهای CPI و IPI تقریباً یکسان است.

گرچه شاخصها، تغییر قیمتهای گذشته را در نظر می‌گیرند، ولی برای روند قیمتها در آینده نیز مناسبند. مثلاً اگر شاخصی ظرف یکسال از ۲۰۰ به ۲۱۶ برسد، نرخ افزایش ۰/۰۸ = ۲۰۰ / (۲۰۰ − ۲۱۶) یا ۸ درصد است. برای محاسبهٔ روند در طول چند دوره، نرخ ترکیبی رشد سالیانه محاسبه می‌شود. مثلاً برای شاخصی که ظرف ۳ سال گذشته از ۱۷۶ به ۲۱۶ رسیده است، روند قیمتها با نرخ تورم (f) عبارتست از:

$$۱۷۶(۱+f)^{۳} = ۲۱۶ \quad \text{یا} \quad (۱+f) = \sqrt[۳]{۲۱۶/۱۷۶} \quad \text{یا} \quad f = ۰/۰۷۱ \quad \text{یا} \quad f = \%۷/۱$$

---

1 - Consumer Price Index

2 - Wholesale Price Index

3 - Implicit Price Index

اثر تورم در بررسیهای اقتصادی

زمانیکه نرخ تورم کم و بین ۲ تا ۴ درصد در سال باشد، در محاسبات اقتصادی وارد نمی‌شود، زیرا همه پروژه بطور یکسان با تغییر قیمتها مواجه می‌باشد و تفاوت بین هزینه‌های فعلی و آتی بسیار اندک است. اما با افزایش نرخ تورم، اثر آن بر فرصتهای سرمایه‌گذاری و بررسیهای اقتصادی مشهود است و باید بعنوان یک عامل مهم و تعیین کننده در نظر گرفته شود. بدین‌منظور از دو مدل اصلی و توسعه آنها استفاده می‌شود:

۱ـ حذف اثرات تورم با تبدیل فرآیندهای مالی متورم[1] به فرآیند مالی واقعی[2]. این رویکرد برای تجزیه و تحلیل قبل از مالیات، وقتی که تمامی مؤلفه‌های فرآیند مالی تحت تأثیر نرخهای یکنواخت متورم شوند، مناسبتر است.

۲ـ تجزیه و تحلیل پروژه با فرآیندهای مالی متورم شده. فهم و کاربرد این رویکرد، ساده‌تر و کارآئی آن بیشتر از کارآئی روش اول است. آنچه مهم است فرضیاتی است که در تعیین حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول در رابطه با نرخهای تورم انجام می‌شود.

● مثال ۱۵ـ۱ـ طرحی با هزینه اولیه ۲۰,۰۰۰ واحد پولی و درآمد سالیانه ۸,۵۰۰ واحد پولی برای ۳ سال در دست است (بدون در نظر گرفتن تورم). از آنجائیکه بنظر می‌رسد در ۵ سال آینده نرخ تورم ۵ درصد خواهد بود، حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول را بجای ۱۰ درصد، ۱۵ درصد در نظر می‌گیریم. (متذکر می‌شود که فرض حداقل نرخ جذب کننده ۱۵ درصد براساس جمع نرخ تورم و حداقل نرخ جذب کننده واقعی است). آیا این طرح اقتصادی است؟

حل: در نظر گرفتن فرآیند مالی واقعی (بدون تورم) با ٪۱۵ = MARR ارزش فعلی دارای جواب منفی است:

$$NPW = -۲۰,۰۰۰ + ۸,۵۰۰\ (P/A, ٪۱۵, ۳) = -۵۹۰$$

---

1 - Actual 2 - Real

در حالیکه فرآیند مالی واقعی با MARR = ٪۱۰ دارای NPW = ۱,۱۳۸/۲۴ می‌باشد. اما باید درآمدهای واقعی را با توجه به نرخ تورم، متورم کرده و سپس NPW را با MARR = ٪۱۵ محاسبه نمود.

سال	فرآیند مالی	تورم ۵ درصد	فرآیند مالی متورم شده
n	بدون تورم		
۰			-۲۰,۰۰۰
۱	۸,۵۰۰	(۱/۰۵)	۸,۹۳۰
۲	۸,۵۰۰	$(۱/۰۵)^۲$	۹,۳۷۰
۳	۸,۵۰۰	$(۱/۰۵)^۳$	۹,۸۴۰

جدول ۱-۱۵

فرآیند مالی متورم شده نشان می‌دهد که برای خرید کالاهائی که امروزه ۸,۵۰۰ واحد پولی لازمست، سه سال بعد باید ۹,۸۴۰ واحد پولی پرداخت.

NPW = ۲۰,۰۰۰+۸,۹۳۰ (P/F،٪۱۵،۱)+۹,۳۷۰ (P/F،٪۱۵،۲)+۹,۸۴۰ (P/F،٪۱۵،۳)

=-۲۰,۰۰۰+۸,۹۳۰(۰/۸۶۹۵۷)+۹,۳۷۰(۰/۷۵۶۱۴)+۹,۸۴۰(۰/۶۵۷۵۲)=۱,۳۲۰

پروژه با MARR = ٪۱۵ اقتصادی بوده و پذیرفته می‌شود.

محاسبهٔ نرخ ظاهری (i_f)

نرخ ظاهری (i_f) که درواقع حداقل نرخ جذب کننده بعد از تورم است از ترکیب حداقل نرخ جذب کننده (MARR) و نرخ تورم (f) بدست می‌آید. فرض کنید P ارزش یک دارائی در حال حاضر و F_t^* ارزش همان دارائی بعد از تورم بمدت t سال باشد. ارزش فعلی این دارائی $P = \frac{F_t^*}{(1+f)^t(1+i)^t}$ می‌باشد.

از طرفی ارزش فعلی واقعی نیز می‌تواند بصورت $P = \frac{F_t^*}{(1+i_f)^t}$ باشد، که از مساوی

کتابخانه مرکز آموزش عالی
رجاء

قرار دادن دو رابطه فوق:

$$(1+i_f)^t = (1+i)^t\,(1+f)^t$$

$$i_f = (1+i)\,(1+f) - 1 \qquad (۱۵\text{-}۱)$$

یا:

$$i_f = i + f + if$$

مقایسه مقدار ثابت[1] قبل از مالیات

فرض کنید سال t سال مبنا برای اندازه‌گیری بهره‌دهی تولید شرکتی باشد. اگر از شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI) برای تبدیل فرآیند مالی متورم سالهای آینده به مقادیر واقعی در سال مبنا استفاده شود، ارقام ورودی و خروجی سال (t + 1) با استفاده از رابطه ۱۵-۲ به مقادیر سال t تبدیل می‌شوند:

$$CPI = ۱ + \frac{CPI\,(t+1) - CPI\,(t)}{CPI\,(t)} \qquad (۱۵\text{-}۲)$$

مثلاً اگر سال ۱۳۷۵ با شاخص ۱۹۵/۴ و درآمد ۳۷۷,۰۰۰ واحد پولی سال مبنا باشد، برای تبدیل قیمت متورم شده سال ۱۳۷۶ که مثلاً ۴۲۶,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد و شاخص آن ۲۱۴/۱ است داریم:

$$CPI = ۱ + \frac{۲۱۴/۱ - ۱۹۵/۴}{۱۹۵/۴} = ۱/۰۹۸$$

و در نتیجه:

۳۸۸,۰۰۰ = ۱/۰۹۸ ÷ ۴۲۶,۰۰۰ خواهد بود. ملاحظه می‌شود که خروجی بمیزان ۱۱,۰۰۰ = ۳۷۷,۰۰۰ – ۳۸۸,۰۰۰ در طول سال بطور ثابت افزایش یافته است. اصولاً ساده‌تر اینست که هزینه‌های آینده بصورت ثابت تخمین زده شوند، زیرا با مقادیر روز آشنائی وجود دارد. تبدیل تخمینها از مقادیر واقعی به فرآیند متورم، وقتی نرخ تورم ثابت فرض شود کار ساده‌ای است.

● مثال ۱۵-۲- دو طرح زیر را در نظر بگیرید. تخمینها واقعی هستند (MARR = ٪۱۲). اگر نرخ تورم در طول ۴ سال برابر با ۶ درصد در سال باشد کدام طرح را انتخاب

---

1 - Constant Value

می‌کنید؟

سال	۰	۱	۲	۳	۴
طرح A	−۱۰,۰۰۰	۴,۰۰۰	۴,۰۰۰	۴,۰۰۰	۴,۰۰۰
طرح B	−۱۴,۰۰۰	۵,۵۰۰	۵,۵۰۰	۵,۵۰۰	۵,۵۰۰

جدول ۱۵-۲

حل: اگر تفاوت خالص دو طرح را در نظر گرفته و ارزش فعلی خالص تفاوت دو طرح را محاسبه کنیم $\Delta NPW = ۵۵۶$ و در نتیجه طرح B اقتصادی خواهد بود:

سال	۰	۱	۲	۳	۴
تفاوت خالص	−۴,۰۰۰	۱,۵۰۰	۱,۵۰۰	۱,۵۰۰	۱,۵۰۰

جدول ۱۵-۳

می‌توان تفاوت خالص در طرح را با استفاده از فاکتور $(\frac{F}{P}$ ، ۶٪ ، n) متورم کرده و دو طرح را با نرخی که از ترکیب دو نرخ MARR و f حاصل می‌شود مقایسه نمود:

$i_f = (۱+i)(۱+f) - ۱ = (۱ + ۰/۱۲)(۱ + ۰/۰۶) - ۱ = ۰/۱۸۷۲$ یا ۱۸/۷۲٪

(n)	تفاوت متورم شده	(P/F ، ۱۸/۷۲٪ ، n)	ΔNPW
۰	−۴,۰۰۰		−۴,۰۰۰
۱	۱,۵۹۰	۰/۸۴۲۳۷	۱,۳۳۹
۲	۱,۶۸۵	۰/۷۰۹۶۴	۱,۱۹۵
۳	۱,۷۸۷	۰/۵۹۷۸۶	۱,۰۶۸
۴	۱,۸۹۴	۰/۵۰۳۷۲	۹۵۴
			۵۵۶

جدول ۱۵-۴

مشاهده می‌شود که نتیجه یکسان است.

● مثال ۳ـ۱۵ـ هزینه اولیه ماشینی ۱۲۰,۰۰۰ واحد پولی است. این ماشین در پایان ۶ سال عمر مفید خود ارزش اسقاطی ندارد. هزینه‌های عملیاتی ۱۲,۰۰۰ واحد پولی در سال و درآمدهای سالیانه ۴۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. تخمینها براساس شرایط اقتصادی جاری و بدون در نظرگرفتن رشد قیمتها و هزینه‌ها می‌باشد. خرید این ماشین را براساس داده‌های واقعی و فرآیندهای مالی متورم شده مقایسه کنید (نرخ تورم ۸ درصد، ٪۱۵ = MARR بدون تورم بوده و از مالیات صرفنظر می‌شود).

حل: ارزش فعلی واقعی با نرخ ۱۵ درصد:

$$NPW = -۱۲۰,۰۰۰ + (۴۰,۰۰۰ - ۱۲,۰۰۰)\,(P/A\ ،٪۱۵\ ،۶)$$

$$NPW = -\ ۱۴,۰۳۷$$

اگر با توجه به فاکتور $(1+f)^n$ فرآیند مالی واقعی به فرآیند مالی متورم شده تبدیل شود و NPW با نرخ ترکیبی (i_f) محاسبه شود داریم:

$$i_f = (۱ + ۰/۱۵)\,(۱ + ۰/۰۸) - ۱ = ۰/۲۴۲ \text{ یا } ٪۲۴/۲$$

(n)	واقعی	(F/P،٪۸،n)	متورم‌شده	(P/F،i_f%،n)	NPW
۰	−۱۲۰,۰۰۰		−۱۲۰,۰۰۰		−۱۲۰,۰۰۰
۱	۲۸,۰۰۰	۱/۰۸۰۰	۳۰,۲۴۰	۰/۸۰۵۱۶	۲۴,۳۴۸
۲	۲۸,۰۰۰	۱/۱۶۶۴	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
					−۱۴,۰۳۷

جدول ۱۵ـ۵

مشاهده می‌شود که هر دو NPW یکسان هستند زیرا:

$(P/F ، ٪۲۴/۲ ، n) = (P/F ، ٪۸ ، n) (P/F ، ٪۱۵ ، n)$

می‌باشد.

مقایسه فرآیند مالی متورم شده ـ بعد از کسر مالیات

مدل قبل دو ضعف عمده داشت: یکی اینکه اثرات مالیات را نادیده گرفته و دیگر اینکه اثر نرخهای متفاوت تورم روی هزینه‌ها یا درآمدها در نظر گرفته نشده است. اثرات مالیات از این جهت اهمیت دارد که هزینه‌هائی مانند استهلاک متورم نمی‌شوند. به دیگر سخن استهلاک مستقیماً براساس قیمت خرید منظور می‌شود، نه بر پایهٔ قیمت متورم شده. همچنین بی‌ثباتی قیمتها در مقایسه اقتصادی موثر است و آن حالتی است که قیمت کالاها و خدمات، بطور متناسب با زمان تغییر نمی‌کنند. مثلاً اگر دو طرح دارای فرآیند مالی واقعی یکسان باشند، احتمالاً با یکدیگر معادل خواهند بود ولی اگر درآمد یکی از طرحها تحت تاثیر نرخ تورم ۲۰٪، و درآمد دیگری تحت تاثیر نرخ تورم ۱۰٪ در سال باشد، بدیهی است طرح اول اقتصادی‌تر خواهد بود.

هزینه‌های شامل‌نشده در تحلیل بعد از کسر مالیات

علاوه بر استهلاک، قرض و اجاره نیز وارد تورم نشده، به صورت واقعی منظور می‌شوند. چراکه قرض و اجاره، وقتی که تورم سریعتر از آنچه که پیش‌بینی شده بود، بالا رود منافع فرآیند مالی متورم شده قرض دهنده (برگرداننده قرض) و اجاره دهنده را نشان می‌دهد.

● مثال ۴ـ۱۵ـ مثال (۳ـ۱۵) را برای بررسی اقتصادی بعد از مالیات در نظر بگیرید. درآمدها و هزینه‌ها با نرخ ۸ درصد در سال متورم می‌شوند. استهلاک مطابق روش خط مستقیم و نرخ مالیات ۴۰ درصد است. ارزشهای فعلی بعد از مالیات را در اثر تبدیل فرآیند واقعی به فرآیند متورم شده، مقایسه کنید (MARR = ٪۱۵).

حل: استهلاک سالیانه: $D = \frac{P - SV}{n} = \frac{۱۲۰,۰۰۰ - ۰}{۶} = ۲۰,۰۰۰$

فرآیند مالی واقعی سالیانه: $CFAT = (GI - OC) - (GI - OC - D)\ TR$

$CFAT = (۴۰,۰۰۰ - ۱۲,۰۰۰) - (۴۰,۰۰۰ - ۱۲,۰۰۰ - ۲۰,۰۰۰)\ (۰/۴) = ۲۴,۸۰۰$

ارزش فعلی بدون در نظر گرفتن تورم عبارتست از:

$NPW = - ۱۲۰,۰۰۰ + ۲۴,۸۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۱۵\ ،\ ۶) = - ۲۶,۱۴۷$

در جدول زیر فرآیند مالی قبل از مالیات (CFBT) براساس ٪۸ = f متورم شده است. درآمد قابل مالیات در هر سال از رابطهٔ $IT^* = CFBT^* - D$ بدست آمده است. مالیاتها در ستون TX^* محاسبه شده و فرآیند مالی بعد از مالیات متورم شده ($CFAT^*$) از رابطه $CFAT^* = CFBT^* - TX^*$ بدست آمده و سپس به مقادیر واقعی تبدیل و با حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ ارزش فعلی خالص محاسبه شده است:

n	CFBT*	D	IT*	TX*	CFAT*	(P/F ،٪۸ ،n)	CFAT	(P/F ،٪۱۵ ،n)	NPW
۰	−۱۲۰,۰۰۰	—	—	—	−۱۲۰,۰۰۰	—	−۱۲۰,۰۰۰	—	−۱۲۰,۰۰۰
۱	۳۰,۲۴۰	۲۰,۰۰۰	۱۰,۲۴۰	۴,۰۹۶	۲۶,۱۴۴	۰/۹۲۵۹۳	۲۴,۲۰۸	۰/۸۶۹۷۵	۲۱,۰۵۰
۲	۳۲,۶۵۹	۲۰,۰۰۰	۱۲,۶۵۹	۵,۰۶۴	۲۷,۵۹۵	۰/۸۵۷۳۴	۲۳,۶۵۸	۰/۷۵۶۱۴	۱۷,۸۸۹
۳	۳۵,۲۷۲	۲۰,۰۰۰	۱۵,۲۷۲	۶,۱۰۹	۲۹,۱۶۳	۰/۷۹۳۸۳	۲۳,۱۵۰	۰/۶۵۷۵۲	۱۵,۲۲۲
۴	۳۸,۰۹۱	۲۰,۰۰۰	۱۸,۰۹۱	۷,۲۳۶	۳۰,۸۵۵	۰/۷۳۵۰۳	۲۲,۶۷۹	۰/۵۷۱۷۵	۱۲,۹۶۷
۵	۴۱,۱۴۱	۲۰,۰۰۰	۲۱,۱۴۱	۸,۴۵۶	۳۲,۶۸۵	۰/۶۸۰۵۹	۲۲,۲۴۵	۰/۴۹۷۱۸	۱۱,۰۶۰
۶	۴۴,۴۳۰	۲۰,۰۰۰	۲۴,۴۳۰	۹,۷۷۲	۳۲,۶۵۸	۰/۶۳۰۱۷	۲۱,۸۴۱	۰/۴۳۲۳۳	۹,۴۴۳
									−۳۲,۳۶۹

جدول ۱۵.۶ محاسبه NPW

ملاحظه می‌شود که ارزش فعلی، نسبت به ارزش فعلی بدون در نظر گرفتن تورم، کمتر شده است. دلیل آن متورم نشدن هزینهٔ استهلاک است، در نتیجه مالیات سالیانه بیشتر است. بنابراین وقتی نرخ تورم زیاد باشد، ارزیابی فرآیند مالی پس از مالیات، به واقعیت نزدیکتر خواهد بود.

● مثال ۱۵-۵- پیشنهاد شده است که بودجهٔ پروژهٔ عنوان شده در مثالهای (۱۵-۳) و (۱۵-۴) از طریق قرض ۸۰,۰۰۰ واحد پولی تامین گردد. هزینه بهره سالیانه ۱۰ درصد مقدار قرض شده و با پرداخت مجدد تمام پول در پایان ۶ سال است. پروژه را پس از مالیات و در حالات زیر تجزیه و تحلیل نمائید (MARR = ٪۱۵)

الف - بدون در نظر گرفتن تورم.

ب - با در نظر گرفتن نرخ تورم ۸ درصد.

حل: فرآیند مالی بدون تورم در سال صفر:

$$-۱۲۰,۰۰۰ + ۸۰,۰۰۰ = -۴۰,۰۰۰$$

فرآیند مالی سالیانه قبل از مالیات عبارتند از:

$$۴۰,۰۰۰ - ۱۲۰,۰۰۰ - ۸۰,۰۰۰ (۰/۱۰) = ۲۰,۰۰۰$$

با توجه به اینکه در پایان سال ششم مبلغ ۸۰,۰۰۰ واحد پولی پرداخته می‌شود، ارزش فعلی خالص بعد از مالیات، بدون در نظر گرفتن تورم بطریق زیر محاسبه می‌گردد:

$$IT = CFBT - D - I = ۲۸,۰۰۰ - ۲۰,۰۰۰ - ۸,۰۰۰ = ۰$$

$$CFAT = ۲۰,۰۰۰$$

$$NPW = -۴۰,۰۰۰ + ۲۰,۰۰۰ (P/A, ٪۱۵, ۶) - ۸۰,۰۰۰ (P/F, ٪۱۵, ۶) = ۱,۱۰۲$$

نتیجه فوق، دقیقاً حالت قبل از مالیات و بدون تورم را نیز نشان می‌دهد. آنالیز بعد از مالیات شامل فرآیند مالی متورم شده در جدول زیر خلاصه شده است:

n	CFBT	CFBT*	قرض‌وبهره	D	IT*	TX*	CFAT*	CFAT	NPW
۰	−۴۰,۰۰۰	−۱۲۰,۰۰۰	۸۰,۰۰۰				−۴۰,۰۰۰	−۴۰,۰۰۰	−۴۰,۰۰۰
۱	۲۸,۰۰۰	۳۰,۲۴۰	−۸,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۲,۲۴۰	۸۹۶	۲۱,۳۴۴	۱۹,۷۶۲	۱۷,۱۸۵
۲	۲۸,۰۰۰	۳۲,۶۵۹	−۸,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۴,۶۵۹	۱,۸۶۴	۲۲,۷۹۵	۱۹,۵۴۳	۱۴,۷۷۷
۳	۲۸,۰۰۰	۳۵,۲۷۲	−۸,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۷,۲۷۲	۲,۹۰۹	۲۴,۳۶۳	۱۹,۳۴۰	۱۲,۷۱۶
۴	۲۸,۰۰۰	۳۸,۰۹۱	−۸,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۱۰,۰۹۱	۴,۰۳۶	۲۶,۰۵۵	۱۹,۱۵۱	۱۰,۹۵۰
۵	۲۸,۰۰۰	۴۱,۱۴۱	−۸,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۱۳,۱۴۱	۵,۲۵۶	۲۷,۸۸۵	۱۸,۹۷۸	۹,۴۳۶
۶	۲۸,۰۰۰	۴۴,۴۳۰	−۸,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۱۶,۴۳۰	۶,۵۷۲	۲۹,۸۵۸	۱۸,۸۱۶	۸,۱۳۵
							−۸۰,۰۰۰	−۵۰,۴۱۴	−۲۱,۷۹۵
									۱۱,۴۰۴

جدول ۱۵-۷ محاسبه NPW بعد از مالیات

در جدول فوق ملاحظه می‌شود اقساط وام که شامل بهرهٔ وام و پرداخت می‌شود، بصورت واقعی ثابتند (مطابق قرارداد دریافت وام). همانطور که هزینه استهلاک نیز مطابق قانون ثابت است. از مقایسهٔ ارزش فعلی با در نظر گرفتن تورم ۱۱,۴۰۴ و ارزش فعلی بدون در نظر گرفتن تورم ۱,۱۰۲ ملاحظه می‌شود که سود بیشتری عاید شده است.

نتایج حاصله از مثالهای (۱۵ـ۳) ، (۱۵ـ۴) و (۱۵ـ۵) در جدول زیر خلاصه شده است. مشاهده می‌شود که بطور کلی انتخاب پروژه‌ها، به فرضیات ملحوظ شده در ارزیابی بستگی دارد:

شرایط مقایسه	PW (بدون قرض)	PW (با قرض)
قبل از مالیات، بدون تورم	−۱۴,۰۳۷	۱,۱۰۲
بعد از مالیات، بدون تورم	−۲۶,۱۴۷	۱,۱۰۲
بعد از مالیات، تورم ۸ درصد	−۳۲,۳۶۹	۱۱,۴۰۴
بعد از مالیات، نرخ تورم (هزینه ۸ درصد و درآمد ۲۰ درصد) مثال (۱۵ـ۶)	۴,۶۸۸	

جدول ۱۵ـ۸ نتایج حاصله از مثالهای (۱۵ـ۶ تا ۱۵ـ۳)

بی‌ثباتی قیمت در تحلیل بعد از کسر مالیات

اغلب یکی یا تعدادی از مولفه‌های فرآیند مالی با نرخهای تورمی متفاوت از نرخ تورم عمومی متورم می‌شوند برای تجزیه و تحلیل این مسائل می‌توان آن مولفه را با یک نرخ تورم تخمینی متفاوت از نرخ تورم عمومی، متورم کرد. اگر نرخ تورم از سالی به سال دیگر نیز تغییر داشته باشد، می‌توان در هر سال، فرآیند مالی مربوطه را با توجه به نرخ تورم آن سال و سالهای قبل تعیین نمود.

● مثال ۶ـ۱۵ـ مثال (۴ـ۱۵) را در نظر بگیرید. در اینجا فرض می‌شود که درآمدها، تحت تاثیر نرخ تورم ۲۰٪ ولی هزینه‌ها تحت تاثیر نرخ تورم ۸٪ متورم می‌شوند. ارزش فعلی خالص در شرایط جدید چقدر است؟

حل: از مثال (۴ـ۱۵) داریم:

$$CFBT = GI - OC = ۴۰۰,۰۰۰ - ۱۲,۰۰۰ = ۲۸,۰۰۰$$

n	GI^*	OC^*	$CFBT^*$	D	IT^*	TX^*	$CFAT^*$	NPW
۰		۱۲۰,۰۰۰	-۱۲۰,۰۰۰				-۱۲۰,۰۰۰	-۱۲۰,۰۰۰
۱	۴۸,۰۰۰	۱۲,۹۶۰	۳۵,۰۴۰	۲۰,۰۰۰	۱۵,۰۴۰	۶,۰۱۶	۲۹,۰۲۴	۲۳,۳۶۹
۲	۵۷,۶۰۰	۱۳,۹۹۷	۴۳,۶۰۳	۲۰,۰۰۰	۲۳,۶۰۳	۹,۴۴۱	۳۴,۱۶۲	۲۲,۱۴۶
۳	۶۹,۱۲۰	۱۵,۱۱۶	۵۴,۰۰۴	۲۰,۰۰۰	۳۴,۰۰۴	۱۳,۶۰۲	۴۰,۴۰۲	۲۱,۰۸۸
۴	۸۲,۹۴۴	۱۶,۳۲۵	۶۶,۶۱۹	۲۰,۰۰۰	۴۶,۶۱۹	۱۸,۶۴۸	۴۷,۹۷۱	۲۰,۱۶۰
۵	۹۹,۵۳۲	۱۷,۶۳۲	۸۱,۹۰۰	۲۰,۰۰۰	۶۱,۹۰۰	۲۳,۷۶۰	۵۷,۱۴۰	۱۹,۳۳۵
۶	۱۱۹,۴۳۶	۱۹,۰۴۲	۱۰۰,۳۹۴	۲۰,۰۰۰	۸۰,۳۴۴	۳۲,۱۵۸	۶۸,۲۳۶	۱۸,۵۹۰
								۴,۶۸۸

جدول ۱۵ـ۹ محاسبه ارزش فعلی

برای متورم کردن درآمد، فاکتور (F/P ، ٪۲۰ ، n) $GI^* = ۴۰,۰۰۰$ و برای هزینه از رابطهٔ (F/P ، ٪۸ ، n) $OC^* = ۱۲,۰۰۰$ استفاده شده است. فرآیند مالی قبل از مالیات $CFBT^* = GI^* - OC^*$ و در آمد مشمول مالیات $IT^* = CFBT^* - D$ می‌باشد. فرآیند مالی‌متورم شدهٔ بعد از مالیات از رابطهٔ $CFAT^* = CFBT^* - TX^*$ و ارزش فعلی طرح با استفاده‌ازنرخ‌ترکیبی i_t=٪۲۴/۲ محاسبه‌شده‌است: $NPW=CFAT^*$ (P/F،٪۲۴/۲،n) . جای تعجب نیست که NPW طرح، بطور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با مثال ۵ـ۱۴ افزایش یافته است. دلیل آن بالا رفتن سریع و بی‌تناسب درآمدها نسبت به هزینه‌ها

کتابخانه مرکز آموزش عالی
وحیاء

است. منطق استفاده از نرخ تورم عمومی برای تبدیل مقادیر متورم شده به معادلهای واقعی اینست که نرخ تورم عمومی بمعنی میانگین وزنی همه افزایش قیمتها است. بنابراین استاندارد معقولی برای از تورم خارج کردن همه مولفه‌های فرآیند مالی بطور یکنواخت می‌باشد.

نرخ تورم عمومی ممکن است مناسبترین فاکتور برای استفاده در یک تجزیه و تحلیل اقتصادی خاص، نباشد. شاخص واحدی برای نرخ تورم (یک نرخ مرکب) را می‌توان برای هر سازمان، از میانگین وزنی تغییرات قیمت آن سازمان محاسبه نمود. نظر به اینکه افزایش قیمتها به پیچیدگی محصول و موقعیت جغرافیائی بازار بستگی دارد، باید از نرخ تورمی استفاده شود که بتواند فرآیند مالی مورد انتظار آینده را بیان نماید. این نرخ، با توجه به نرخهای تورم پیش‌بینی شده برای مولفه‌های بحرانی فرآیند مالی که به آنها بر طبق نسبت بهره‌دهی هر مولفه وزن داده شده، محاسبه می‌شود.

● مثال ۷-۵- شرکتی برای ارزیابی دقیقتر فرآیندهای مالی آیندهٔ خود، شاخص فاکتور تورم خود را ایجاد کرده است. این شاخص با طبقه‌بندی هزینه‌های تولید و تعیین نسبت هر طبقه و پیش‌بینی نرخ تورم برای هر طبقه، با توجه به شرایط جغرافیائی تهیه شده است. سپس شاخص فاکتور تورم به عنوان میانگین وزنی همه فاکتورهای تورم محاسبه شده است. نتیجه در جدول (۱۰-۱۵) نشان داده شده است:

طبقه‌بندی هزینه‌های تولید	نسبت بودجه	نرخ تورم (٪)	نرخهای وزنی
کارگر (نیروی کار شرکت)	۰/۲۵	۸	۲/۰
ماده ۱ (مواد خام)	۰/۱۰	۵	۰/۵
ماده ۲ (زیر مونتاژها)	۰/۱۰	۱۵	۱/۵
انرژی (الکتریسیته، سوخت و غیره)	۰/۲۵	۲۰	۵/۰
خدمات عمومی	۰/۳۰	۱۰	۳/۰
شاخص فاکتور تورم (مجموع حاصلضربهای نسبت بودجه در نرخ تورم)			٪۱۲

جدول ۱۰-۱۵

پروژه‌ای با هزینه اولیه ۱۵۰,۰۰۰ برای کاهش هزینه‌های کارگر و ضایعات مواد، با خرید تجهیزات اتوماتیک در دست بررسی است. عمر مفید این وسایل ۳ سال و ارزش اسقاطی صفر است. روش استهلاک خط مستقیم و نرخ مالیاتی شرکت ۵۰٪ است. سایر اطلاعات در مورد پروژه بشرح زیر است. این پروژه را ارزیابی نمائید.

درآمدهای سالیانه		هزینه‌های سالیانه	
صرفه‌جوئی خالص در کارگر	۶۰,۰۰۰	انرژی اضافه موردنیاز	۷۰,۰۰۰
صرفه‌جوئی خالص در مواد	۱۴۰,۰۰۰	مخارج اضافه‌شده تعمیرات ونگهداری	۳۰,۰۰۰

جدول ۱۱ـ۱۵ سایر اطلاعات مثال (۷ـ۱۵)

حل: محاسبات بعد از مالیات شامل اثرات نرخهای تورم جداگانه، در جدول زیر نشان داده شده است. هر یک از مولفه‌های هزینه و درآمد از مقادیر واقعی به مبالغ متورم شده با نرخ تورم منحصر بخود (تعمیرات و نگهداری در داخل طبقه خدمات عمومی با نرخ تورم ۱۰٪ قرار دارد) تبدیل شده است. باید توجه داشت که CFBT* کمتر از مقادیر واقعی (CFBT) است چرا که مخارج با نرخی سریعتر از صرفه‌جوئیها افزایش می‌یابد. مقادیر متورم شده مجدداً به مقادیر واقعی CFAT با استفاده از شاخص فاکتور تورم ۱۲٪ تبدیل می‌شوند:

n	CTBT	CFBT*	D	IT*	TX*	CFAT*	CFAT
۰	-۱۵۰,۰۰۰	-۱۵۰,۰۰۰				-۱۵۰,۰۰۰	-۱۵۰,۰۰۰
۱	۱۰۰,۰۰۰	۹۴,۸۰۰	۵۰,۰۰۰	۴۴,۸۰۰	۲۲,۴۰۰	۷۲,۴۰۰	۶۴,۶۴۶
۲	۱۰۰,۰۰۰	۸۷,۲۳۴	۵۰,۰۰۰	۳۷,۲۳۴	۱۸,۶۱۷	۶۸,۶۱۷	۵۴,۷۰۱
۳	۱۰۰,۰۰۰	۷۷,۶۲۴	۵۰,۰۰۰	۲۷,۶۲۴	۱۳,۸۱۲	۶۳,۸۱۲	۴۵,۴۲۱

جدول ۱۲ـ۱۵

$CFBT^*$ برای درآمد خالص سالیانه در سالهای ۱ ، ۲ و ۳ از فرمول زیر با بکارگیری نرخ تورم مختلف برای هر مولفه فرآیند مالی تعیین شده است:

$$CFBT^* = ۶۰,۰۰۰\ (F/P, ٪۸, n) + ۱۴۰,۰۰۰\ (F/P, ٪۵, n) - ۷۰,۰۰۰\ (F/P, ٪۲۰, n) - ۳۰,۰۰۰\ (F/P, ٪۱۰, n)$$

پروژه با روش ROR ارزیابی شده است. نرخ بازگشت قبل از مالیات اولیه، بدون در نظر گرفتن تورم عبارتند از:

$$(A/P, i\%, ۳) = \frac{۱۰۰,۰۰۰}{۱۵۰,۰۰۰} = ۰/۶۶۶۶۷$$

$$ROR = ٪۴۵$$

و تعیین واقعی‌تر، هنوز بدون در نظر گرفتن تورم، از نرخ بازگشت بعد از مالیات به صورت زیر محاسبه شده است:

$$(A/P, i\%, ۳) = \frac{۱۰۰,۰۰۰ - ۵۰,۰۰۰}{۱۵۰,۰۰۰} = ۰/۵$$

$$ROR = ٪۲۳/۴$$

نرخ بازگشت سرمایه، وقتی اثرات تورم را در نظر بگیریم، کمتر خواهد شد:

$$NPW = -۱۵۰,۰۰۰ + ۶۴,۶۴۶\ (P/F, i\%, ۱) + ۵۴,۷۰۱\ (P/F, i\%, ۲) + ۴۵,۴۲۱\ (P/F, i\%, ۳) = ۰$$

$i = ٪۵ \qquad NPW = ۴۱۹$

$i = ٪۶ \qquad NPW = -۲,۱۹۳$

و مقدار نرخ بازگشت سرمایه عبارتند از:

$$ROR = ٪۵/۲$$

دو دلیل برای کاهش وجود دارد، اول اینکه هزینه‌های استهلاک در تورم دخالت داده نمی‌شوند و دوم اینکه هزینه‌ها (انرژی و خدمات این پروژه) با نرخ تورم بزرگتری نسبت

به صرفه‌جوئی‌ها (کارگر و مواد) افزایش می‌یابند.

مقایسه بعد از کسر مالیات با فرآیند مالی اصلاح شده

می‌توان از مقادیر واقعی برای ارزیابی بعد از مالیات، تحت شرایط قیدشده برای پروژه مثال (۶ـ۱۵) استفاده کرد. برای انجام این کار لازمست که همه مولفه‌هایی که متورم می‌شوند و یا از حالت تورم خارج می‌شوند (با نرخی متفاوت از نرخ تورم عمومی) اصلاح شوند. در مثال (۶ـ۱۵) درآمد، سریعتر از نرخ تورم عمومی بالا می‌رفت و هزینه‌های استهلاک ثابت بودند (با این معنی که هزینه‌ها نسبت به نرخ تورم عمومی از حالت تورم خارج بودند). بنابراین، باید درآمد و استهلاک اصلاح شوند تا به صورت هزینه واقعی که تنها مولفه موردانتظار برای بالا رفتن با نرخ عمومی است، تبدیل شود. برای این کار از سریهای هندسی استفاده می‌شود. اگر نرخ سری هندسی (g) بیشتر از نرخ تورم عمومی (f) باشد:

$$i^* = \frac{1+g}{1+f} - 1 \qquad (۱۵ـ۳)$$

و اگر g کمتر از f باشد:

$$i^* = \frac{1+f}{1+g} - 1 \qquad (۱۵ـ۴)$$

برای درآمد g=٪۲۰ و f=٪۸ نتیجه $i^* = ۰/۱۱۱۱$ و برای استهلاک g=۰ و f=٪۸ نتیجه $i^* = ۰/۰۸$ خواهدبود. درآمد اصلاح شده از رابطهٔ $GI^{**} = ۴۰,۰۰۰(۱+۰/۱۱۱۱)^n$ و استهلاک اصلاح شده از رابطه $D^{**} = ۲۰,۰۰۰(۱+۰/۰۸)^{-n}$ بدست می‌آید. سپس CFAT محاسبه و با توجه به MARR = ٪۱۵ (بدون تورم) ارزش فعلی محاسبه می‌گردد که همان مقداری است که با متورم کردن درآمدها و هزینه‌ها در مثال (۶ـ۱۵) بدست آمد. بنظر می‌رسد که استفاده از روش متورم کردن توصیفی‌تر، ساده‌تر و برای استفاده مناسبتر باشد.

n	GI*	OC	CFBT	D**	IT	TX	CFAT	NPW(MARR = ٪۱۵)
۰			−۱۲۰,۰۰۰				−۱۲۰,۰۰۰	−۱۲۰,۰۰۰
۱	۴۴۴۴۴	۱۲,۰۰۰	۳۲,۴۴۴	۱۸,۵۱۹	۱۳,۹۲۰	۵,۵۷۰	۲۶,۸۷۴	۲۳,۳۶۹
۲	۴۹,۳۸۲	۱۲,۰۰۰	۳۷,۳۸۲	۱۷,۱۴۷	۲۰,۲۳۵	۸,۰۹۴	۲۹,۲۸۸	۲۲,۱۴۶
۳	۵۴,۸۶۹	۱۲,۰۰۰	۴۲,۸۶۹	۱۵,۸۷۷	۲۶,۹۹۲	۱۰,۷۹۷	۳۲,۰۷۲	۲۱,۰۸۸
۴	۶۰,۹۶۵	۱۲,۰۰۰	۴۸,۹۶۵	۱۴,۷۰۱	۳۴,۲۶۴	۱۳,۷۰۶	۳۵,۲۵۹	۲۰,۱۶۰
۵	۶۷,۷۳۸	۱۲,۰۰۰	۵۵,۷۳۸	۱۳,۶۱۲	۴۲,۱۲۶	۱۶,۸۵۰	۳۸,۸۸۸	۱۹,۳۳۵
۶	۷۵,۲۶۴	۱۲,۰۰۰	۶۳,۲۶۴	۱۲,۶۰۳	۵۰,۶۶۱	۲۰,۲۶۴	۴۲,۷۰۰	۱۸,۵۹۰
								۴۶,۶۸۸

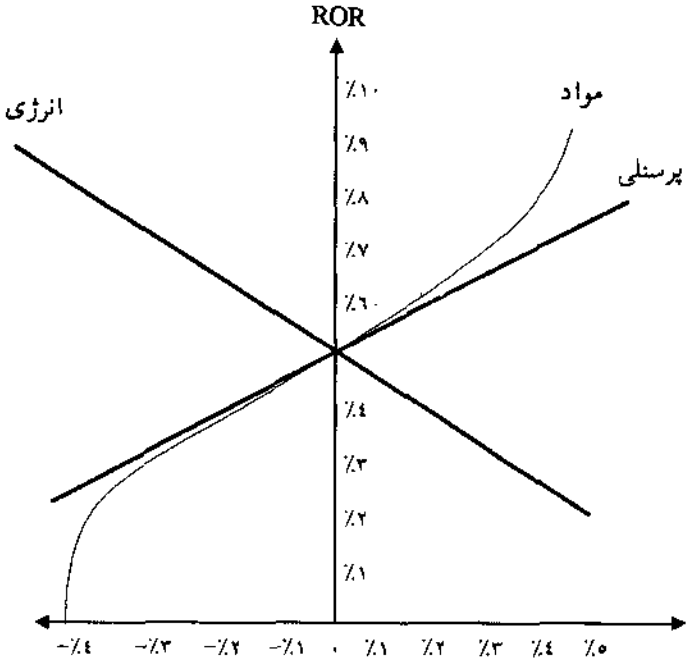
جدول ۱۳-۱۵

تصمیم‌گیری در مورد زمان و چگونگی در نظر گرفتن تورم

بررسی اثرات تورم، بعد از وارد کردن اثر مالیات روی فرآیند مالی دومین تصفیه‌ای است که در ارزیابی اقتصادی انجام می‌شود. در بسیاری از طرحها از بررسی اثرات تورم چشم‌پوشی می‌شود، زیرا مقادیر فرآیند مالی بسیار کوچک است، لذا از تورم در امان هستند و یا هماهنگ با طرحهای رقیب متورم می‌شوند و غیره. سایر طرحها، مخصوصاً آنها که در معرض تغییر وسیع افزایش قیمت بین مولفه‌های فرآیند مالی می‌باشند، کاندیداهای جدّی برای آنالیز حساسیت با تورم می‌باشند. بررسی حساسیت یک تصمیم نسبت به اثرات تورم را می‌توان با استفاده از تکنیکهای آنالیز حساسیت انجام داد. از آنجائیکه مراحل وارد کردن اثرات تورم و مالیات در آنالیز اقتصادی، سیستماتیک و در عین حال انجام دستی آن وقت‌گیر است، براحتی می‌توان برنامه‌های کامپیوتری تهیه و از آنها استفاده نمود.

● مثال ۸-۱۵- عوامل هزینه طرح خرید تجهیزات اتوماتیک مثال (۷-۱۵) را در نظر گرفته و ضمن انجام آنالیز حساسیت، نسبت به نرخ تورم، نمودار حساسیت را رسم کنید.

حل: عوامل هزینه مهم که در معرض تورم می‌باشند، هزینه پرسنلی، مواد و انرژی هستند. اگر هر یک از این عوامل را در نظر گرفته و نرخ تورم آن را نسبت به نرخ تورم مورد انتظار آن عامل تغییر داده (سایر شرایط ثابت است) و ROR در هر حالت محاسبه شود، نمودار زیر بدست می‌آید:



شکل (۱-۱۵)

تغییرات در نرخ تورم (f)

محل تلاقی منحنی‌ها، ROR مربوط به محتملترین نرخهای تورم را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود هزینه مواد حساسترین پارامتر هزینه است. افزایش نرخ تورم آن از ۵٪ به ۹٪ باعث دو برابر شدن ROR می‌شود (صرفه‌جوئی ناشی از کاهش استفاده از مواد با ارزش‌تر است، زیرا قیمت مواد افزایش می‌یابد). اگرچه هزینهٔ انرژی تنها نصف هزینه مواد است، لیکن بواسطهٔ نرخ تورم بالای آن در ابتدا (۲۰٪) تقریباً حساس می‌باشد.

اثرات تورم در بررسیهای اقتصادی بعد از مالیات

در اینجا اثبات خواهد شد که تحت فرضیات معین، نرخ بازگشت سرمایه داخلی تحت تاثیر تورم، کاهش می‌یابد و سپس دو مدل ارائه خواهد شد. در مدل I درآمد ناخالص و هزینه‌های عملیاتی تحت تاثیر تورم قرار دارند و در مدل II درآمد خالص و

هزینه‌های عملیاتی تحت تاثیر تورم قرار خواهند گرفت. با ارائه و کاربرد مدل II سعی می‌شود که از کاهش نرخ بازگشت سرمایه در اثر تورم جلوگیری شود.

تاثیر تورم بر NPW

اگر ارزش فعلی خالص قبل از تورم NPW_B و ارزش فعلی خالص بعد از تورم NPW_A باشد:

$$NPW_B = -P_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{CFAT_t}{(1+i)^t} \qquad (۱۵-۵)$$

$$NPW_A = -P_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{CFAT^*_t}{(1+i_f)^t} \qquad (۱۵-۶)$$

برای مقایسهٔ NPW_A با NPW_B، باید $CFAT^*_t$ از تورم خارج شود. NPW_A را می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$NPW_A = -P_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{CFAT^*_t}{(1+i)^t(1+f)^t} \qquad (۱۵-۷)$$

الف ـ اثبات اینکه NPW در زمان تورم کاهش می‌یابد

برای اثبات اینکه $NPW_B > NPW_A$ است، فرض می‌شود که درآمد ناخالص و هزینه‌های عملیاتی تحت تاثیر نرخ تورم قرار بگیرند. بمنظور افزایش درآمد ناخالص، شرکت می‌تواند قیمت محصولات خود را با همان نرخ افزایش دهد، یعنی:

$$GI^*_t = GI_t\,(1+f)^t \qquad (۱۵-۸)$$

$$OC^*_t = OC_t\,(1+f)^t \qquad (15\text{-}9)$$

بنابراین:

$$CFAT^*_t = (GI_t - OC_t)\,(1+f)^t\,(1-TR) + D_t\,(TR) \qquad (15\text{-}10)$$

نشان داده می‌شود که:

$$NPW_B > NPW_A \qquad (15\text{-}11)$$

یا:

$$-P_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{CFAT_t}{(1+i)^t} > -P_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{CFAT^*_t}{(1+i)^t(1+f)^t} \qquad (15\text{-}12)$$

با جایگزینی رابطهٔ (۱۵-۱۰) در نامعادلهٔ (۱۵-۱۲):

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{(GI_t - OC_t)(1-TR) + D_t\,(TR)}{(1+i)^t} > \sum_{t=1}^{n} \frac{(GI_t - OC_t)\,(1+f)^t\,(1-TR) + D_t\,(TR)}{(1+i)^t(1+f)^t}$$

یا:

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{(GI_t - OC_t)(1-TR) + D_t\,(TR)}{(1+i)^t} > \sum_{t=1}^{n} \frac{(GI_t - OC_t)\,(1-TR) + D(TR)\,/\,(1+f)^t}{(1+i)^t}$$

(۱۵-۱۳)

نظر به اینکه طرفین این نامعادله یکسانند، مگر در مورد جملات $D_t(TR)$ و $\frac{D(TR)}{(1+f)^t}$ که بدیهی است $D_t(TR) > \frac{D(TR)}{(1+f)^t}$ با $(f > 0)$ درنتیجه $NPW_B > NPW_A$. بنابراین درآمد ناخالص باید با نرخی بیشتر از نرخ تورم عمومی افزایش یابد که این نرخ (P_t) نامیده خواهد شد.

ب ـ اثبات اینکه NPW می‌تواند در زمان تورم ثابت نگهداشته شود

حال نشان داده می‌شود که اگر درآمد خالص و هزینه‌های عملیاتی با نرخ تورم، متورم شوند، نتیجه می‌شود: $NPW_B = NPW_A$.

با جایگزینی روابط (۵-۱۵) و (۶-۱۵) :

$$NPW_B = NPW_A$$

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{CFAT_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=1}^{n} \frac{CFAT^*_t}{(1+i)^t(1+f)^t}$$

با جایگزینی $CFAT^*_t = CFAT\ (1+f)^t$:

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{CFAT_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=1}^{n} \frac{CFAT_t(1+f)^t}{(1+i)^t(1+f)^t}$$

نتیجه حاصل می‌شود، یعنی اگر درآمد خالص و هزینه‌های عملیاتی با یک نرخ معین و یکسان متورم شوند، همان ارزش فعلی خالص قبل از تورم بدست می‌آید.

مدل I: اثر تورم بر درآمد خالص

در قسمت قبل ثابت شد که اگر درآمد ناخالص و هزینه‌های عملیاتی تحت تاثیر تورم قرار بگیرند، NPW کاهش خواهد یافت. دلیل این امر اینست که درآمد خالص با نرخ متغیری کمتر از نرخ تورم، در طول عمر مفید طرح افزایش (یا کاهش) خواهد یافت. این مدل، معرفی نرخ متغیر (V) برحسب درآمد خالص شروع می‌شود که تابعی از نرخ تورم، هزینه‌های عملیاتی و درآمد ناخالص متورم نشده است. تعریف نرخ V با یک نرخ تورم معلوم عبارت از:

$$V_t = \frac{CFAT^*_t}{CFAT^*_{t-1}} - 1 \qquad (۱۵-۱۴)$$

با جایگزینی رابطهٔ (۱۵-۱۰) در رابطهٔ (۱۵-۱۴) خواهیم داشت:

$$V_t = \frac{(GI^*_t - OC^*_t)\ (1-TR) + D_t(TR)}{(GI^*_{t-1} - OC^*_{t-1})\ (1-TR) + D_{t-1}\ (TR)} - 1 \qquad (۱۵-۱۵)$$

کتابخانه مرکز آموزش عالی وجاء

یا:

$$V_t = \frac{(GI_t - OC_t)\,(1+f)^t\,(1-TR) + D_t(TR)}{(GI^*_{t-1} - OC_{t-1})(1+f)^{t-1}\,(1-TR) + D_{t-1}(TR)} - 1 \qquad (15\text{-}16)$$

با فرض اینکه $GI_t = GI_{t-1} = GI$ و $OC_t = OC_{t-1} = OC$ و جایگزینی در رابطهٔ (۱۵-۱۶) و ساده‌کردن آن داریم:

یا:

$$V_t = f \cdot \left[\frac{(GI-OC)(1+f)^{t-1}(1-TR) + TR(D_t - D_{t-1})/f}{(GI-OC)(1+f)^{t-1}(1-TR) + TR(D_{t-1})} \right] \qquad (15\text{-}17)$$

با توجه به اینکه جمله اول صورت و مخرج کسر داخل کروشه یکسانند، کسر کوچکتر، مساوی یا بزرگتر از ۱ خواهد بود اگر:

$$\frac{TR\,(D_t - D_{t-1})}{f} < 0 = \text{یا} > D_{t-1}\,(TR) \qquad (15\text{-}18)$$

یا:

$$f > 0 = \text{یا} < \frac{D_t}{D_{t-1}} - 1 \qquad (15\text{-}19)$$

و در نتیجه این رابطه بدست می‌آید:

$$V_t < 0 = \text{یا} > f \qquad (15\text{-}20)$$

برای روشهای عمومی استهلاک از رابطه (۱۵-۱۹) نتیجه می‌شود:

* در روش خط مستقیم $D_t = D_{t-1}$ و با $f > 0$ و در نتیجه $V_t < f$ خواهد بود.

* در روش جمع ارقام سنوات و روش موجودی نزولی دوبل $D_t < D_{t-1}$ و لذا $f > 0$ و در نتیجه $V_t < f$ خواهد شد.

* روش وجوه استهلاکی $D_t > D_{t-1}$ و لذا $f > 0$ و در نتیجه $V_t > f$ خواهد گردید.

مدل II: اثر تورم بر درآمد ناخالص

روش عمومی تعیین درصد افزایش درآمد ناخالص برای ثابت نگهداشتن NPW، با

توجه به نرخ تورم و اثر آن بر هزینه‌های عملیاتی و درآمد خالص عبارت است از:

$$P_t = \frac{GI^*_t}{GI^*_{t-1}} - 1 \qquad (15\text{-}21)$$

با توجه به رابطهٔ:

$$CFAT_t = (GI_t - OC_t) - (GI_t - OC_t - D_t)\,TR \qquad (15\text{-}22)$$

مقدار GI_t بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$GI_t = \frac{OC_t\,(1-TR) - D_t\,(TR) + CFAT_t}{1-TR} \qquad (15\text{-}23)$$

با جایگزینی مقادیر متورم شدهٔ هزینه‌های عملیاتی و فرآیند مالی بعد از مالیات (درآمد خالص) بشرح زیر:

$$CFAT^*_t = CFAT_t\,(1+f)^t \qquad (15\text{-}24)$$

$$OC^*_t = OC_t\,(1+f)^t \qquad (15\text{-}25)$$

در رابطهٔ (۱۵-۲۳) و با ساده‌کردن آن، درآمد ناخالص متورم شده بدست می‌آید:

$$GI^*_t = \frac{OC^*_t\,(1-TR) - D_t\,(TR) + CFAT^*_t}{1-TR} \qquad (15\text{-}26)$$

اگر با توجه به رابطهٔ (۱۵-۲۶) مقادیر GI^*_t و GI^*_{t-1} در رابطهٔ (۱۵-۲۱) قرار گیرد، پس از ساده شدن داریم:

$$P_t = \frac{OC^*_t\,(1-TR) - D_t\,(TR) + CFAT^*_t}{OC^*_{t-1}\,(1-TR) - D_{t-1}\,(TR) + CFAT^*_{t-1}} - 1 \qquad (15\text{-}27)$$

با جایگزینی رابطهٔ (۱۵-۲۲) و با توجه به نرخ تورم f رابطه عمومی P_t بدست می‌آید. اثر این رابطه در روشهای مختلف استهلاک مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

$$P_t = \frac{(1+f)^t[GI_t(1-TR)+D_t(TR)]-D_t(TR)}{(1+f)^{t-1}[GI_{t-1}(1-TR)+D_{t-1}(TR)]-D_{t-1}(TR)} - 1 \qquad (15\text{-}28)$$

*** روش استهلاک خط مستقیم**

دو روش برای فرموله کردن P وجود دارد. روش اول با استفاده از رابطهٔ (۱۵-۲۲) که در آن درآمد خالص و هزینه‌های عملیاتی با نرخ تورم f و درآمد ناخالص با نرخ P افزایش می‌یابند. معادله زیر افزایش سال اول را نشان می‌دهد:

$$CFAT(1+f) = [GI(1+P_1)-OC(1+f)]-[GI(1+P_1)-OC(1+f)-D]TR \qquad (15\text{-}29)$$

با جایگزینی CFAT از رابطهٔ (۱۵-۲۲) در رابطهٔ فوق و ساده‌کردن آن، معادلهٔ P_1 بدست می‌آید.

$$P_1 = f + f\left[\frac{D}{GI}\cdot\frac{TR}{1-TR}\right] \qquad (15\text{-}30)$$

تعمیم این معادله برای هرسال موردنظر به صورت زیر است:

$$P_t = f + f\left[\frac{D_t}{GI_{t-1}}\cdot\frac{TR}{1-TR}\right] \qquad (15\text{-}31)$$

نظر به اینکه جملهٔ داخل کروشه نمی‌تواند منفی باشد، در نتیجه در حالت استهلاک به روش خط مستقیم، همواره $P_t \geq f$ خواهد بود که بیانگر این نکته مهم است که چنانچه مسئولین طرح قصد ثابت نگهداشتن NPW در زمان تورم را داشته باشند، با انتخاب روش استهلاک خط مستقیم، باعث افزایش قیمتها، با نرخی بیش از نرخ تورم خواهند شد.

روش دیگر، استفاده از رابطه (۱۵-۲۸) است. در روش استهلاک خط مستقیم، هزینه‌های استهلاک در تمام سالها معادلند.

$$D_1 = D_2 = \ldots = D_{t-1} = D_t$$

با جایگزینی رابطه فوق در رابطه (۱۵-۲۸) همان نتیجه‌ای بدست خواهد آمد که در معادلهٔ (۱۵-۳۱) ارائه شد. بنابراین با توجه به اینکه $D_t = \frac{P-SV}{n}$ است رابطه P_t به صورت زیر خواهد شد:

$$P_t = f + f\left[\frac{P-SV}{GI^*_{t-1}(n)} \cdot \frac{TR}{1-TR}\right] \qquad (۱۵-۳۲)$$

* روش جمع ارقام سنوات

ساده‌ترین طریق یافتن فرمول P_t در این روش استهلاک، استفاده از روابط $D_t = \frac{(n-t+1)}{SYD}(P-SV)$ و $D_{t-1} = \frac{(n-t+2)}{SYD}(P-SV)$ می‌باشد که در آنها $SYD = \frac{n(n+1)}{2}$ است. با جایگزینی این مقادیر در رابطهٔ P_t فرمول موردنظر بدست می‌آید:

$$P_t = \frac{GI_t(1-TR)(1+f)^t + [(n-t+1)/SYD](P-SV)(TR)[(1+f)^t-1]}{GI_{t-1}(1-TR)(1+f)^{t-1} + [(n-t+2)/SYD](P-SV)(TR)[(1+f)^{t-1}-1]} - 1 \qquad (۱۵-۳۳)$$

در این حالت P_t می‌تواند بزرگتر، مساوی یا کوچکتر از f در هر سال باشد.

روش استهلاک موجودی نزولی

با جایگزینی مقادیر $D_t = dP\,(1-d)^{t-1}$ و $D_{t-1} = dP\,(1-d)^{t-2}$ در رابطهٔ P_t:

$$P_t = \frac{GI_t(1-TR)(1+f)^t + dP(1-d)^{t-1}(TR)[(1+f)^t-1]}{GI_{t-1}(1-TR)(1+f)^{t-1} + dP(1-d)^{t-2}(TR)[(1+f)^{t-1}-1]} \qquad (۱۵-۳۴)$$

در این حالت P_t بزرگتر، مساوی یا کوچکتر از f است. اگر روش استهلاک موجودی نزولی دوبل به روش خط مستقیم تغییر یابد، در این صورت باید از فرمولهای مربوطه به روش SL استفاده شود. نتیجه اینکه مقدار P_t بزرگتر یا مساوی f خواهد شد.

مثالی از کاربرد مدلهای I و II

● مثال ۹ـ۱۵ـ هزینه اولیه طرحی ۵۰,۰۰۰ واحد پولی و درآمد ناخالص آن ۲۰,۰۰۰ واحد پولی در سال و هزینه‌های عملیاتی آن که شامل هزینه نیروی انسانی، هزینه مواد و هزینه انرژی است، به ترتیب ۲,۰۰۰ ، ۲,۰۰۰ و ۱,۰۰۰ واحد پولی در سال می‌باشند. عمر مفید این طرح ۱۰ سال و در پایان دارای هیچگونه ارزش اسقاطی نخواهد بود. نرخ مالیات این شرکت ۵۰٪ و نرخ تورم آن ۵٪ در سال می‌باشد. طرح را در حالات زیر تجزیه و تحلیل نمائید:

اولاً ـ بدون در نظر گرفتن تورم، ارزیابی بعد از مالیات را با روشهای استهلاک زیر انجام دهید:

الف ـ خط مستقیم (SL)

ب ـ جمع ارقام سنوات (SOYD)

ج ـ موجودی نزولی دوبل (DDB) با تغییر به روش خط مستقیم (SL).

ثانیاً ـ با در نظر گرفتن نرخ تورم ۵٪ ، تاثیر تورم را بر درآمد خالص (CFAT) با هر یک از روشهای استهلاک فوق‌الذکر تعیین نمائید.

ثالثاً ـ با در نظر گرفتن نرخ تورم ۵٪ ، تاثیر تورم را بر درآمد ناخالص (GI) با هر یک از روشهای استهلاک فوق‌الذکر محاسبه نمائید.

حل: الف ـ جدول "۱۴ـ۱۵" فرآیند مالی بعد از مالیات، با روش استهلاک خط مستقیم و بدون اثر تورم را نشان می‌دهد. OC مجموع هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه‌های نیروی انسانی (LC) ، مواد (MC) و انرژی (EC) در هر سال می‌باشد.

n	GI	MC	LC	EC	CFBT	D	TAX	CFAT
۱	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۲	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۳	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۴	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۵	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۶	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۷	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۸	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۹	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۱۰	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰

جدول ۱۴-۱۵

نرخ بازگشت سرمایه واقعی قبل از تورم:

$$-۵۰,۰۰۰ + ۱۰,۰۰۰ (P/A ، i\% ، ۱۰) = ۰$$

$$(P/A ، i\% ، ۱۰) = ۵$$

و

$$ROR = ٪۱۵/۱$$

ب ـ در جدول "۱۵-۱۵" بدون در نظرگرفتن تورم و با استفاده از روش استهلاک جمع ارقام سنوات (SOYD) فرآیند مالی بعد از مالیات محاسبه شده است:

N	GI	MC	LC	EC	CFBT	D	BV	TAX	CFAT
۰					-۵۰,۰۰۰		۵۰,۰۰۰/۰۰		-۵۰,۰۰۰/۰۰
۱	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۹,۰۹۰/۹۱	۴۰,۹۰۹/۰۹	۲۹,۹۵۴/۵۵	۱۲,۰۴۵/۴۵
۲	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۸,۱۸۱/۸۲	۳۲,۷۲۷/۲۷	۳,۴۰۹/۰۹	۱۱,۵۹۰/۹۱
۳	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۷,۲۷۲/۷۳	۲۵,۴۵۴/۵۵	۳,۸۳۶/۶۴	۱۱,۱۳۶/۳۶
۴	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۶,۳۶۳/۶۴	۱۹,۰۹۰/۹۱	۴,۳۱۸/۱۸	۱۰,۶۸۱/۸۲
۵	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۴۵۴/۵۵	۱۳,۶۳۶/۳۶	۴,۷۷۲/۷۳	۱۰,۲۲۷/۲۷
۶	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۴,۵۴۵/۴۵	۹,۰۹۰/۹۱	۵,۲۲۷/۲۷	۹,۷۷۲/۷۳
۷	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۳,۶۳۶/۳۶	۵,۴۵۴/۵۵	۵,۶۸۱/۸۲	۹,۳۱۸/۱۸
۸	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۲,۷۲۷/۲۷	۲,۷۲۷/۲۷	۶,۱۳۶/۳۶	۸,۸۶۳/۶۴
۹	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۱,۸۱۸/۱۸	۹۰۹/۰۹	۶,۵۹۰/۹۱	۸,۴۰۹/۰۹
۱۰	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۹۰۹/۰۹	۰/۰۰	۷,۰۴۵/۴۵	۷,۹۵۴/۵۵

جدول ۱۵-۱۵

نرخ بازگشت سرمایه واقعی قبل از تورم ۱۶/۵۴٪ = ROR است.

ج - جدول (۱۵.۱۶) بدون در نظر گرفتن تورم و با استفاده از روش استهلاک موجودی نزولی دوبل (DDB) با تغییر به روش خط مستقیم (SL) مقادیر درآمد خالص را نشان می‌دهد و سپس نرخ بازگشت سرمایه محاسبه خواهد شد.

N	GI	MC	LC	EC	CFBT	D	BV	TAX	CFAT
۰					-۵۰,۰۰۰		۵۰,۰۰۰/۰۰	-۵۰,۰۰۰/۰۰	
۱	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۱۰,۰۰۰/۰۰	۴۰,۰۰۰/۰۰	۲,۵۰۰/۰۰	۱۲,۵۰۰/۰۰
۲	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۸,۰۰۰/۰۰	۳۲,۰۰۰/۰۰	۳,۵۰۰/۰۰	۱۱,۵۰۰/۰۰
۳	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۶,۴۰۰/۰۰	۲۵,۶۰۰/۰۰	۴,۳۰۰/۰۰	۱۰,۷۰۰/۰۰
۴	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۱۲۰/۰۰	۲۰,۴۸۰/۰۰	۴,۹۴۰/۰۰	۱۰,۰۶۰/۰۰
۵	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۴,۰۹۶/۰۰	۱۶,۳۸۴/۰۰	۵,۴۵۲/۰۰	۹,۵۴۸/۰۰
۶	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۳,۲۷۶/۸۰	۱۳,۱۰۷/۲۰	۵,۸۶۱/۶۰	۹,۱۳۸/۴۰
۷	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۳,۲۷۶/۸۰	۹,۸۳۰/۴۰	۵,۸۶۱/۶۰	۹,۱۳۸/۴۰
۸	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۳,۲۷۶/۸۰	۶,۵۵۳/۶۰	۵,۸۶۱/۶۰	۹,۱۳۸/۴۰
۹	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۳,۲۷۶/۸۰	۳,۲۷۶/۸۰	۵,۸۶۱/۶۰	۹,۱۳۸/۴۰
۱۰	۲۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۲,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۳,۲۷۶/۸۰	۰/۰۰	۵,۸۶۱/۶۰	۹,۱۳۸/۴۰

جدول ۱۵.۱۶

نرخ بازگشت سرمایه واقعی قبل از تورم ۱۶/۳۱٪ = ROR است.

کاربرد مدل I

د ـ جدول (۱۷ـ۱۵) اثر تورم بر درآمد خالص (مدل I) با استفاده از روش استهلاک خط مستقیم بررسی و محاسبات نشان داده شده است.

N	GI*	MC*	LC*	EC*	D	TAX*	CFAT*	V%
۰	۲۱,۰۰۰	۲,۱۰۰	۲,۱۰۰	۱,۰۵۰	۵,۰۰۰	۵,۳۷۵	۱۰,۳۷۵	۳/۷۵
۲	۲۰,۰۵۰	۲,۲۰۵	۲,۲۰۵	۱,۱۰۲/۵	۵,۰۰۰	۵,۷۶۸/۷۵	۱۰,۷۶۸/۷	۳/۸۰
۳	۲۳,۱۵۲/۵	۲,۳۱۵/۲۵	۲,۳۱۵/۲۵	۱,۱۵۷/۶۲	۵,۰۰۰	۶,۱۸۲/۱۸	۱۱,۱۸۲/۲	۳/۸۴
۴	۲۴,۳۱۰/۱	۲,۴۳۱/۰۱	۲,۴۳۱/۰۱	۱,۲۱۵/۵۱	۵,۰۰۰	۶,۶۱۶/۲۹	۱۱,۶۱۶/۳	۳/۸۸
۵	۲۵,۵۲۵/۶	۲,۵۵۲/۵۶	۲,۵۵۲/۵۶	۱,۲۷۶/۲۸	۵,۰۰۰	۷,۰۷۲/۱	۱۲,۰۷۲/۱	۳/۹۲
۶	۲۶,۸۰۱/۹	۲,۶۸۰/۱۹	۲,۶۸۰/۱۹	۱,۳۴۰/۰۹	۵,۰۰۰	۷,۵۵۰/۷	۱۲,۵۵۰/۷	۳/۹۶
۷	۲۸,۱۴۲	۲,۸۱۴/۲	۲,۸۱۴/۲	۱,۴۰۷/۱	۵,۰۰۰	۸,۰۵۳/۲۴	۱۳,۰۵۳/۲	۴/۰۰
۸	۲۹,۵۴۹/۱	۲,۹۵۴/۹۱	۲,۹۵۴/۹۱	۱,۴۷۷/۴۵	۵,۰۰۰	۸,۵۸۰/۹	۱۳,۵۸۰/۹	۴/۰۴
۹	۳۱,۰۲۶/۵	۳,۱۰۲/۶۵	۳,۱۰۲/۶۵	۱,۵۵۱/۳۳	۵,۰۰۰	۹,۱۳۴/۹۴	۱۴,۱۳۴/۹	۴/۰۸
۱۰	۳۲,۵۷۷/۸	۳,۲۵۷/۷۸	۳,۲۵۷/۷۸	۱,۶۲۸/۸۹	۵,۰۰۰	۹,۷۱۶/۶۸	۱۴,۷۱۶/۷	۴/۱۲

جدول ۱۷-۱۵

نرخ بازگشت سرمایه ظاهری (همراه با تورم) برابر ٪۱۹/۵ = ROR^* خواهد شد در حالیکه نرخ بازگشت سرمایه ظاهری مورد انتظار عبارت است از:

$i_f = i + f + if = (٪۱۵/۱) + (٪۵) + (٪۱۵/۱)(٪۵) = ٪۲۰/۸۶$

مشاهده می‌شود که $ROR_B > ROR_A$ همچنین اگر نرخ بازگشت سرمایه واقعی بدست آید داریم:

$i_f = i + f + if \Rightarrow (٪۱۹/۵) = i + (٪۵) + i\ (٪۵) \Rightarrow i = ٪۱۳/۸۱$

که در مقایسه با i = ٪۱۵/۱ قبل از تورم، نتیجهٔ $ROR_B > ROR_A$ حاصل می‌شود. زیرا $NPW_B > NPW_A$ است. در این روش استهلاک، ملاحظه می‌شود که $f > V_t$ است.

هـ ـ در جدول (۱۸ـ۱۵) اثر تورم بر درآمد خالص (مدل I) با روش استهلاک جمع ارقام سنوات (SOYD) بررسی شده است:

N	GI*	MC*	LC*	EC*	D	TAX*	CFAT*	V%
۱	۲۱,۰۰۰	۲,۱۰۰	۲,۱۰۰	۱,۰۵۰	۹,۰۹۰/۹۱	۳,۳۲۹/۵۴	۱۲,۴۲۰/۵	۳/۱۱
۲	۲۲,۰۵۰	۲,۲۰۵	۲,۲۰۵	۱,۱۰۲/۵	۸,۱۸۱/۸۲	۴,۱۷۷/۸۴	۱۲,۳۵۹/۷	-۰/۴۹
۳	۲۳,۱۵۲/۵	۲,۳۱۵/۲۵	۲,۳۱۵/۲۵	۱,۱۵۷/۶۲	۷,۲۷۲/۷۳	۵,۰۴۵/۸۲	۱۲,۳۱۸/۵	-۰/۳۳
۴	۲۴,۳۱۰/۱	۲,۴۳۱/۰۱	۲,۴۳۱/۰۱	۱,۲۱۵/۵۱	۶,۳۶۳/۶۴	۵,۹۳۴/۴۷	۱۲,۲۹۸/۱	-۰/۱۷
۵	۲۵,۵۲۵/۶	۲,۵۵۲/۵۶	۲,۵۵۲/۵۶	۱,۲۷۶/۲۸	۵,۴۵۴/۵۵	۶,۸۴۴/۸۴	۱۲,۲۹۹/۴	۰/۰۱
۶	۲۶,۸۰۱/۹	۲,۶۸۰/۱۹	۲,۶۸۰/۱۹	۱,۳۴۰/۰۹	۴,۵۴۵/۴۵	۷,۷۷۷/۹۸	۱۲,۳۲۳/۴	۰/۲۰
۷	۲۸,۱۴۲	۲,۸۱۴/۲	۲,۸۱۴/۲	۱,۴۰۷/۱	۳,۶۳۶/۳۶	۸,۷۳۵/۰۶	۱۲,۳۷۱/۴	۰/۳۹
۸	۲۹,۵۴۹/۱	۲,۹۵۴/۹۱	۲,۹۵۴/۹۱	۱,۴۷۷/۴۵	۲,۷۲۷/۲۷	۹,۷۱۷/۲۷	۱۲,۴۴۴/۵	۰/۵۹
۹	۳۱,۰۲۶/۵	۳,۱۰۲/۶۵	۳,۱۰۲/۶۵	۱,۵۵۱/۳۳	۱,۸۱۸/۱۸	۱۰,۷۲۵/۹	۱۲,۵۴۴	۰/۸۰
۱۰	۳۲,۵۷۷/۸	۳,۲۵۷/۷۸	۳,۲۵۷/۷۸	۱,۶۲۸/۸۹	۹۰۹/۰۹۱	۱۱,۷۶۲/۱	۱۲,۶۷۱/۲	۱/۰۱

جدول ۱۸-۱۵

با در نظر گرفتن $CFAT^*$ نرخ بازگشت برابر $ROR^* = ٪۲۱/۱$ و با توجه به نرخ بازگشت سرمایه بدون تورم که از جدول (۱۵-۱۵) بدست آمد ($ROR = ٪۱۶/۵۴$) نرخ بازگشت سرمایه مورد انتظار عبارت است از:

$$i_f = i + f + if = (٪۱۶/۵۴) + (٪۵) + (٪۱۶/۵۴)(٪۵) = ٪۲۲/۳۷$$

مشاهده می‌شودکه‌نرخ‌بازگشت‌سرمایه بعدازتورم‌کمترشده‌است زیرا $NPW_B > NPW_A$ و $ROR_B > ROR_A$. چنانچه نرخ حاصله یعنی ٪۲۱/۱ را به نرخ واقعی یا بدون تورم تبدیل کنیم:

$$(٪۲۱/۱) = i + (٪۵) + i\,(٪۵) \Rightarrow i = ٪۱۵/۳۳$$

که کوچکتر از ٪۱۶/۵۴ می‌باشد. در جدول فوق تمام مقادیر V_t کوچکتر از f نیز می‌باشند.

و - جدول (۱۹-۱۵) اثر تورم بر درآمد خالص (مدل I) را با روش استهلاک موجودی نزولی دوبل (DDB) با تغییر به روش خط مستقیم (SL) نشان می‌دهد:

N	GI*	MC*	LC*	EC*	D	TAX*	CFAT*	V%
۱	۲۱,۰۰۰	۲,۱۰۰	۲,۱۰۰	۱,۰۵۰	۱۰,۰۰۰	۲,۸۷۵	۱۲,۸۷۶	۳/۰۰
۲	۲۲,۰۵۰	۲,۲۰۵	۲,۲۰۵	۱,۱۰۲/۵	۸,۰۰۰	۴,۲۶۷/۷۵	۱۲,۲۶۸/۷	-۴/۷۱
۳	۲۳,۱۵۲/۵	۲,۳۱۵/۲۵	۲,۳۱۵/۲۵	۱,۱۵۷/۶۲	۶,۴۰۰	۵,۴۸۲/۱۸	۱۱,۸۸۲/۲	-۳/۱۵
۴	۲۴,۳۱۰/۱	۲,۴۳۱/۰۱	۲,۴۳۱/۰۱	۱,۲۱۵/۵۱	۵,۱۲۰	۶,۵۵۶/۲۹	۱۱,۶۷۶/۳	-۱/۷۳
۵	۲۵,۵۲۵/۶	۲,۵۵۲/۵۶	۲,۵۵۲/۵۶	۱,۲۷۶/۲۸	۴,۰۹۶	۷,۵۲۴/۱	۱۱,۶۲۰/۱	-۰/۴۸
۶	۲۶,۸۰۱/۹	۲,۶۸۰/۱۹	۲,۶۸۰/۱۹	۱,۳۴۰/۰۹	۳,۲۷۶/۸	۸,۴۱۲/۳	۱۱,۶۸۹/۱	۰/۵۹
۷	۲۸,۱۴۲	۲,۸۱۴/۲	۲,۸۱۴/۲	۱,۴۰۷/۱	۳,۲۷۶/۴	۸,۹۱۴/۸۴	۱۲,۱۹۱/۶	۴/۳۰
۸	۲۹,۵۴۹/۱	۲,۹۵۴/۹۱	۲,۹۵۴/۹۱	۱,۴۷۷/۴۵	۳,۲۷۶/۸	۹,۴۴۲/۵	۱۲,۷۱۹/۳	۴/۳۳
۹	۳۱,۰۲۶/۵	۳,۱۰۲/۶۵	۳,۱۰۲/۶۵	۱,۵۵۱/۳۳	۳,۲۷۶/۸	۹,۹۹۶/۵۴	۱۳,۲۷۳/۳	۴/۳۶
۱۰	۳۲,۵۷۷/۸	۳,۲۵۷/۷۸	۳,۲۵۷/۷۸	۱,۶۲۸/۸۹	۳,۲۷۶/۸	۱۰,۵۷۸/۳	۱۳,۸۵۵/۱	۴/۳۸

جدول ۱۹-۱۵

همانطور که انتظار می‌رفت همه مقادیر V_t کمتر از ٪۵ = f می‌باشند (از سال ششم که روش استهلاک به روش خط مستقیم تغییر یافته V_t بیشتر شده است). نرخ بازگشت سرمایه در جدول فوق ٪۲۰/۸ = ROR^* است. نرخ بازگشت سرمایه واقعی یا بدون تورم عبارت از:

$$(٪۲۰/۸) = i + (٪۵) + i\,(٪۵) \Rightarrow i = ٪۱۵/۰۴$$

که کوچکتر از نرخ بازگشت سرمایه واقعی طرح، با روش (DDB/SL) یعنی ٪۱۶/۳۱ است.

کاربرد مدل II:

ز ـ در جدول (۲۰ـ۱۵) اثر تورم بر درآمد ناخالص (مدل II) با روش استهلاک خط مستقیم (SL) بررسی شده است:

N	GI*	%P	MC*	EC*	LC*	D	TAX*	CFAT*
۱	۲۱,۲۵۰	۶/۲۵	۲,۱۰۰	۱,۰۵۰	۲,۱۰۰	۵,۰۰۰	۵,۵۰۰	۱۰,۵۰۰
۲	۲۲,۵۶۲/۵	۶/۱۸	۲,۲۰۵	۱,۱۰۲/۵	۲,۲۰۵	۵,۰۰۰	۶,۰۲۵	۱۱,۰۲۵
۳	۲۳,۹۴۰/۶	۶/۱۱	۲,۳۱۵/۲۵	۱,۱۵۷/۶۲	۲,۳۱۵/۲۵	۵,۰۰۰	۶,۵۷۶/۲۴	۱۱,۵۷۶/۲
۴	۲۵,۳۸۷/۶	۶/۰۴	۲,۴۳۱/۰۱	۱,۲۱۵/۵۱	۲,۴۳۱/۰۱	۵,۰۰۰	۷,۱۵۵/۰۵	۱۲,۱۵۵/۱
۵	۲۶,۹۰۷	۵/۹۸	۲,۵۵۲/۶۵	۱,۲۷۶/۲۸	۲,۵۵۲/۵۶	۵,۰۰۰	۷,۷۶۲/۸	۱۲,۷۶۲/۸
۶	۲۸,۵۰۲/۴	۵/۹۳	۲,۶۸۰/۱۹	۱,۳۴۰/۰۹	۲,۶۸۰/۱۹	۵,۰۰۰	۸,۴۰۰/۹۴	۱۳,۴۰۰/۹
۷	۳۰,۱۷۷/۵	۵/۸۸	۲,۸۱۴/۲	۱,۴۰۷/۱	۲,۸۱۴/۲	۵,۰۰۰	۹,۰۷۰/۹۸	۱۴,۰۷۱
۸	۳۱,۹۳۶/۳	۵/۸۳	۲,۹۵۴/۹۱	۱,۴۷۷/۴۵	۲,۹۵۴/۹۱	۵,۰۰۰	۹,۷۷۴/۵۳	۱۴,۷۷۴/۵
۹	۳۳,۷۸۳/۱	۵/۷۸	۳,۱۰۲/۶۵	۱,۵۵۱/۳۳	۳,۱۰۲/۶۵	۵,۰۰۰	۱۰,۵۱۳/۳	۱۵,۵۱۳/۳
۱۰	۳۵,۷۲۲/۳	۵/۷۴	۳,۲۵۷/۷۸	۱,۶۲۸/۸۹	۳,۲۵۷/۷۸	۵,۰۰۰	۱۱,۲۸۸/۹	۱۶,۲۸۸/۹

جدول ۲۰ـ۱۵

همانطور که مشاهده می‌شود، همه مقادیر P_t در تمام طول عمر مفید طرح بیشتر از نرخ تورم است. این مطلب نشان می‌دهد که روش استهلاک خطی تورم‌زا بوده و استفاده از آن مطلوبیت چندانی ندارد. نرخ بازگشت سرمایه در جدول فوق $ROR^* = ٪۲۰/۸۶$ است که دقیقاً برابر با نرخ بازگشت سرمایه واقعی طرح $ROR = ٪۱۵/۱$ می‌باشد و در حقیقت با افزایش قیمتها بیش از نرخ تورم عمومی، در زمان تورم ROR ثابت مانده است. زیرا $NPW_B = NPW_A$ می‌باشد.

ح - در جدول (۲۱-۱۵) اثر تورم بر درآمد ناخالص (مدل II) با روش جمع ارقام سنوات (SOYD) محاسبه شده است:

N	GI*	%P	MC*	EC*	LC*	D	TAX*	CFAT*
۱	۲۱,۴۵۴/۵	۷/۲۷	۲,۱۰۰	۱,۰۵۰	۲,۱۰۰	۹,۰۹۰/۹۱	۳,۵۵۶/۸	۱۲,۶۴۷/۷
۲	۲۲,۸۸۸/۶	۶/۶۸	۲,۲۰۵	۱,۱۰۲/۵	۲,۲۰۵	۸,۱۸۱/۸۲	۴,۵۹۷/۱۵	۱۲,۷۷۹
۳	۲۴,۲۹۸/۸	۶/۱۶	۲,۳۱۵/۲۵	۱,۱۵۷/۶۲	۲,۳۱۵/۲۵	۷,۲۷۲/۷۳	۵,۶۱۹	۱۲,۸۹۱/۷
۴	۲۵,۶۸۱/۵	۵/۶۹	۲,۴۳۱/۰۱	۱,۲۱۵/۵۱	۲,۴۳۱/۰۱	۶,۳۶۳/۶۴	۶,۶۲۰/۱۷	۱۲,۹۸۳/۸
۵	۲۷,۰۳۲/۶	۵/۲۶	۲,۵۵۲/۵۶	۱,۲۷۶/۲۸	۲,۵۵۲/۵۶	۵,۴۵۴/۵۵	۷,۵۹۸/۳۲	۱۳,۰۵۲/۹
۶	۲۸,۳۴۷/۸	۴/۸۷	۲,۶۸۰/۱۹	۱,۳۴۰/۰۹	۲,۶۸۰/۱۹	۴,۵۴۵/۴۵	۸,۵۵۰/۹۲	۱۳,۰۹۶/۴
۷	۲۹,۶۲۲/۳	۴/۵۰	۲,۸۱۴/۲	۱,۴۰۷/۱	۲,۸۱۴/۲	۳,۶۳۶/۳۶	۹,۴۷۵/۲۴	۱۳,۱۱۱/۶
۸	۳۰,۸۵۱/۲	۴/۱۵	۲,۹۵۴/۹۱	۱,۴۷۷/۴۵	۲,۹۵۴/۹۱	۲,۷۲۷/۲۷	۱۰,۳۶۸/۳	۱۳,۰۹۵/۶
۹	۳۲,۰۲۸/۹	۳/۸۲	۳,۱۰۲/۶۵	۱,۵۵۱/۳۳	۳,۱۰۲/۶۵	۱,۸۱۸/۱۸	۱۱,۲۲۷/۱	۱۳,۰۴۵/۲
۱۰	۳۳,۱۴۹/۵	۳/۵۰	۳,۲۵۷/۷۸	۱,۶۲۸/۸۹	۳,۲۵۷/۷۸	۹۰۹/۰۹۱	۱۲,۰۴۸	۱۲,۹۵۷/۱

جدول ۱۵-۲۱

در این روش مشاهده می‌شود که مقدار P_t در طول عمر مفید طرح به پائین‌تر از نرخ تورم می‌رسد. این حالت نشان‌دهندهٔ این نکته است که در روش SOYD، از نیمهٔ عمر مفید می‌توان انتظار داشت که قیمتها کمتر از نرخ تورم عمومی افزایش یابد و نرخ بازگشت سرمایه ثابت نگهداشته شود. در جدول فوق ROR* = ٪۲۲/۳ است که دقیقاً برابر با نرخ‌بازگشت سرمایه واقعی، یعنی ROR = ٪۱۶/۵۴ می‌باشد. زیرا $NPW_A = NPW_B$ است.

ط ـ در جدول (۲۲ـ۱۵) اثر تورم بر درآمد ناخالص (مدل II) با روش موجودی نزولی دوبل و با تغییر به روش خط مستقیم بررسی شده است:

N	GI*	%P	MC*	EC*	LC*	D	TAX*	CFAT*
۱	۲۱,۵۰۰	۷/۵۰	۲,۱۰۰	۱,۰۵۰	۲,۱۰۰	۱۰,۰۰۰	۳,۱۲۵	۱۳,۱۲۵
۲	۲۲,۷۸۰	۶/۳۷	۲,۲۰۵	۱,۱۰۲/۵	۲,۲۰۵	۸,۰۰۰	۴,۶۷۸/۷۵	۱۲,۶۷۸/۷
۳	۲۴,۱۶۱/۳	۵/۶۵	۲,۳۱۵/۲۵	۱,۱۵۷/۶۲	۲,۳۱۵/۲۵	۶,۴۰۰	۵,۹۸۶/۵۸	۱۲,۳۸۶/۶
۴	۲۵,۴۱۳/۵	۵/۱۸	۲,۴۳۱/۰۱	۱,۲۱۵/۵۱	۲,۴۳۱/۰۱	۵,۱۲۰	۷,۱۰۷/۹۸	۱۲,۲۲۸
۵	۲۶,۶۵۷/۲	۴/۸۹	۲,۵۵۲/۵۶	۱,۲۷۶/۲۸	۲,۵۵۲/۵۶	۴,۰۹۶	۸,۰۸۹/۹۲	۱۲,۱۸۵/۹
۶	۲۷,۹۱۶/۳	۴/۷۲	۲,۶۸۰/۱۹	۱,۳۴۰/۰۹	۲,۶۸۰/۱۹	۳,۲۷۶/۸	۸,۹۶۹/۵۲	۱۲,۲۴۶/۳
۷	۲۹,۴۷۶	۵/۵۹	۲,۸۱۴/۲	۱,۴۰۷/۱	۲,۸۱۴/۸	۳,۲۷۶/۸	۹,۵۸۱/۸۳	۱۲,۸۵۸/۶
۸	۳۱,۱۱۳/۶	۵/۵۶	۲,۹۵۴/۹۱	۱,۴۷۷/۴۵	۲,۹۵۴/۹۱	۳,۲۷۶/۸	۱۰,۲۲۴/۸	۱۳,۵۰۱/۶
۹	۳۲,۸۳۳/۱	۵/۵۳	۳,۱۰۲/۶۵	۱,۵۵۱/۳۳	۳,۱۰۲/۶۵	۳,۲۷۶/۸	۱۰,۸۹۹/۸	۱۴,۱۷۶/۶
۱۰	۳۴,۶۳۸/۶	۵/۵۰	۳,۲۵۷/۷۸	۱,۶۲۸/۸۹	۳,۲۵۷/۷۸	۳,۲۷۶/۸	۱۱,۶۰۸/۷	۱۴,۸۸۵/۵

جدول ۱۵ـ۲۲

در جدول فوق درصد افزایش درآمد ناخالص، برای ثابت نگهداشتن نرخ بازگشت سرمایه بعد از تغییر روش از DDB به SL بیش از نرخ تورم شده است. نرخ بازگشت سرمایه در جدول فوق ۲۱/۱۲٪ = ROR^* است که دقیقاً برابر با نرخ بازگشت سرمایه واقعی، یعنی ۱۶/۳۱٪ = ROR می‌باشد. زیرا $NPW_A = NPW_B$ است.

ی - در پایان، خلاصهٔ نتایج حاصل از جداول (۱۴-۱۵) تا (۲۲-۱۵) در جدول (۲۳-۱۵) آمده است. همهٔ اعداد برحسب درصد هستند:

روش استهلاک	نرخ بازگشت سرمایه واقعی قبل از تورم	نرخ بازگشت سرمایه (مدل I)		نرخ بازگشت سرمایه (مدل II)	
		ظاهری(متورم)	واقعی	ظاهری(متورم)	واقعی
SL	۱۵/۱	۱۹/۵	۱۳/۸۱	۲۰/۸۶	۱۵/۱
SOYD	۱۶/۵۴	۲۱/۱	۱۵/۳۳	۲۲/۳۷	۱۶/۵۴
DDB/SL	۱۶/۳۱	۲۰/۸	۱۵/۰۴	۲۱/۱۲	۱۶/۳۱

جدول ۲۳-۱۵

هدف از تشریح مثال فوق کاربرد دو مدل I و II و رسیدن به این نکته و حقیقت است که مدل II باعث ثابت نگهداشته شدن نرخ بازگشت سرمایه در زمان تورم می‌گردد. این مثال در حقیقت آنالیز حساسیتی برای شناخت بهتر روشهای استهلاک و انتخاب آنها در زمان تورم می‌باشد.

مسائل فصل پانزدهم

● ۱ـ۱۵ـفرآیند مالی خرید ماشینی به قیمت ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی در معرض تورم قرار دارد. پیش‌بینی می‌شود نرخ تورم برای ۳ سال آینده هرسال ۵٪ باشد. براین اساس فرآیند مالی متورم شده به صورت زیر برآورده می‌شود:

سال	۰	۱	۲	۳
فرآیند مالی	−۱۰۰,۰۰۰	۴۰,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰

الف ـ نرخ ترکیبی تورم جذب‌کننده چقدر است؟ (MARR = ٪۱۰)

ب ـ با استفاده از این نرخ، ارزش فعلی را محاسبه کنید.

ج ـ فرآیند مالی واقعی چقدر بوده است؟ (MARR = ٪۱۰)

د ـ آیا بنظر شما بهتر است برای تخمین فرآیند مالی آینده، از مقادیر متورم شده استفاده شود یا مقادیر واقعی؟ چرا؟

● ۲ـ۱۵ـدارائی بیان شده در جدول (۲۴ـ۱۵) را در نظر بگیرید:

n	دریافتی خالص واقعی	هزینه استهلاک و بهره	دریافتی خالص متورم شده
۰	−۴۳,۵۱۰	—	−۴۳,۵۱۰
۱	۱۰,۰۰۰	۷,۱۱۰	۱۰,۳۰۰
۲	۱۰,۰۰۰	۷,۰۲۰	۱۰,۶۱۰
۳	۱۰,۰۰۰	۶,۹۳۰	۱۰,۹۳۰
۴	۱۰,۰۰۰	۶,۸۴۰	۱۱,۲۶۰
۵	۱۰,۰۰۰	۶,۷۵۰	۱۱,۵۹۰
۶	۱۰,۰۰۰	۶,۶۵۰	۱۱,۹۴۰
۷	۱۰,۰۰۰	۶,۵۶۰	۱۲,۳۰۰
۸	۱۰,۰۰۰	۶,۴۷۰	۱۲,۶۷۰
۹	۱۰,۰۰۰	۶,۳۸۰	۱۳,۰۵۰
۱۰	۱۰,۰۰۰	۶,۲۹۰	۱۳,۴۴۰

جدول ۲۴ـ۱۵

هزینه این طرح ۴۳,۵۱۰ واحد پولی و درآمد موردانتظار آن ۱۰,۰۰۰ واحد پولی با قدرت خرید فعلی برای ۱۰ سال و ارزش اسقاطی صفر است. روش استهلاک SLو نرخ تورم ۲۰ درصد است. میزان بهره سالیانه ۱,۰۰۰ واحد پولی است.

الف ـ نرخ بازگشت سرمایه بعد از مالیات براساس فرآیند مالی واقعی چقدر است؟ (نرخ سالیانه مالیات ۵۰ درصد است)

ب ـ نرخ بازگشت سرمایه بعد از مالیات براساس فرآیند مالی متورم شده چقدر است؟ (TR = ٪۵۰)

● ۱۵-۳ـ فرض کنید نرخ بازگشت متورم شده شرکتی ۲۴٪ باشد. نرخ تورم عمومی ۱۰٪ است. توضیح دهید که چرا نرخ بازگشت موردنیاز واقعی شرکت ۱۴٪ نیست؟ مقدار آن چقدر است؟

● ۱۵-۴ـ سرمایه‌گذاری اولیه ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در طرحی باعث صرفه‌جوئی ۲,۰۰۰ واحد پولی در سال به مدت ۷ سال خواهد شد. ارزش اسقاطی صفر است. ارزش فعلی این سرمایه‌گذاری را حساب کنید (MARR = ٪۱۰) . نشان دهید که اگر صرفه‌جوئی واقعی با نرخ تورم ۸٪ در سال متورم شود، همان PW حاصل می‌شود. (برای تبدیل فرآیند مالی متورم شده به سال صفر از نرخ ترکیبی جذب‌کننده ـ تورم استفاده کنید)

● ۱۵-۵ـ نرخ تورم عمومی ۸٪ است. شرکتی به حداقل نرخ جذب‌کننده واقعی ۱۰٪ نیاز دارد. ماشینی که به قیمت ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی خریداری شده است، در پایان ۷ سال عمر مفید خود، دارای ارزش اسقاطی نیست. پیش‌بینی شده است که درآمد سال اول ۲۰,۰۰۰ واحد پولی باشد که هر سال ۲۰ درصد نسبت به سال قبل، افزایش می‌یابد. هزینه‌های عملیاتی ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در سال اول است و متناسب با نرخ تورم عمومی افزایش خواهد یافت.

الف ـ مطلوبست محاسبه فرآیند مالی متورم شده، تبدیل آن به مقادیر واقعی و تعیین

ارزش فعلی طرح.

ب ـ نشان دهید که جواب قسمت (الف) به وسیله تبدیل فرآیند مالی متورم شده تحت نرخ i_f به سال صفر هم بدست می‌آید.

ج ـ با بکار بردن نرخ بهرهٔ ویژه i^* برای سری هندسی، درآمد اصلاح شده را محاسبه کرده و نشان دهید که PW حاصله در ۱۰٪ = i همان مقداری است که در قسمت (الف) بدست آمد.

د ـ PW بعد از مالیات را محاسبه کنید. ماشین به روش جمع ارقام سنوات (SOYD) مستهلک می‌شود. نرخ مالیاتی ۵۰٪ و حداقل نرخ جذب کننده موردنیاز بعد از مالیات ۵٪ است.

● ۱۵ـ۶ـ طرحی با مقادیر واقعی ارائه شده است: درآمد سالیانه ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی و عمر مفید ۱۰ سال و سرمایه‌گذاری اولیه ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد. ماشین‌آلات با روش خط مستقیم در طول ۱۰ سال مستهلک می‌شوند. هزینه‌های عملیاتی ۵۲,۰۰۰ واحدد پولی در سال است. بعلاوه وسایل می‌توانند با هزینه ۶,۰۰۰ واحد پولی در سال به مدت ۵ سال اجاره شوند. اجاره می‌تواند برای ۵ سال دیگر با هزینه ثابت سالیانه $6,000 (1+f)^5$ تمدید شود. نرخ تورم عمومی در طول دوره مطالعه ۶٪ می‌باشد. نرخ مالیاتی شرکت ۴۶٪ و حداقل نرخ جذب کننده بعد از مالیات ۴٪ است. ارزش فعلی طرح را تعیین نمائید.

● ۱۵ـ۷ـ انتظار می‌رود که فروش یک محصول جدید، با نرخ ترکیبی ۱۲٪ در ۳ سال آینده افزایش داشته باشد. فروش فعلی ۱/۲ میلیون واحد پولی است و قیمت محصول با نرخ عمومی ۶٪ در سال افزایش خواهد یافت.

هزینه‌های تولیدی و نرخ تورم آنها در جدول (۱۵ـ۲۵) داده شده است.

هزینه‌های تولیدی	هزینه کل فعلی (در سال)	نرخ تورم (٪)
مواد	۲۰۰,۰۰۰	۹
انرژی	۱۵۰,۰۰۰	۱۲
پرسنلی	۱۵۰,۰۰۰	۸
متفرقه	۱۰۰,۰۰۰	۶

جدول ۱۵ـ۲۵

هزینه‌های استهلاک ماشین‌آلات ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی در سال و نرخ مالیاتی سالیانه شرکت ۴۵٪ است.

الف ـ با فرض اینکه کاهشهای مالیاتی مجاز در رابطه با محصول، ۵۰٪ هزینه‌های تولیدی باشند، مطلوبست تعیین فرآیند مالی بعد از مالیات بدون در نظر گرفتن تورم (سرمایه‌گذاری اولیه مجموعه هزینه‌های استهلاک می‌باشد).

ب ـ حداقل نرخ جذب کننده قبل از مالیات، وقتی از تورم صرف‌نظر شود، چقدر است؟

ج ـ حداقل نرخ جذب کننده بعد از مالیات وقتی از تورم صرف‌نظر شود چقدر است؟

د ـ فرآیند مالی بعد از مالیات را با فرض اینکه هزینه‌های تولیدی و قیمت با نرخهای معین یکسان ولی سایر هزینه‌ها با نرخ شاخص فاکتور تورم، متورم شوند، محاسبه نمائید.

هـ ـ حداقل نرخ جذب کننده الگوی فرآیند مالی بیان شده در قسمت (د) چقدر است؟

● ۱۵ـ۸ـ هزینه اولیه طرحی ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی و درآمد ناخالص آن ۴۰,۰۰۰ واحد پولی در سال و هزینه‌های عملیاتی آن ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در سال می‌باشد.

عمر مفید این طرح ۱۰ سال و ارزش اسقاطی در پایان عمر مفید صفر است. نرخ مالیاتی ۴۶٪ و نرخ تورم ۶٪ در سال است.

الف ـ بدون در نظر گرفتن تورم، آنالیز بعد از مالیات را با روشهای استهلاک SL، SOYD و DDB/SL انجام دهید.

ب ـ با در نظر گرفتن نرخ تورم ۶٪ تاثیر تورم بر درآمد خالص (CFAT) را با هر یک از روشهای استهلاک فوق تعیین نمائید.

ج ـ با در نظر گرفتن نرخ تورم ۶٪ تاثیر تورم بر درآمد ناخالص (GI) را با هر یک از روشهای استهلاک فوق، بررسی کنید.

بخش چهارم

تجزیه و تحلیل اقتصادی در شرایط عدم اطمینان

فصل شانزدهم : تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم اطمینان

فصل شانزدهم

تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم اطمینان[1]

مقدمه

در اقتصاد مهندسی، ریسک مربوط به حالتی است که یک فرآیند مالی آنطور که پیش‌بینی شده بود رفتار نکند. در فصلهای پیشین، فرض بر این بود که پارامترها با قطعیت[2] معلومند و گرچه آنالیز حساسیت، اثر تغییر در پارامترها را بررسی می‌کرد، ولی فرض اطمینان روی پارامترها وجود داشت. در این فصل، بررسیهای اقتصادی با توجه به اینکه حداقل درصدی ریسک، جزء لاینفک هر تصمیم می‌باشد، مورد بحث قرار می‌گیرد. بدیهی است ریسک در سرمایه‌گذاریهای بلندمدت مشهودتر است تا در سرمایه‌گذاریهای کوتاه‌مدت. تحلیل ریسک، زمانی قابل انجام است که پارامترها در آینده تغییر نمایند و احتمال وقوع این تغییرات نیز در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر تجزیه و تحلیل ریسک بر مبنای اصول احتمالات بیان شده است. در این فصل ابتدا امید ریاضی یا میانگین احتمال[3] و واریانس[4] مورد بررسی و سپس روشهای دیگری مورد مطالعه قرار خواهند گرفت.

وارد کردن ریسک در مطالعات اقتصادی

در فصلهای گذشته، فرض بر این بود که اطلاعات اولیه طرح ثابت هستند و احتمال تغییر در آنها وجود ندارد. مثلاً درآمد سالیانه ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی است و ارزش اسقاطی پیش‌بینی شده، مثلاً ۱۵ سال دیگر هم معتبر و به قوت خود باقی است! اما طرحها در دنیای واقعی همیشه از اطلاعات با قطعیت پیروی نمی‌کنند و تغییر و تحول،

---

1 - Decision Making Under Uncertainty
2 - Certainty
3 - Expected Value
4 - Variance

عامل شناخته شده‌ای در بیشتر فعالیتهای مدیریت و مهندسی می‌باشد. نیروی انسانی هر روز ماهرتر می‌شود، خواص مواد به مرور زمان تغییر می‌کنند و ماشینهائی که ظاهراً مشابه‌اند، مشخصه‌های عملیاتی مختلفی را ارائه می‌دهند. عوامل اقتصادی و سیاسی نیز از جمله عواملی هستند که در تغییر پارامترهای آینده موثرند. گرچه شناخت تغییرات آسان است، ولی دخالت دادن آنها در بررسی‌های اقتصادی دشوار بنظر می‌رسد. بهمین جهت با وارد کردن تورم و همچنین تحلیل حساسیت با تخمینهای مختلف (خوشبینانه، بدبینانه، محتملترین) سعی بر اینست که با عوامل غیرقابل پیش‌بینی مبارزه شود. برای دخالت دادن ریسک در یک مساله اقتصاد مهندسی، انجام مراحل زیر ضروری است:

۱ـ تعریف مساله

۲ـ جمع‌آوری اطلاعات

۳ـ فرموله کردن مدل

۴ـ ارزیابی

اکنون هر یک از مراحل فوق، به اختصار تشریح می‌شود.

۱ـ تعریف مساله

آیا شرایط اقتضا می‌کند که ریسک وارد ارزیابی اقتصادی شود؟ اصولاً ریسک، زمانی وارد تصمیم‌گیری می‌شود که پاره‌ای از فعالیتها و عوامل تعیین کننده تحت شرایط آیندهٔ دور غیرقابل پیش‌بینی و در معرض تغییرات نامعلوم باشند.

۲ـ جمع‌آوری اطلاعات

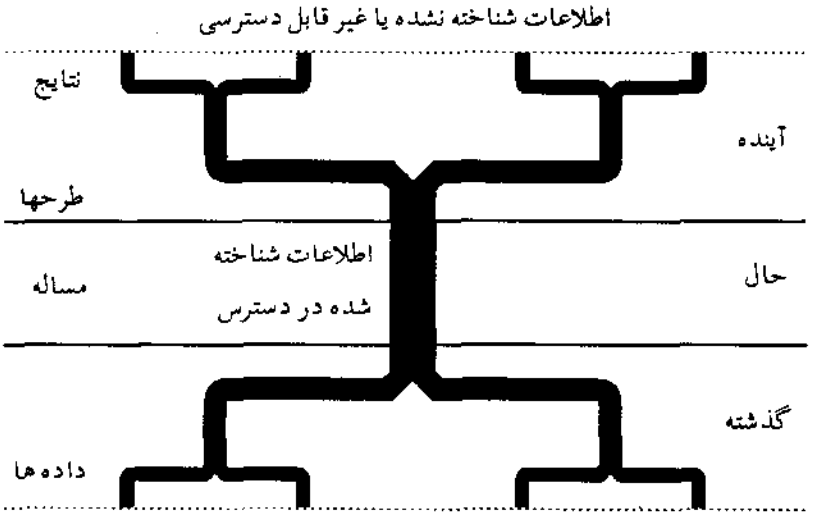
جمع‌آوری اطلاعات زمانی که ریسک مشهود است، کار دشواری است. تشخیص نتایج حاصل از هر راه حل مساله شامل موارد زیر است:

۱ـ شناسائی شرایط یا معیارهای آینده

۲ـ پیش‌بینی احتمال وقوع هر یک از شرایط

۳ـ محاسبه با استفاده از تکنیکهای اقتصادمهندسی مانند NPW، ROR، B/C و غیره.

گرچه شرایط و حوادث آینده قابل پیش‌بینی است، ولی عواملی مانند وضع آب و هوا، توسعهٔ فنی و اقتصادی، اوضاع سیاسی، بازارهای جهانی، تقاضا و غیره قابل کنترل نیستند. اگر مساله به درختی تشبیه شود (شکل ۱ـ۱۶) شاخه‌های اصلی، طرحهای مختلف و شاخه‌های فرعی، نتایج هستند. ریشهٔ درخت (یا مساله) مربوط به گذشته بوده و از اطلاعات گذشته تشکیل می‌شود. اطلاعات موردنیاز، از گذشته (ریشه)، حال (اندام)، آینده (طرحها) و یا ترکیبی از آنها به دست می‌آید. کمبود اطلاعات، مشکل عمومی در ارزیابی ریسک می‌باشد. این مشکل در شکل زیر با خط‌چین نشان داده شده است.



شکل (۱-۱۶)

درخت مساله که ریشه در گذشته دارد و نتایج که در آینده به ثمر خواهد نشست.

۳ـ فرموله کردن مساله

در فرموله کردن مساله، همیشه حالت محافظه‌کارانه حفظ می‌شود، که این حالت در مطالعات اقتصادی همان برخورد بدبینانه با فرآیندهای مالی آینده می‌باشد. در این فصل مدلهائی ارائه می‌شود که به فرموله کردن مساله کمک می‌نماید. این مدلها به شرایطی که

دارای احتمالات گسسته[1] هستند محدود می‌شوند و در عین حال جهت حل بسیاری از مسایل عملی کافی می‌باشند.

۴ـ ارزیابی مساله

برای انتخاب بهترین طرح، به هر یک از طرحها وزن داده می‌شود، هزینه‌ها با درآمدها مقایسه می‌شوند و طرحی انتخاب می‌شود که دارای بهترین معیارهای تصمیم‌گیری باشد.

اصول احتمالات

ارزیابی ریسک زمانی قابل انجام است که حوادث آینده را بتوان پیش‌بینی کرد و احتمال وقوع آن حوادث را تخمین زد. برای پیش‌بینی حوادث آینده که بر طرحها اثر می‌گذارند، ابتدا باید شرایط را طبقه‌بندی نمود. مثلاً اگر شرایط بازار تغییر کند، فروش سالیانه ممکن است کم، متوسط، زیاد و یا خیلیَ زیاد باشد. نحوهٔ طبقه‌بندی، به میزان تغییرات بین دو حالت نیز بستگی پیدا می‌کند. سپس فرآیند مالی برای هر حالت تخمین زده می‌شود. مثلاً فروش سالیانه: کمتر از ۵۰,۰۰۰، ۵۰,۰۰۰ تا ۱۲۵,۰۰۰ و بیشتر از ۱۲۵,۰۰۰ واحد پولی. تخمین احتمالات مربوط به هر یک از حالات فوق، براساس تجربه یا شواهد موجود و جنبه‌های تاریخی انجام می‌شود. خلاصه‌ای از قوانین احتمالات که در آنالیز ریسک از آنها استفاده می‌شود به شرح زیر است:

۱ـ رویدادها از لحاظ آماری، وابسته یا مستقل‌اند. رویدادهائی را مستقل می‌گویند که وقوع رویدادهای دیگر، تاثیری بر وقوع آنها نداشته باشد.

۲ـ احتمالات مستقل و ناسازگار را می‌توان با یکدیگر جمع کرد.

۳ـ احتمال اینکه دو یا چند رویداد مستقل، با هم و یا بطور متوالی رخ دهند برابر است با حاصلضرب احتمال وقوع هر یک از رویدادها در یکدیگر.

---

1 - Discrete

● مثال ۱-۱۶-تولیدات ماشینی از لحاظ درجه مرغوبیت سه نوع است: عالی (A)، قابل قبول (B) و مردود (C). از تعداد ۱,۰۰۰ قلم از محصول، تعداد ۲۱۴ عدد از نوع A، ۶۹۲ عدد از نوع B و ۹۴ عدد از نوع C بوده‌اند. احتمال تولید هر یک از انواع فوق عبارتست از:

$$P(A) = \frac{۲۱۴}{۱,۰۰۰} = ۰/۲۱۴ \quad ، \quad P(B) = \frac{۶۹۲}{۱,۰۰۰} = ۰/۶۹۲ \quad ، \quad P(C) = \frac{۹۴}{۱,۰۰۰} = ۰/۰۹۴$$

احتمال اینکه حداقل یک محصول قابل قبول باشد چیست؟

حل: احتمال تولید یک محصول قابل قبول، شامل مجموعه احتمالات محصولات با کیفیت عالی و قابل قبول است:

$$P(A+B) = P(A) + P(B) = ۰/۲۱۴ + ۰/۶۹۲ = ۰/۹۰۶$$

$$P(A+B) = P(C') = ۱ - P(C) = ۱ - ۰/۰۹۴ = ۰/۹۰۶$$

● مثال ۲-۱۶-در یک سری نمونه‌گیری که از تولیدات ماشینی اخذ شد، مشخص شده است که از هر ۱۰۰ واحد، ۴ واحد آنها معیوب هستند. احتمال اینکه از ۵ واحد محصول انتخاب شده، همه سالم باشند چقدر است؟ احتمال اینکه بیش از یک محصول معیوب نباشد چیست؟

حل: اگر $P = ۰/۰۴$ برابر احتمال اینکه یکی از محصولات معیوب است باشد، احتمال اینکه ۵ واحد محصول همه سالم باشند، به صورت زیر است:

$$P(۰) = (۰/۰۴)^{۰} (۰/۹۶)^{۵} = (۰/۹۶)^{۵} = ۰/۸۲$$

و احتمال اینکه بیش از یک محصول معیوب نباشد:

$$P(1) = ۰/۸۲ + ۵\ (۰/۰۴)^{۱}\ (۰/۹۶)^{۴} \simeq ۰/۸۲ + ۰/۱۷ = ۰/۹۹$$

امید ریاضی

یک اندازهٔ استاندارد برای بررسی‌های اقتصادی شامل ریسک را امید ریاضی می‌نامند، که اثر ریسک را بر نتایج بالقوه به وسیلهٔ میانگین وزنی[1] نشان می‌دهد. با توجه به احتمال وقوع هر پدیده، ضریبی به آن اختصاص یافته و مجموع حاصلضرب همه نتایج در احتمالات مربوطه، امید ریاضی (EV) آن پدیده خواهد بود:

$$EV_j = \sum_i P_i\ O_{ij} \qquad (۱۶\text{-}۱)$$

که در آن P_i احتمال مستقل وقوع پدیدهٔ i، $\Sigma P_i = ۱$ و O_{ij} نتیجهٔ طرح j برای پدیدهٔ i می‌باشد.

طبیعی است که در یک سرمایه‌گذاری تحت شرایط عدم اطمینان، امید ریاضی مثبت ترجیح داده می‌شود. در مقایسه طرحها، طرحی که امید ریاضی درآمدهای آن بیشتر باشد، اقتصادی‌ترین طرح خواهد بود. در این روش با توجه به تغییر شرایط آینده، ارزیابی طرحها بر مبنای به حداکثر رساندن سود یا به حداقل رساندن هزینه‌ها در بلندمدت می‌باشد.

جدول پرداخت[2]

برای سازماندهی و نمایش طرحها و نتایج مختلف، از جدول پرداخت استفاده می‌شود. در این جدول، هر ردیف بیانگر یک طرح است و نتایج آن برحسب شرایط مربوط به آینده در ستونهای جدول نوشته می‌شود. در جدول (۱-۱۶) ارزش فعلی خالص دو محصول A و B با سه حالت مختلف در یک دورهٔ ۳ ساله نشان داده شده است:

1 - Weighted Average 2 - Pay off Table

طرح	وضع پذیرش بازار		
	رد	متوسط	تسخیر بازار
محصول A	-۵۰,۰۰۰	۲۰۰,۰۰۰	۵۰۰,۰۰۰
محصول B	-۲۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۱,۰۰۰,۰۰۰

جدول ۱-۱۶

ارزش فعلی زیان محصول A برابر ۵۰,۰۰۰ واحد پولی و برابر با هزینه‌ای است که در اثر رد شدن محصول در بازار پرداخت می‌شود. اگر محصول A با پذیرش نسبی مواجه شود، سود مورد انتظار ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی است و اگر بتواند بازار را تسخیر نماید، سود مربوطه ۵۰۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. در حالتی که محصولات در بازار پذیرفته نشوند، زیان محصول B دارای هزینه‌ای معادل ۴ برابر زیان محصول A و در حالت تسخیر بازار سود حاصل از محصول B دوبرابر سود حاصل از محصول A خواهد بود. چون هزینه‌های تولید محصول B بیشتر است، در حالت متوسط، ارزش فعلی آن نصف ارزش فعلی محصول A است.

ممکن است تصورشودکه حذف‌طرح B بهتراست، چراکه زیان ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی برای شرکت مصیبت‌بار است، در حالی که شاید زیان ۵۰,۰۰۰ واحد پولی قابل تحمل باشد. اگر هر یک از احتمالات در نظر گرفته شود، جدول زیر حاصل خواهد گردید:

طرح	نتایج حاصله با توجه به ریسک		
	P(R) = ۰/۱	P(A) = ۰/۶	P(D) = ۰/۳
محصول A	-۵۰,۰۰۰	۲۰۰,۰۰۰	۵۰۰,۰۰۰
محصول B	-۲۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۱,۰۰۰,۰۰۰

جدول ۲-۱۶ جدول پرداخت دو محصول A و B

در این مثال هر دو محصول، مشابه و دارای احتمال ۰/۱ برای رد، ۰/۶ در حالت متوسط و ۰/۳ برای تسخیر بازار می‌باشند. بدیهی است که جمع احتمالات برابر ۱ می‌باشد. محاسبات امید ریاضی و انتخاب بهترین طرح به سادگی انجام می‌شود. برای مقایسه دو محصول A و B امید ریاضی آنها بصورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$EV_A = ۰/۱\ (-۵۰,۰۰۰) + ۰/۶\ (۲۰۰,۰۰۰) + ۰/۳\ (۵۰۰,۰۰۰) = ۲۶۵,۰۰۰$$
$$EV_B = ۰/۱\ (-۲۰۰,۰۰۰) + ۰/۶\ (۱۰۰,۰۰۰) + ۰/۳\ (۱,۰۰۰,۰۰۰) = ۳۴۰,۰۰۰$$

بدیهی است با فرض اینکه سایر عوامل موثر بر تصمیم، نظیر واریانس دو طرح یکسان باشند، محصول B ترجیح داده می‌شود.

● مثال ۳ـ۱۶ـ یک خط تولید که برای ۳ سال مورد نیاز است دارای هزینه یکنواخت سالیانه ۳۱۰,۰۰۰ واحد پولی است. طرح جدیدی برای خط تولید پیشنهاد شده است که هزینه اولیه آن ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی است. هزینه سالیانه این طرح به احتمال ۵۰٪ برابر با ۲۱۰,۰۰۰ واحد پولی است و به احتمال ۲۵٪ هزینه سالیانه طرح جدید، از ۲۱۰,۰۰۰ واحد پولی در سال اول، به میزان ۲۰,۰۰۰ واحد پولی و یا ۷۵,۰۰۰ واحد پولی در هر یک از دو سال آینده افزایش می‌یابد. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۲٪ باشد، آیا نصب سیستم جدید اقتصادی است؟

حل: هزینه‌های یکنواخت سالیانه طرح جدید، تحت هر یک از شرایط آینده عبارتند از:

$$EUAC\ (P = ۰/۵) = ۱۵۰,۰۰۰\ (A/P\ ،\ ٪۱۲\ ،\ ۳) + ۲۱۰,۰۰۰$$
$$= ۲۷۲,۴۵۳$$

$$EUAC\ (P = ۰/۲۵) = ۱۵۰,۰۰۰\ (A/P,٪۱۲,۳) + ۲۱۰,۰۰۰ + ۲۰,۰۰۰\ (A/G,٪۱۲,۳)$$
$$= ۲۹۰,۹۴۳$$

$$EUAC\ (P = ۰/۲۵) = ۱۵۰,۰۰۰\ (A/P\ ،\ ٪۱۲\ ،\ ۳) + ۲۱۰,۰۰۰ + ۷۵,۰۰۰ \times$$

$(A/G ، ٪۱۲ ، ۳) = ۳۴۱,۷۹۰$

اگر این مقادیر را در جدول پرداخت وارد کنیم، امید ریاضی محاسبه شده نشان می‌دهد که طرح جدید اقتصادی‌تر است:

طرح	P (۰/۵)	P (۰/۲۵)	P (۰/۲۵)	امید ریاضی (EV)
خط تولید فعلی	۳۱۰,۰۰۰	۳۱۰,۰۰۰	۳۱۰,۰۰۰	۳۱۰,۰۰۰
خط تولید جدید	۲۷۲,۴۵۳	۲۹۰,۹۴۳	۳۴۱,۷۹۰	۲۹۴,۴۱۰

قابل ذکر است که انتخاب خط تولید جدید بدون در نظر گرفتن واریانس طرحها ترجیح داده می‌شود.

● مثال ۴-۱۶- اطلاعات زیر در مورد فرآیند مالی تولید یک محصول جدید جمع‌آوری شده است. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ باشد، با استفاده از روش ارزش فعلی خالص، تعیین کنید که آیا تولید محصول جدید اقتصادی است؟

سال	پیش‌بینی تقاضا		
	کاهش P(A) = ۰/۱	ثابت P(B) = ۰/۳	افزایش P(C) = ۰/۶
۰	−۳۰,۰۰۰	−۳۰,۰۰۰	−۳۰,۰۰۰
۱	۱۱,۰۰۰	۱۱,۰۰۰	۴,۰۰۰
۲	۱۰,۰۰۰	۱۱,۰۰۰	۷,۰۰۰
۳	۹,۰۰۰	۱۱,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۴	۸,۰۰۰	۱۱,۰۰۰	۱۳,۰۰۰

حل: ارزش فعلی خالص هر یک از شرایط تقاضا و امید ریاضی آن:

$NPW_A = -۳۰,۰۰۰ + ۱۱,۰۰۰ (P/A ، ٪۱۰ ، ۴) - ۱,۰۰۰ (P/G ، ٪۱۰ ، ۴) = ۴۹۲$

$NPW_B = -۳۰,۰۰۰ + ۱۱,۰۰۰ (P/A ، ٪۱۰ ، ۴) = ۴,۸۷۰$

$NPW_C = -۳۰,۰۰۰ + ۴,۰۰۰ (P/A ، ٪۱۰ ، ۴) + ۳,۰۰۰ (P/G ، ٪۱۰ ، ۴) = -۴,۱۸۵$

$EV(NPW) = ۰/۱ (۴۹۲) + ۰/۳ (۴,۸۷۰) + ۰/۶ (-۴,۱۸۵) = -۱,۰۰۱$

امید ریاضی ارزش فعلی طرح تولید محصول جدید منفی بوده و این طرح اقتصادی نیست.

● مثال ۵ـ۱۶ـ یک شرکت ساختمانی برآورد نموده است که هزینه آماده کردن مزایدهٔ یک پروژه ساختمانی ۸,۷۰۰ واحد پولی و هزینه تصمیم به عدم ارائه مزایده ۵۰۰ واحد پولی است. سود سالیانه حاصل از برنده شدن در مزایدهٔ یک پروژه ساختمانی ۴۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. با توجه به اینکه در این قبیل پروژه‌ها رقابت سخت است، احتمال برنده شدن در یک مزایده را تعیین نمائید.

حل: نتایج حاصل از طرحهای مزایده و عدم ارائه آن، برای شرایط برد و باخت در آینده بصورت زیر است:

	برد P(W)	باخت P(L)
بدون مزایده	-۵۰۰	-۵۰۰
مزایده	۴۰۰,۰۰۰	-۸,۷۰۰

اگر P(W) احتمال بردن مزایده باشد $P(L) = 1 - P(W)$ احتمال باخت است. برای حالت بی‌تفاوتی:

EV (مزایده) = EV (بدون مزایده)

$P(W)(-۵۰۰) + [۱ - P(W)](-۵۰۰) = P(W)(۴۰۰,۰۰۰) + [۱ - P(W)](-۸,۷۰۰)$

$P(W) = ۰/۰۲$

این شرکت ساختمانی باید با احتمالی بیش از ۲٪ اوقاتی که برای طرحهای جدید

کتابخانه مرکز آموزش عالی
رجاء ۳۷۳۶

اعلام مزایده می‌نماید، برنده شود. به عبارت دیگر پروژه‌ای ارزش مزایده را دارد که حداقل با احتمال ۲٪ در ارائه مزایده برنده شود.

● مثال ۶-۱۶- رودخانه‌ای در ۷۰ سال گذشته، ۷۲ مرتبه طغیان کرده است. بنابراین تجزیه و تحلیل اقتصادی برای ساخت سدی بر روی رودخانه، نه‌تنها باید هزینه ساخت را شامل گردد، بلکه باید ریسک خسارت ناشی از طغیان رودخانه را نیز در نظر بگیرد. هرچه ارتفاع سد بلندتر باشد، هزینه اولیه بیشتر و در عین حال احتمال طغیان کمتر می‌شود. اطلاعات زیر برای افزایش ارتفاع سد و خسارت پیش‌بینی شده ناشی از طغیان داده شده است. اگر عمر سد ۱۰ سال و حداقل نرخ جذب کننده قابل قبول ۱۰٪ باشد، ارتفاع بهینه سد برای به حداقل رساندن هزینه‌های سالیانه چند فوت است؟

سطح آب بالای ارتفاع حداقل سد (F) فوت	تعداد سالهائی که ارتفاع آب، بالای (F) بوده	احتمال اینکه ارتفاع آب بالای (F) باشد	خسارت ناشی از سیل وقتی ارتفاع آب بالای F باشد	هزینه‌اولیه ساختن‌دیوارهای سد به ارتفاع F
۰ – ۵	۱۴ سال بالای F = ۰	$\frac{۱۴}{۷۰} = ۰/۲$	۷۰,۰۰۰	۱۳۵,۰۰۰
۵ – ۱۰	۱۴ سال بالای F = ۵	$\frac{۱۴}{۷۰} = ۰/۲$	۱۰۵,۰۰۰	۲۰۰,۰۰۰
۱۰ – ۱۵	۸ سال بالای F = ۱۰	$\frac{۸}{۷۰} = ۰/۱۱$	۱۵۰,۰۰۰	۳۸۰,۰۰۰
۱۵ – ۲۰	۶ سال بالای F = ۱۵	$\frac{۶}{۷۰} = ۰/۰۹$	۲۰۰,۰۰۰	۳۷۰,۰۰۰
بالای ۲۰	۰ سال بالای F = ۲۰	$\frac{۰}{۷۰} = ۰$		۴۵۰,۰۰۰

حل: هزینه اولیه به هزینه یکنواخت سالیانه تبدیل می‌شود. مثلاً برای حداقل ارتفاع سد:

$EUAC = ۱۳۵,۰۰۰ (A/P ، ٪۱۰ ، ۱۰) = ۱۳۵,۰۰۰ (۰/۱۶۲۷۵) = ۲۱,۹۷۱$

هزینه یکنواخت سالیانه برای ارتفاعات دیگر به طریق مشابه محاسبه می‌شود. اطلاعات مرتب شده برای محاسبات امید ریاضی خسارت ناشی از طغیان رودخانه، برای ارتفاعات مختلف سد، در جدول زیر خلاصه شده است. بعنوان مثال برای محاسبه امید ریاضی برای حداقل ارتفاع سد:

$$EV = ۷۰,۰۰۰ (۰/۲) + ۱۰۵,۰۰۰ (۰/۲) + ۱۵۰,۰۰۰ (۰/۱۱) + ۲۰۰,۰۰۰ (۰/۰۹)$$
$$= ۶۹,۵۰۰$$

که اگر به هزینه یکنواخت سالیانه اضافه شود، هزینه کل مورد انتظار برای حداقل ارتفاع سد ۹۱,۴۷۱ = ۶۹,۵۰۰ + ۲۱,۹۷۱ خواهد بود. امید ریاضی سایر ارتفاعات به طریق مشابه محاسبه می‌شود:

ارتفاع دیوار بالای ارتفاع حداقل (F)	احتمال اینکه سطح آب بالای ارتفاع دیوار (F) باشد				امید ریاضی	هزینه سرمایه گذاری یکنواخت سالیانه	کل هزینه موردانتظار سالیانه
	۰-۵	۵-۱۰	۱۰-۱۵	۱۵-۲۰			
	P = ۰/۲	P = ۰/۲	P = ۰/۱۱	P = ۰/۰۹			
۰	۷۰۰,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰	۲۰۰,۰۰۰	۶۹,۵۰۰	۲۱,۹۷۱	۹۱,۴۷۱
۵	—	۷۰,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰	۳۹,۰۵۰	۳۲,۵۵۰	۷۱,۶۰۰
۱۰	—	—	۷۰,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰	۱۷,۱۵۰	۴۵,۵۷۰	*۶۲,۷۲۰
۱۵	—	—	—	۷۰,۰۰۰	۶,۳۰۰	۶۰,۲۱۸	۶۶,۵۱۸
۲۰	—	—	—	—	—	۷۳,۲۳۸	۷۳,۲۳۸
	خسارت سیل ناشی از افزایش سطح رودخانه بالای F						

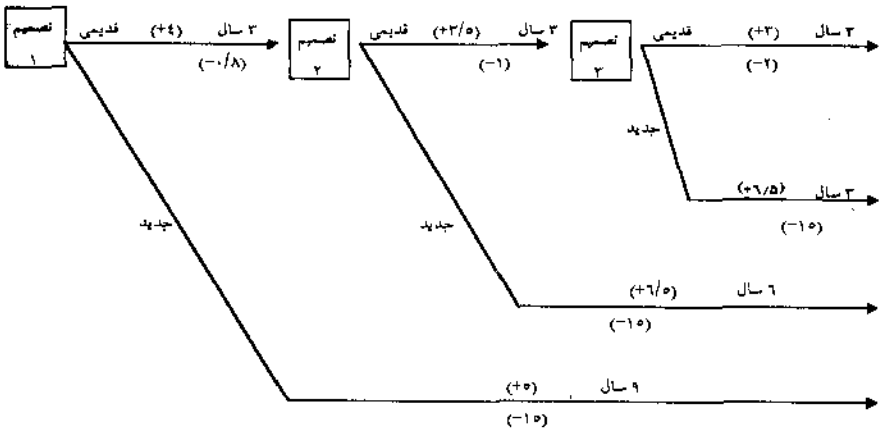
ارتفاع مناسب برای به حداقل رساندن هزینه کل سالیانه ۱۰ فوت بالای حداقل ارتفاع است.

روش درخت تصمیم در ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری

روش کلی درخت تصمیم[1]، از شناسایی ضمنی طرحهای آینده و نتایج احتمالی و تصمیمات حاصل از یک تصمیم اولیه ناشی می‌شود. از آنجائی که در این روش، ریسک و تاثیرات آینده را در نظر گرفته می‌شود، در عمل کاربرد وسیعی دارد. نام «درخت تصمیم» به دلیل شکل گرافیکی این روش است که از شاخه‌ها برای نمایش طرحها و نتایج ممکن هر یک استفاده می‌شود. کاربرد این روش با مثالهایی برای حالتهای غیراحتمالی و احتمالی در زیر بیان می‌شود.

حالت غیراحتمالی[2]

تصمیم تعویض یک ماشین قدیمی با ماشینی نو، تنها در یک مقطع از زمان مطرح نیست، بلکه تصمیم‌گیری، دوره‌ای می‌باشد:



شکل (۲-۱۶)
مثال تعویض ماشین در حالت غیر احتمالی

1 - Decision Tree
2 - Deterministic

اگر در نقطه تصمیم ۱ ، ماشین قدیمی نگهداشته شود، پس باید در نقطه تصمیم ۲ انتخاب مجددی صورت گیرد. اگر باز ماشین قدیمی انتخاب شود، مجدداً باید در نقطه تصمیم ۳ انتخاب انجام گیرد. درآمد هر طرح، بالای شاخه و هزینه اولیه آن، در پائین شاخه بصورت اعداد مثبت و منفی نوشته شده است.

روش تصمیم‌گیری از این قرار است که از دورترین نقطه شروع کرده و با برگشت به مقصد، تصمیم اولیه تعیین می‌گردد.

الف) محاسبات، بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول

محاسبات لازم و تصمیمات مربوطه در جدول (۳ـ۱۶) نشان داده شده است.

نقطه تصمیم	طرح	فرآیند مالی	انتخاب
۳	قدیمی	۷ = ۲ − (۳) ۳	قدیمی
	جدید	۴/۵ = ۱۵ − (۳) ۶/۵	
۲	قدیمی	۱۶/۵ = ۱ − (۳) ۳/۵ + ۷	جدید
	جدید	۲۴ = ۱۵ − (۶) ۶/۵	
۱	قدیمی	۳۴/۲ = ۰/۸ − (۳) ۴ + ۲۴	قدیمی
	جدید	۳۰ = ۱۵ − (۹) ۵	

جدول ۳ـ۱۶

نتایج حاصل از بهترین طرح در نقطه ۳ ، بخشی از نتایج نقطه ۲ را تشکیل می‌دهد که به نقطه ۳ منتهی شده است. ابتدا باید ماشین قدیمی را نگهداشت و در پایان ۳ سال آینده، آن را با ماشین جدید تعویض نمود.

ب) محاسبات، با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول

محاسبات با استفاده از روش ارزش فعلی و حداقل نرخ جذب کنندهٔ ۲۵٪ در جدول

(۴ـ۱۶) نشان داده شده است.

نقطه تصمیم	طرح	ارزش‌فعلی نتایج	انتخاب
۳	قدیمی	۳ (P/A ، ٪۲۵ ، ۳) − ۲ = ۳/۸۵	
	جدید	۶/۵ (P/A ، ٪۲۵ ، ۳) − ۱۵ = −۲/۳	قدیمی
۲	قدیمی	۳/۸۵(P/F ، ٪۲۵ ، ۳)+۳/۵(P/A ، ٪۲۵ ، ۳)−۱=۷/۸۹	
	جدید	۶/۵ (P/A ، ٪۲۵ ، ۶) − ۱۵ = ۴/۲	قدیمی
۱	قدیمی	۷/۸۹(P/F ، ٪۲۵ ، ۳)+۴(P/A ، ٪۲۵ ، ۳)−۰/۸=۱۱/۰۵	
	جدید	۵ (P/A ، ٪۲۵ ، ۹) − ۱۵ = ۲/۳	قدیمی

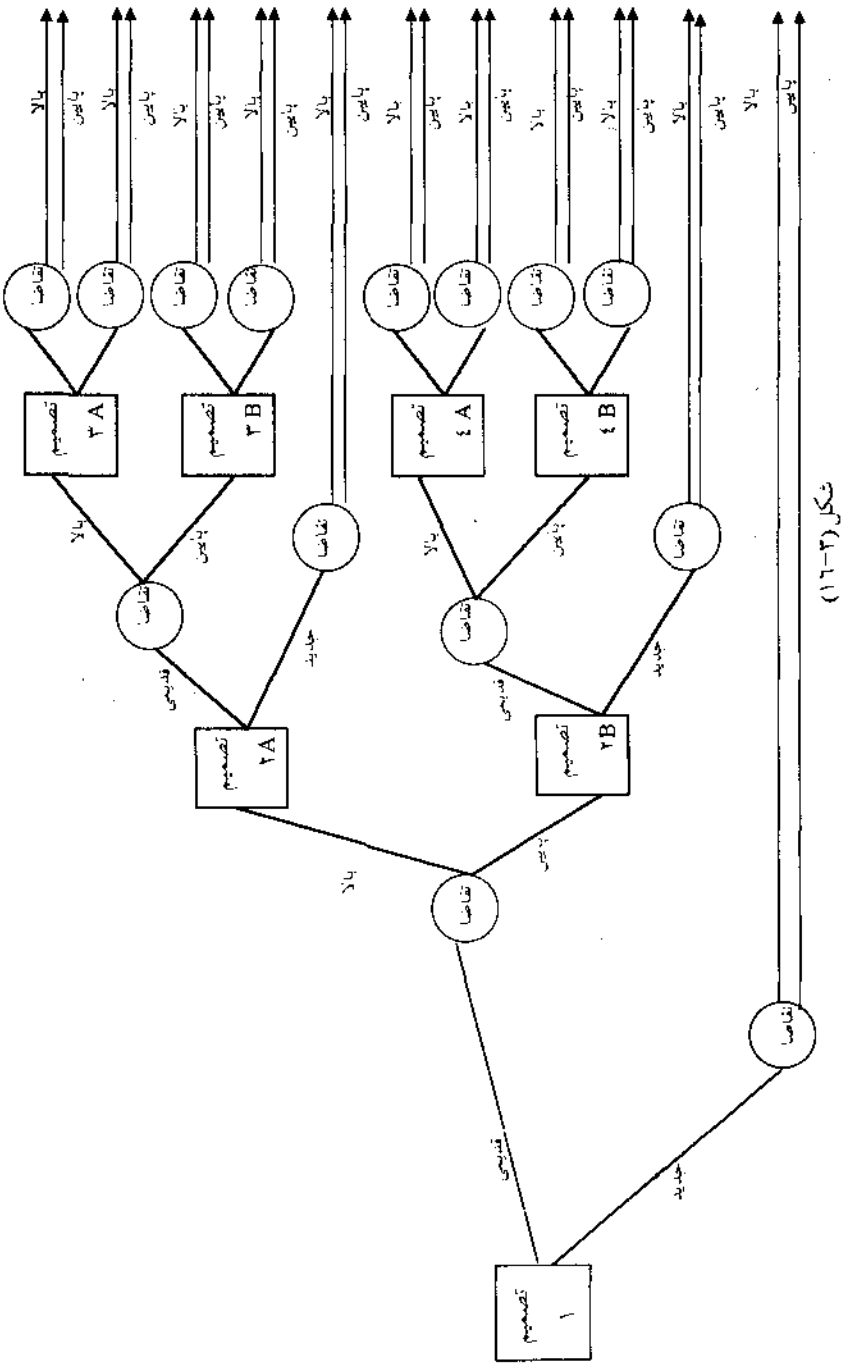
جدول ۴ـ۱۶

مشاهده می‌شود که نه‌تنها در نقطه تصمیم ۱ ، بلکه در نقاط ۲ و ۳ نیز ماشین قدیمی انتخاب می‌گردد. این نتیجه تعجب‌آور نیست، چراکه بالا بودن حداقل نرخ جذب کننده، منجر به انتخاب طرحهایی می‌گردد که سرمایه‌گذاری اولیه آنها پائین‌تر است.

حالت احتمالی[1]

در مثال قبل فرض کنید برای هر طرح، با توجه به بالا یا پائین بودن تقاضا، دو حالت موجود باشد: (شکل ۳ـ۱۶)

1 - Stocastic


تصمیم ۱
قدیمی
جدید
تقاضا
بالا
پایین
تصمیم ۲A
تصمیم ۲B
تصمیم ۳A
تصمیم ۳B
تصمیم ۴A
تصمیم ۴B

شکل (۳-۱۶)

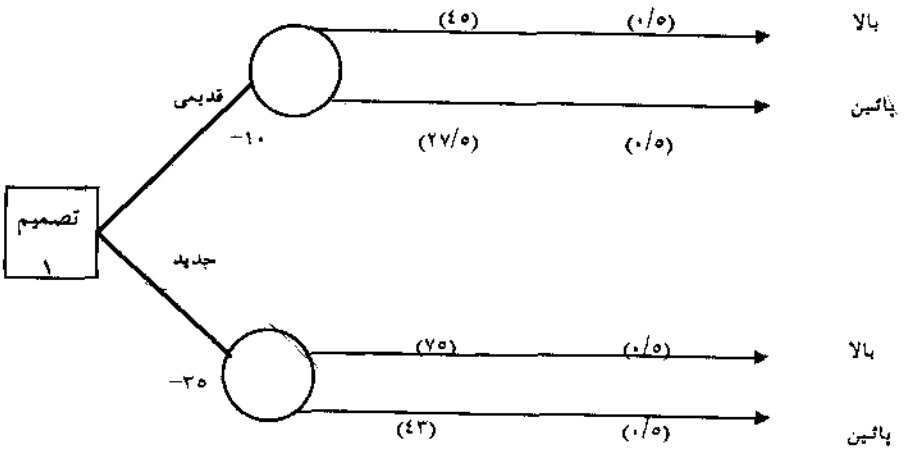
در اینجا برای هر طرح، شاخه‌هایی در نظر گرفته می‌شود که بیانگر احتمال وقوع حالات مختلف می‌باشد. برای انتخاب اقتصادی‌ترین طرح، از روش امید ریاضی استفاده می‌شود و با حرکت رو به مقصد، تصمیم مرحله ۱ تعیین می‌گردد.

روش بیز[1]

یکی از طرحهایی که اغلب در مسالهٔ تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری وجود دارد، تحقیق و بررسی بیشتر در مورد تقاضای بازار و هزینه‌های عملیاتی می‌باشد. روش آماری بیز، با استفاده از اطلاعات موردنیاز و کافی، جهت اصلاح مقدار تخمین احتمالات بکار می‌رود.

● مثال ۷ـ۱۶ـ تصمیم یک مرحله‌ای شکل (۴ـ۱۶) را در نظر بگیرید:

حل:



شکل (۴-۱۶)

مساله تصمیم یک مرحله ای

1 - Bayes

هر طرح دارای دو رویداد احتمالی بصورت بالا و پائین بودن تقاضا می‌باشد، و احتمال وقوع هر یک مساوی فرض شده است. محاسبات امید ریاضی نشان می‌دهد که ماشین قدیمی باید انتخاب گردد:

ماشین قدیمی ۴۵ (۰/۵) + ۲۷/۵ (۰/۵) − ۱۰ = ۲۶/۲۵

ماشین جدید ۷۵ (۰/۵) + ۴۳ (۰/۵) − ۳۵ = ۲۴

برای استفاده از روش بیز، فرض کنید هزینه انجام مطالعات تحقیق و بررسی ۰/۱ و احتمالات شرطی در مورد به نتیجه رسیدن این طرح به شرح زیر می‌باشد:

$P(h|H) = ۰/۷ \quad P(h|D) = ۰/۲ \quad P(d|H) = ۰/۳ \quad P(d|D) = ۰/۸$

که در آن h و d به ترتیب معرف تقاضاهای پیش‌بینی شدهٔ بالا و پائین و H و D به ترتیب بیانگر تقاضاهای واقعی بالا و پائین هستند. محاسبات روش بیز بصورت زیر است:

$$P(H|h)=\frac{P(h|H)P(H)}{P(h|H)P(H)+P(h|D)P(D)}=\frac{P(h|H)P(H)}{P(h)}=\frac{۰/۷\ (۰/۵)}{۰/۷\ (۰/۵)+۰/۲\ (۰/۵)}$$

$$=\frac{۰/۳۵}{۰/۴۵}=۰/۷۸$$

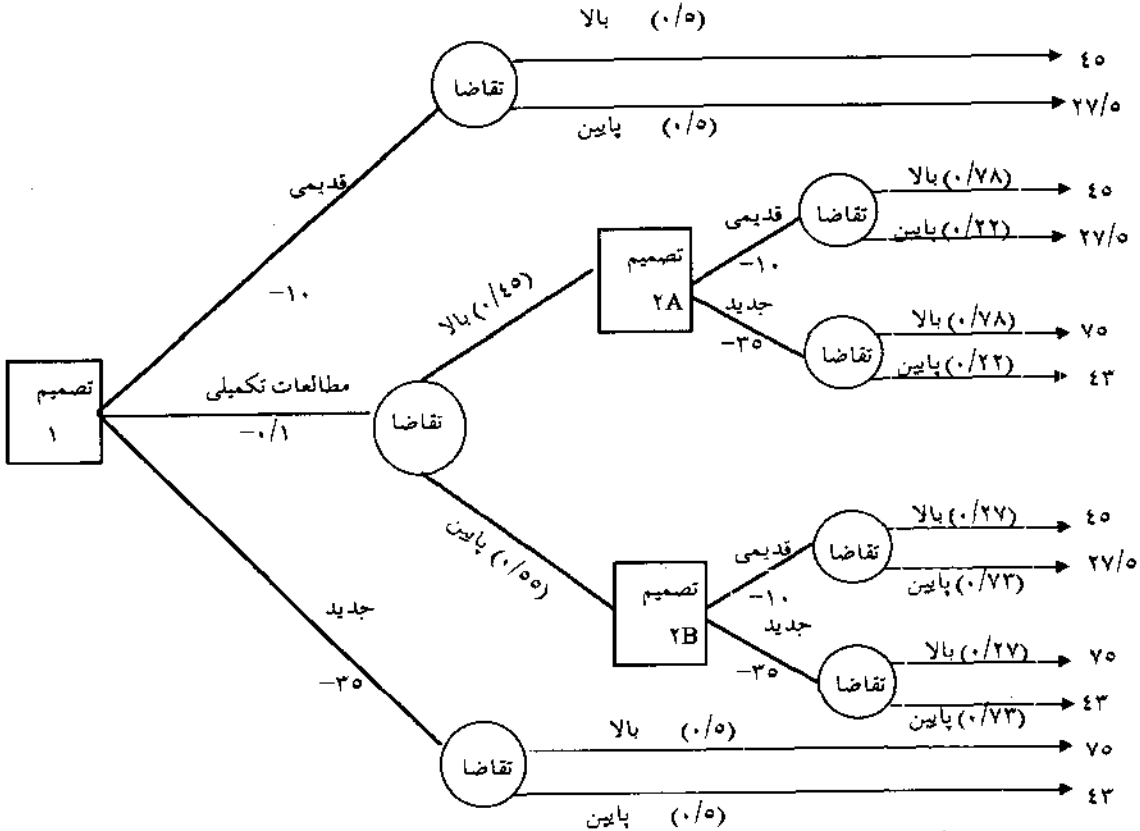
$$P(D|h)=\frac{P(h|D)\ P(D)}{P(h)}=\frac{۰/۱}{۰/۴۵}=۰/۲۲$$

$$P(H|d)=\frac{P(d|H)P(H)}{P(d|H)P(H)+P(d|D)P(D)}=\frac{P(d|H)P(H)}{P(d)}=\frac{۰/۳\ (۰/۵)}{۰/۳\ (۰/۵)+۰/۸\ (۰/۵)}$$

$$=\frac{۰/۱۵}{۰/۵۵}=۰/۲۷$$

$$P(D|d)=\frac{P(d|D)P(D)}{P(d)}=\frac{۰/۴}{۰/۵۵}=۰/۷۳$$

با استفاده از احتمالات فوق، درخت تصمیم برای طرح مطالعات تکمیلی در شکل (۵-۱۶) مشاهده می‌شود:



شکل (۵-۱۶) مساله تعویض با طرح مطالعات تکمیلی

کتابخانه مرکز آموزش عالی
دهخدا

محاسبات امید ریاضی جدول (۵ـ۱۶) نشان می‌دهد که طرح مطالعات تکمیلی گرچه دارای هزینه اولیه ۱/۰ است ولی اقتصادی‌ترین طرح می‌باشد:

نقطه تصمیم	طرح	ارزش فعلی نتایج (طرحها)	انتخاب
۲A	قدیمی	۳۱/۱۳ = ۱۰ − (۰/۲۲) ۲۷/۵ + (۰/۷۸) ۴۵	جدید
	جدید	۳۲/۹۵ = ۳۵ − (۰/۲۲) ۴۳ + (۰/۷۸) ۷۵	
۲B	قدیمی	۲۱/۲ = ۱۰ − (۰/۷۳) ۲۷/۵ + (۰/۲۷) ۴۵	قدیمی
	جدید	۱۶/۶ = ۳۵ − (۰/۷۳) ۴۳ + (۰/۲۷) ۷۵	
	مطالعات تکمیلی	۲۶/۴ = ۰/۱ − (۰/۵۵) ۲۱/۲ + (۰/۴۵) ۳۲/۹۵	مطالعات تکمیلی
۱	قدیمی	۲۶/۲۵ = از جدول قبل	
	جدید	۲۴ = از جدول قبل	

جدول ۵ـ۱۶

نوع دیگر مطالعه درخت تصمیم زمانی است که به دامنهٔ تغییرات تخمین پارامترها، احتمالاتی نسبت داده و سپس تمامی ترکیبات مختلف را در نظرگرفته و ارزش هر شاخه محاسبه شود، نتیجه نهائی حاصله راکه نشان‌دهندهٔ احتمال سرمایه‌گذاری برای کسب ارزشهای مختلف است، نتیجهٔ حاصل از سرمایه‌گذاری همراه با ریسک می‌نامند. مطلب فوق در مثال زیر تشریح شده است.

● مثال ۸ـ۱۶ـ هزینه اولیه طرحی ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی و محتملترین درآمد خالص ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی در سال است. عمر طرح ۴ سال بوده و ارزش اسقاطی ندارد و حداقل نرخ جذب کننده ۹٪ است. اگر احتمال وقوع محتملترین درآمد خالص ۰/۵ باشد، و همچنین درآمد خالص درحالت بدبینانه با احتمال ۰/۳ به مبلغ ۵۰,۰۰۰ واحد پولی و در حالت خوشبینانه با احتمال ۰/۲ به مبلغ ۱۲۵,۰۰۰ واحد پولی باشد، آیا این

طرح اقتصادی است؟ عمر پروژه تحت‌شرایط عدم‌اطمینان و احتمالات منتسب برای ۲، ۳، ۴ و ۵ سال به ترتیب ۰/۲، ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۱ می‌باشد.

حل: در شرایط فعلی

$$NPW = -۲۰۰,۰۰۰ + ۱۰۰,۰۰۰ (P/A, ٪۹, ۴) = ۱۲۳,۹۶۰$$

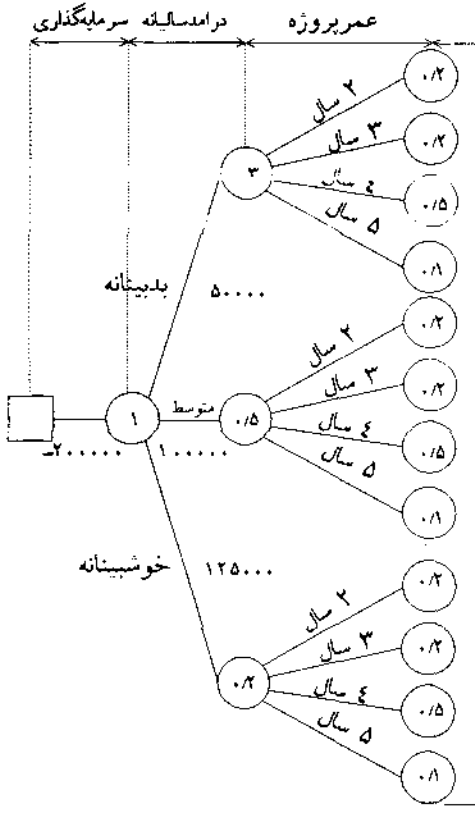
محاسبات در حالت ریسک در شکل زیر (درخت تصمیم‌گیری) خلاصه شده است. از حاصلضرب احتمالات فاکتورهایی که در گره‌ها نوشته شده‌اند، احتمال توام بدست می‌آید. بعنوان مثال، احتمال توام برای درآمد سالیانهٔ ۵۰,۰۰۰ واحد پولی در ۲ سال برابر با ۰/۰۶ است، که از ضرب احتمال درآمد سالیانه (۰/۳) و احتمال دوره ۲ ساله (۰/۲) در یکدیگر حاصل شده است. محاسبات NPW اولین شاخه بشرح زیر انجام شده است:

$$NPW = -۲۰۰,۰۰۰ + ۵۰,۰۰۰ (P/A, ٪۹, ۲) = -۱۱۲,۰۴۵$$

از حاصلضرب NPW در احتمال توام هر شاخه، ارزش وزنی آن شاخه بدست می‌آید:

$$۰/۰۶ (-۱۱۲,۰۴۵) = -۶,۷۲۳$$

و امید ریاضی کل از جمع مقادیر ارزش فعلی حاصل می‌شود و برابر است با $EV = ۵۸,۰۱۴$ که کوچکتر از ارزش فعلی براساس محتملترین فرآیند مالی است. با در نظر گرفتن واریانس درخت تصمیم‌گیری، احتمال کسب ارزش فعلی خالص بزرگتر از صفر قابل محاسبه است. محاسبه واریانس در صفحات بعد آمده است.



نتایج وزنی	NPW	احتمال‌توام
-۶۷۲۳	-۱۱۲۰۴۵	۰/۶
-۴۴۰۶	-۷۳۴۴۰	۰/۶
-۵۷۰۳	-۳۸۰۲۰	۰/۸۵
-۱۶۶	-۵۵۲۰	۰/۰۳
-۲۴۰۹	-۲۴۰۹۰	۰/۸
۵۳۱۲	۵۳۱۲۰	۰/۸
۳۰۹۹۰	۱۲۳۹۶۰	۰/۲۵
۹۴۴۸	۱۸۸۹۶۰	۰/۰۵
۷۹۶	۱۹۸۸۸	۰/۴
۴۰۵۶	۱۱۶۴۰۰	۰/۴
۲۰۴۹۵	۲۰۴۹۵۰	۰/۸
۵۷۲۴	۲۸۶۲۰۰	۰/۲
۵۸۰۱۴	—	۱

● مثال ۹-۱۶-با بررسیهای مختلف در فرآیند مالی یک پروژهٔ تقلیل هزینه‌ها معلوم شده است که سرمایه‌گذاری اولیه به احتمال ۰/۴ به میزان ۵۰,۰۰۰ واحد پولی و به احتمال ۰/۶ به مبلغ ۳۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. ارزش فعلی صرفه‌جوئی سالیانه، پس از کسر مالیات به مبلغ ۲۰,۰۰۰ ، ۱۲,۰۰۰ و ۸,۰۰۰ واحد پولی و به ترتیب با احتمالات ۰/۲ ، ۰/۳ و ۰/۵ می‌باشد. نتایج حاصل از سرمایه‌گذاری تحت شرایط ریسک و امید ریاضی پروژه را محاسبه کنید.

حل: اگر I و S بترتیب نمایندهٔ میزان سرمایه‌گذاری و صرفه‌جویی باشند، نتیجه حالات ممکن در آینده، بشرح زیر است:

نتایج وزنی	احتمال توام	ارزش فعلی خالص (پس از مالیات)	حالات ممکن
۸,۴۰۰	۰/۱۲ = ۰/۲(۰/۶)	۲۰,۰۰۰ (۵)ـ۳۰,۰۰۰ = ۷۰,۰۰۰	S (P = ۰/۲) I (P = ۰/۶)
۵,۴۰۰	۰/۱۸ = ۰/۳(۰/۶)	۱۲,۰۰۰ (۵)ـ۳۰,۰۰۰ = ۳۰,۰۰۰	S (P = ۰/۳) I (P = ۰/۶)
۳,۰۰۰	۰/۳۰ = ۰/۵(۰/۶)	۸,۰۰۰ (۵)ـ۳۰,۰۰۰ = ۱۰,۰۰۰	S (P = ۰/۵) I (P = ۰/۶)
۴,۰۰۰	۰/۰۸ = ۰/۲(۰/۴)	۲۰,۰۰۰ (۵)ـ۵۰,۰۰۰ = ۵۰,۰۰۰	S (P = ۰/۲) I (P = ۰/۴)
۱,۲۰۰	۰/۱۲ = ۰/۳(۰/۴)	۱۲,۰۰۰ (۵)ـ۵۰,۰۰۰ = ۱۰,۰۰۰	S (P = ۰/۳) I (P = ۰/۴)
-۲,۰۰۰	۰/۲۰ = ۰/۵(۰/۴)	۸,۰۰۰ (۵)ـ۵۰,۰۰۰ = -۱۰,۰۰۰	S (P = ۰/۵) I (P = ۰/۴)
۲۰,۰۰۰	۱		

احتمال اینکه پروژه دچار زیان گردد ۲۰ درصد است اما امید ریاضی ۲۰,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد.

ریسک در آنالیز مالی

ریسک مالی در یک پروژه سرمایه‌گذاری را می‌توان به صورت تغییرات در عوامل

مختلف و مخصوصاً درآمدهای حاصله تعریف کرد. انتظار می‌رود که درآمدهای حاصل از سرمایه‌گذاری با حداقل ریسک، تنها مقدار ناچیزی با نتایج پیش‌بینی شده، تفاوت داشته باشد. هر نوع افزایش در زمان کل سرمایه‌گذاری یا کاهش اطمینان به درآمدها، باعث بیشتر شدن ریسک می‌گردد.

توزیع و واریانس

فرض کنید امید ریاضی نتایج حاصل از دو طرح سرمایه‌گذاری، یکسان است اما دامنهٔ تغییرات تخمینها نشان می‌دهد که طرح A باید اقتصادی‌تر باشد. سه تخمین زیر برای میزان تقاضا همراه با امید ریاضی در اختیار است.

طرح	تقاضا کم (P = ۰/۲)	تقاضا متوسط (P = ۰/۶)	تقاضا زیاد (P = ۰/۲)	امید ریاضی
A	۱,۱۰۰	۱,۰۰۰	۹۰۰	۱,۰۰۰
B	۱,۶۰۰	۱,۰۰۰	۴۰۰	۱,۰۰۰

جدول ۶ـ۱۶ تغییرات دو طرح با امید ریاضی یکسان

یک مقدار کمی برای نشان دادن تفاوت نتایج فرآیند مالی از امید ریاضی، واریانس[1] (Var) و انحراف استاندارد[2] (σ) است و برای یک توزیع گسسته[3] روابط زیر برقرار است:

$$\sigma = \sqrt{\text{Var}} = \sqrt{\sum_i P_i (O_i - EV)^2} \qquad (۱۶-۲)$$

که در آن P_i احتمال وقوع i امین نتیجهٔ O_i و EV امید ریاضی است ($EV = \sum_i P_i O_i$)

با استفاده از اطلاعات جدول (۶–۱۶) :

1 - Variance
2 - Standard Diviation
3 - Discrete

$$\sigma_A = \sqrt{\text{۰/۲}(۹۰۰ - ۱,۰۰۰)^2 + \text{۰/۶}(۱,۰۰۰ - ۱,۰۰۰)^2 + \text{۰/۲}(۱,۱۰۰ - ۱,۰۰۰)^2}$$
$$= \sqrt{۴,۰۰۰} = ۶۳/۲۵$$

$$\sigma_B = \sqrt{\text{۰/۲}(۴۰۰ - ۱,۰۰۰)^2 + \text{۰/۶}(۱,۰۰۰ - ۱,۰۰۰)^2 + \text{۰/۲}(۱,۶۰۰ - ۱,۰۰۰)^2}$$
$$= ۳۷۹/۴۷$$

که وجود تغییرات و پراکندگی بیشتر در طرح B را تائید می‌کند و طرح A به طریق B ترجیح داده می‌شود.

اگر سه حالت فوق از لحاظ تئوری، به تمامی سطوح ممکن تقاضا با احتمالات مربوط به هر یک تعمیم داده شود، توزیع، پیوسته[1] خواهد بود. دو نوع توزیع که معمولاً از آنها در آنالیز ریسک استفاده می‌شود عبارتند از نرمال و بتا. در توزیع پیوسته، احتمال بوسیله سطح زیر منحنی توزیع تعیین و امید ریاضی با انتگرال‌گیری محاسبه می‌شود. برای توزیع نرمال، جدولی که احتمالات مربوط به نتایج فرآیند مالی (متغیر تصادفی) را با امید ریاضی و انحراف استاندارد معین، مشخص می‌کند ارائه شده است. این جدول در **ضمیمه دو** کتاب موجود است.

● مثال ۱۰ـ۱۶ـ فرض کنید یک فرآیند مالی از توزیع نرمال پیروی کند. اگر امید ریاضی ارزش فعلی ۱,۰۰۰ واحد پولی با انحراف استاندارد تخمینی ۱۰۰ واحد پولی باشد، ادعا شده است که تنها به احتمال ۱۰ درصد ارزش فعلی فرآیند مالی کمتر از ۸۷۵ واحد پولی خواهد بود. آیا این ادعا صحیح است؟ اگر به احتمال ۲۰٪ ارزش فعلی فرآیند مالی به میزان حداقل ۲۰۰ واحد پولی بیش از میانگین (امید ریاضی) باشد، مقدار انحراف استاندارد را محاسبه نمائید.

حل: با استفاده از رابطه $P(NPW < x) = P(Z < \frac{x-u}{\sigma})$ که در آن NPW نتیجه طرح است که بطور نرمال توزیع شده و x مقدار متغیر تصادفی و z انحراف استاندارد نرمال

1 - Continuous

می‌باشد داریم:

$$P(NPW<۸۷۵) = P(z < \frac{۸۷۵-۱,۰۰۰}{۱۰۰}) = P(z < \frac{-۱۲۵}{۱۰۰}) = P(z < -۱/۲۵) = ۰/۱۰۶$$

بنابراین ادعا صحیح است. محاسبه انحراف معیار بصورت زیر است:

$$P\ (NPW \geq ۱,۲۰۰) = ۰/۲ = P\ (z \geq \frac{۱,۲۰۰ - ۱,۰۰۰}{\sigma}) = P\ (۰/۸۴ \geq \frac{۲۰۰}{\sigma})$$

$$\sigma = ۲۳۸$$

● مثال ۱۱-۱۶-دو طرح M و W را با توزیع احتمالی گسسته زیر در نظر بگیرید. کدامیک از این دو طرح اقتصادی‌تر است؟

P(M)	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
فرآیند مالی طرح M	-۱۱	-۳	۵	۱۳	۲۱

P(W)	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۱
فرآیند مالی طرح W	-۳	۵	۱۳	۲۱

حل: محاسبه امید ریاضی هر طرح بصورت زیر است:

$$EV(M) = ۰/۲\ (-۱۱) + ۰/۲\ (-۳) + ۰/۲\ (۵) + ۰/۲\ (۱۳) + ۰/۲\ (۲۱) = ۵$$

$$EV(W) = ۰/۴\ (-۳) + ۰/۳\ (۵) + ۰/۲\ (۱۳) + ۰/۱\ (۲۱) = ۵$$

امید ریاضی هر دو طرح یکسان است، محاسبات انحراف استاندارد بشرح زیر می‌باشد:

$$\sigma_M = \sqrt{۰/۲(-۱۱-۵)^۲ + ۰/۲(-۳-۵)^۲ + ۰/۲(۵-۵)^۲ + ۰/۲(۱۳-۵)^۲ + ۰/۲(۲۱-۵)^۲}$$

$$\sigma_W = \sqrt{۰/۴(-۳-۵)^۲ + ۰/۳(۵-۵)^۲ + ۰/۲(۱۳-۵)^۲ + ۰/۱(۲۱-۵)^۲} = \sqrt{۶۴} = ۸$$

از آنجا که انحراف استاندارد طرح W کمتر می‌باشد، در نتیجه این طرح به خاطر داشتن ریسک کمتر اقتصادی‌تر است.

● مثال ۱۲ـ۱۶ـ محتملترین ارزش فعلی از یک سرمایه‌گذاری، ۱،۰۰۰ واحد پولی است. برآورد خوشبینانه و بدبینانه ارزش فعلی این طرح بترتیب ۲،۰۰۰ و ۶۰۰ واحد پولی است. اگر توزیع درآمدها و هزینه‌ها از توزیع «بتا» تبعیت نماید، امید ریاضی و واریانس ارزش فعلی این پروژه را بدست آورید.

حل:

$$EV = \frac{O+4M+P}{6} = \frac{۶۰۰ + ۴(۱،۰۰۰) + ۲،۰۰۰}{6} = ۱،۱۰۰$$

$$\sigma^2 = (\frac{O-P}{6})^2 = (\frac{۶۰۰ - ۲،۰۰۰}{6})^2 = ۵۴،۴۴۳$$

روابط ریسک مالی

حتی محاسبه واریانس یک طرح به تنهایی نمی‌تواند شاهدی برای رد یا قبول آن طرح باشد. سه عامل مهم دیگر عبارتند از:

۱ـ زمانی که ریسک اتفاق می‌افتد (چه مدت از شروع طرح گذشته است؟)

۲ـ ضریب تغییرات طرح با توجه به مبلغ سرمایه‌گذاری شده

۳ـ رابطه طرح با سرمایه‌گذاریهای دیگری که شرکت انجام می‌دهد.

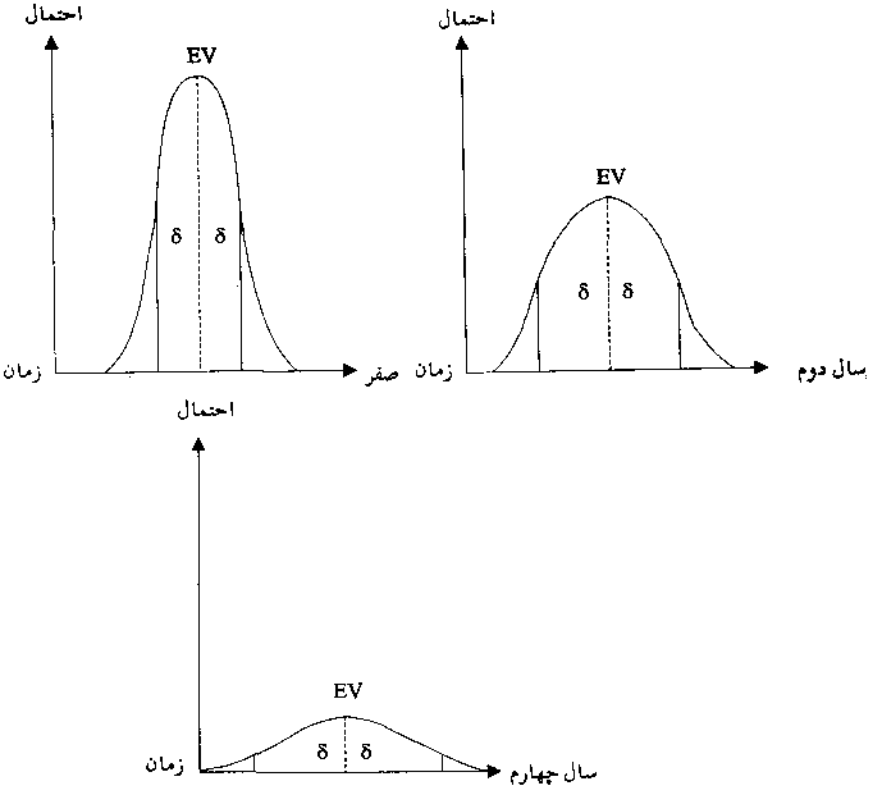
اکنون به توضیح هر مورد می‌پردازیم:

۱ـ زمان ریسک

کاملاً منطقی است که اطمینان به تخمینهای چندین سال بعد، کمتر از اعتماد به تخمینهای آیندهٔ نزدیک است.

این مفهوم در شکلهای زیر به تصویر کشیده شده است. هر سه توزیع **دارای امید**

ریاضی یکسانند ولی انحراف استاندارد با زمان افزایش می‌یابد. افزایش در انحراف استاندارد به صورت حاصلضرب انحراف استاندارد اولیه در ریشهٔ دوم تعداد سالهای برنامه‌ریزی (n)، که دوره‌های زمانی از زمان صفر است، بصورت زیر ارائه می‌شود:



شکل (۶-۱۶)

ریسک بصورت تابعی از زمان

۲ـ ضریب تغییرات

اگر میزان سرمایه‌گذاریهای اولیه طرحها متفاوت باشند، تصمیم‌گیری براساس انحراف استاندارد ممکن است اشتباه باشد. فرض کنید طرح C به طرحهای جدول (۶ـ۱۶) اضافه شود. نتایج مورد انتظار این طرح عبارتند از ۹۸۰,۰۰۰، ۱,۰۰۰,۰۰۰ و ۱,۰۲۰,۰۰۰ واحد پولی به ترتیب با احتمالات ۰/۲، ۰/۶، ۰/۲ می‌باشد. امید ریاضی طرح برابر ۱,۰۰۰,۰۰۰ واحد پولی است و انحراف استاندارد عبارتست از:

$$\sigma_C = \sqrt{۰/۲(۹۸۰,۰۰۰ - ۱,۰۰۰,۰۰۰)^۲ + ۰/۶(۰)^۲ + ۰/۲(۱,۰۲۰,۰۰۰ - ۱,۰۰۰,۰۰۰)^۲}$$
$$= \sqrt{۱۶۰,۰۰۰,۰۰۰} = ۱۲,۶۴۹$$

در مقایسه σ_C با ۶۳/۲۵ = σ_A و ۳۷۹/۴۷ = σ_B ممکن است نتیجه‌گیری شود که ریسک طرح C بیشتر است، چراکه انحراف استاندارد بیشتری دارد. این تصور غلط با محاسبه ضریب تغییرات[1] (CV) برطرف می‌گردد. این ضریب از تقسیم نمودن انحراف استاندارد بر امید ریاضی یا میانگین مورد انتظار بدست می‌آید:

$$CV = \frac{\sigma}{EV} \qquad (۱۶ـ۳)$$

$$CV_B = \frac{۳۷۹}{۱,۰۰۰} = ۰/۳۷۹ \text{ و } CV_A = \frac{۶۳}{۱,۰۰۰} = ۰/۰۶ \text{ و } CV_C = \frac{۱۲,۶۴۹}{۱,۰۰۰,۰۰۰} = ۰/۰۱۲۶$$

مشاهده می‌شود که ضریب تغییرات طرح C کمترین است و این طرح اقتصادی‌تر از دو طرح A و B می‌باشد.

۳ـ سیاست توزیع سرمایه

در مساله بودجه‌بندی سرمایه، طرحهای سرمایه‌گذاری نه تنها باید با یکدیگر

1 - Coefficient of Variation

مقایسه شوند، بلکه باید از نظر بازگشت سرمایه با سرمایه‌گذاریهای قبلی نیز مقایسه‌ای صورت پذیرد تا بازگشت کلی حاصل از کل سرمایه‌ها هم کسب شده باشد. اصولاً برای شرکتها شرایط مطلوب اینست که از نوسانات زیاد بین فرآیندهای مالی مثبت و منفی اجتناب کنند و فرآیند ثابتی را اتخاذ نمایند. ارتباط بین فرآیند مالی یک پروژه با فرآیند مالی ناشی از سایر سرمایه‌گذاریها، بوسیله تجزیه و تحلیل همبستگی[1] اندازه‌گیری می‌شود. ضریب همبستگی مثبت ($r = ۱$) بدین معنی است‌که فرایند مالی طرح، منطبق بر الگوی فرایند مالی کل می‌باشد و برای ($r = -۱$) خلاف این مطلب صادق است. درجه همبستگی مربوط به توزیع سرمایه با فرض اینکه کل سرمایه‌گذاری می‌تواند به یک پروژه تخصیص یابد بصورت زیر است:

۱ـ 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 می‌یابد.

۲ـ طرحهای ناهمبسته ($r = ۰$) به طرحهائی که فرآیند مالی آنها دارای همبستگی مثبت با سایر فرآیندهای مالی است، ترجیح داده می‌شوند.

۳ـ هرچه روند فرآیند مالی پروژه به فرآیند مالی کل نزدیکتر باشد، ریسک کمتر کاهش می‌یابد. پروژه‌ای که همبستگی مثبت دارد ($r = ۱$) به معکوس شدن فرآیند مالی کمکی نمی‌کند، لذا مشارکتی در کاهش ریسک ندارد.

بیشتر پروژه‌ها با کل فرآیند مالی شرکت همبستگی مثبت دارند، چرا که عملیات اصلی محصولات و بازارهای شرکت، به آنها اختصاص می‌یابد. هدف از در نظر گرفتن همبستگی فرآیند مالی، امتیاز دادن به طرحهائی است که ترقی و تنزلهای فصلی و سیکلی را کاهش می‌دهند.

● مثال ۱۳ـ۱۶ـ شرکتی دو طرح سرمایه‌گذاری دارد و می‌خواهد اثر آن را به فرآیند مالی کل بررسی نماید. کاهش تغییرات این فرآیند، باعث کاهش احتمال ورشکستگی و

1 - Correlation Analysis

سایر هزینه‌ها در حالت زیان‌آور اقتصادی می‌گردد. ثبات فرآیند مالی پروژه که در جدول زیر بیان شده است را ارزیابی نمائید:

طرح	وضع اقتصادی	احتمال	نتیجه فرآیند مالی	سایر فرآیندها مالی شرکت	کل فرآیند مالی شرکت
	ترقی	۰/۲	۲۰	۲۰۰	۲۲۰
۱	معمولی	۰/۶	۳۰	۱۶۰	۱۹۰
	تنزل	۰/۲	۴۰	۱۲۰	۱۶۰
	ترقی	۰/۲	۴۰	۲۰۰	۲۴۰
۲	معمول	۰/۶	۳۰	۱۶۰	۱۹۰
	تنزل	۰/۲	۲۰	۱۲۰	۱۴۰

حل: هر دو طرح دارای امید ریاضی و واریانس یکسانند، اما فرآیند مالی طرح ۱ دارای همبستگی منفی با سایر فرآیندهای مالی شرکت است و در نتیجه انتخاب طرح ۱ باعث کاهش انحراف استاندارد فرآیند کل خواهد شد:

$$\sigma = \sqrt{۰/۲(۱۶۰ - ۱۹۰)^۲ + ۰/۶(۱۹۰ - ۱۹۰)^۲ + ۰/۲(۲۲۰ - ۱۹۰)^۲} = ۱۸/۹۷$$

طرح ۱

$$\sigma = \sqrt{۰/۲(۱۴۰ - ۱۹۰)^۲ + ۰/۶(۱۹۰ - ۱۹۰)^۲ + ۰/۲(۲۴۰ - ۱۹۰)^۲} = ۳۱/۶۲$$

طرح ۲

با افزودن نتیجه فرآیند مالی طرح ۱ به سایر فرآیندهای مالی شرکت، دامنه تغییرات ترقی به تنزل، از ۸۰ = ۱۲۰ − ۲۰۰ به ۶۰ = ۱۶۰ − ۲۲۰ کاهش می‌یابد و انتخاب طرح ۱ بدیهی می‌شود.

● مثال ۱۴-۱۶- پروژه‌های زیر را تجزیه و تحلیل نموده، براساس ضرایب تغییرات و همبستگی، بهترین پروژه را انتخاب نمائید.

پروژه	ضریب تغییرات	همبستگی با سایر فرآیندهای مالی
P_1	۰/۸	۰/۴
P_2	۰/۴	۰/۲
P_3	۰/۳	-۰/۲
P_4	۰/۳	۰
P_5	۰/۵	۰/۲

حل: پروژه P_1 پرریسک‌ترین پروژه است، زیرا بیشترین همبستگی را با سایر فرآیندهای مالی شرکت و بیشترین ضریب تغییرات را دارد. پروژه P_3 کم ریسک‌ترین پروژه است، چون دارای همبستگی منفی بوده و ضریب تغییرات پائینی دارد. ترتیب ارجحیت از کمترین تا بیشترین ریسک عبارت است از P_3، P_4، P_2، P_5 و P_1.

ریسک در فرآیند مالی تجمعی[1]

در شرایط قطعی، ارزش فعلی پروژه از طریق تبدیل فرآیند مالی به سال صفر بدست می‌آید. در مواقع دیگری که طبیعت درآمدها و هزینه‌ها نامعلوم است، می‌توان میانگین و واریانس فرآیند مالی در هر دوره را تخمین زده توزیع مقادیر ارزش فعلی را تعیین کرد. مدل ریسک ارزش فعلی به روابط فرآیندهای مالی دوره‌ای بستگی دارد. مثلاً ممکن است فرآیند مالی زیاد در سال اول، منجر به فرآیندهای مالی زیاد در سالهای بعد گردد. در این حالت کوواریانس[2] مثبتی بین دو فرآیند وجود دارد. بحث زیر محدود به موردی می‌شود که فرآیندهای مالی یک طرح سرمایه‌گذاری مستقل باشند. با استفاده از فرمول ارزش فعلی که در آن x_j، متغیرهای تصادفی و معرف فرآیندهای مالی در سالهای

1 - Aggregaated Cash Flow 2 - Covariance

مختلف است داریم:

$$NPW = x_0 + \frac{x_1}{(1+i)^1} + ... + \frac{x_n}{(1+i)^n} \qquad (۱۶\text{-}۴)$$

امید ریاضی طرفین معادله (۴-۱۶) به صورت زیر است:

$$EV(NPW) = \mu_0 + \frac{\mu_1}{(1+i)^1} + ... + \frac{\mu_n}{(1+i)^n} \qquad (۱۶\text{-}۵)$$

که در آن μ_j میانگینهای توزیعهای فرآیند مالی در طول j دوره است. در حقیقت امید ریاضی ارزش فعلی مورد انتظار یک سری فرآیند مالی عبارتست از مجموع امید ریاضی هر یک از فرآیندهای مالی. با استفاده از قضیه حد مرکزی[1] که می‌گوید توزیع مجموع متغیرهای تصادفی مستقل، وقتی تعداد جملات (نمونه‌ها) افزایش یابد، به سمت نرمال میل می‌کند، توزیع NPW را نرمال با میانگین EV(NPW) و واریانس Var(NPW) فرض می‌کنیم. فرمول واریانس به صورت زیر خواهد بود:

$$Var(NPW) = \sigma^2_0 + \frac{\sigma^2_1}{(1+i)^2} + ... + \frac{\sigma^2_n}{(1+i)^{2n}} \qquad (۱۶\text{-}۶)$$

که در آن σ^2_j واریانسهای فرآیندهای مالی دوره‌ای هستند. این فرمول با توجه به روابط بدست آمده است:

۱ـ واریانس مقدار ثابت $(1+i)^{-n}$ ضربدر متغیر تصادفی μ_n، برابر با مقدار ثابت مجذور شده $(1+i)^{-2n}$ ضربدر واریانس متغیر تصادفی σ^2_n است.

۲ـ واریانس مجموع (NPW) برابر با مجموع واریانسهای فرآیندهای مالی Var(NPW) است.

1 - Centeral Limit Theorem

● مثال ۱۵-۱۶- شرکتی قصد سرمایه‌گذاری به میزان ۲۰,۰۰۰ واحد پولی در طرحی را دارد. پیش‌بینی می‌شود که درآمد خالص مستقل، با توزیع نرمال و با میانگین ۱۰,۰۰۰ واحد پولی و انحراف استاندارد ۲,۰۰۰ واحد پولی باشد، اگر n = ۳ سال و حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ و ارزش اسقاطی صفر باشد مطلوب است:

۱- امید ریاضی ارزش فعلی خالص تحت شرایط ریسک و اطمینان

۲- احتمال اینکه ارزش فعلی طرح منفی باشد

حل: در شرایط ریسک:

$$EV(NPW) = -۲۰,۰۰۰ + \frac{۱۰,۰۰۰}{(۱+۰/۱)^۱} + \frac{۱۰,۰۰۰}{(۱+۰/۱)^۲} + \frac{۱۰,۰۰۰}{(۱+۰/۱)^۳} = ۴۸۷۰$$

و در شرایط اطمینان:

$$NPW = -۲۰,۰۰۰ + ۱۰,۰۰۰\ (P/A\ ،\ ٪۱۰\ ،\ ۳) = ۴,۸۷۰$$

گرچه NPW سرمایه‌گذاری مثبت است ولی چون ریسک دخالت دارد، پذیرش آن معلوم نیست. با محاسبه واریانس، میزان ریسک معلوم می‌شود:

$$Var(NPW) = ۰ + \frac{(۲,۰۰۰)^۲}{(۱+۰/۱)^۲} + \frac{(۲,۰۰۰)^۲}{(۱+۰/۱)^۴} + \frac{(۲,۰۰۰)^۲}{(۱+۰/۱)^۶} = ۸,۲۹۵,۹۰۰$$

که در آن $\sigma^2_0 = ۰$ است زیرا طبق فرض، سرمایه‌گذاری اولیه با قطعیت معلوم است. احتمال توزیع NPW با محاسبه انحراف استاندارد معلوم می‌شود:

$$\sigma_{PW} = \sqrt{Var(PW)} = \sqrt{۸,۲۹۵,۹۰۰} = ۲,۸۸۰$$

با فرض اینکه PW دارای توزیع نرمال است، احتمال اینکه در این سرمایه‌گذاری زیان

داشته باشیم از جدول z محاسبه می‌شود:

$$P(NPW<۰)=P(z<\frac{۰-EV(NPW)}{\sigma_{NPW}})=P(z<\frac{۰-۴,۸۷۰}{۲,۸۸۰})=P(z<-۱/۶۹)=۰/۰۴۶$$

تقریباً ۴/۶٪ احتمال دارد که ارزش فعلی خالص سرمایه‌گذاری منفی باشد.

● مثال ۱۶-۱۶- فرض کنید انحراف استاندارد فرآیند مالی در سالهای دوم و سوم از ۲,۰۰۰ واحد پولی به ترتیب به ۳,۰۰۰ و ۴,۰۰۰ واحد پولی افزایش یابد. اثر این کاهش اطمینان به آینده و بیشتر شدن ریسک، بر احتمال منفی شدن NPW چیست؟

حل: امید ریاضی فرآیند مالی همان ۴,۸۷۰ خواهد بود. اما واریانس با زمان افزایش خواهد یافت:

$$Var(NPW) = ۰+(۲,۰۰۰)^۲(P/F,٪۱۰,۲)+(۳,۰۰۰)^۲(P/F,٪۱۰,۴)+(۴,۰۰۰)^۲\times$$
$$(P/F,٪۱۰,۶) = ۱۸,۴۸۴,۷۰۰$$
$$\sigma_{NPW} = \sqrt{Var(NPW)} = ۴,۳۰۰$$

$$P(NPW<۰) = P(z<\frac{۰-۴,۸۷۰}{۴,۳۰۰}) = P(z<-۱/۱۳۲) = ۰/۱۲۹۲$$

احتمال زیان، تقریباً ۳ برابر مثال قبل است. دلیل این امر افزایش واریانسهای فرآیند مالی در آینده دورتر (سالهای دوم و سوم) می‌باشد.

استفاده از روابط آماری

با استفاده از روابط مناسب آماری، الگوهای مختلف فرآیند مالی و اطلاعات را می‌توان در تحلیل ریسک بررسی نمود:

۱- اگر x متغیر تصادفی باشد، $Var(x)=\frac{\Sigma(x-\bar{x})^۲}{n}$ که در آن $\bar{x}=\frac{\Sigma x}{n}$ میانگین

متغیرهای تصادفی است.

۲ـ طریق دیگر محاسبه σ_{NPW} استفاده ازروش

$Var(NPW)=EV(NPW^2)-[EV(NPW)]^2$ می‌باشد.

۳ـ برای هر واریانس $Var(Cx) = C^2Var(x)$ که C ثابت است.

۴ـ اگر A و B دو مولفه مختلف فرآیند مالی باشند که در یک دوره زمانی اتفاق می‌افتند (مانند درآمد و هزینه در یکسال) و هر دو متغیرهای تصادفی مستقل باشند، می‌توان هر دو را با یک توزیع (نرمال) به میانگین $EV(A+B) = EV(A) + EV(B)$ و واریانس $\sigma^2_{A+B} = \sigma^2_{A-B} = \sigma^2_A + \sigma^2_B$ نشان داد.

اگر فرآیندهای مالی، همبسته و یا توزیعها غیرنرمال باشند، فرمولها پیچیده‌تر می‌شود و استفاده از روشهای معمولی غیرممکن می‌گردد. در این حالت می‌توان با استفاده از تکنیکهای شبیه‌سازی، پاسخهای قابل قبول را بدست آورد.

● مثال ۱۷ـ۱۶ـ هزینه سالیانه یک پروژه صنعتی ۲۰,۰۰۰ واحد پولی و انحراف استاندارد ۳,۰۰۰ واحد پولی می‌باشد. صرفه‌جوئی حاصله ۲۴,۰۰۰ واحد پولی در سال با انحراف استاندارد ۴,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. عمر پروژه ۳ سال و حداقل نرخ جذب کننده ٪۲۰ قبل از کسر مالیات است. احتمال اینکه انجام پروژه باعث یک زیان بزرگ و احتمال اینکه ارزش فعلی خالص بالغ بر ۱۰,۰۰۰ واحد پولی شود، چقدر است؟

حل: امید ریاضی ارزش فعلی صرفه‌جوئی و هزینه‌ها:

$$EV(NPW) = (۲۴,۰۰۰ - ۲۰,۰۰۰)\,(P/A\,،\,٪۲۰\,،\,۳) = ۸,۴۲۶$$

واریانس با استفاده از رابطه

$$\sigma^2\,(\text{هزینه‌ها}) + \sigma^2\,(\text{صرفه‌جوئی}) = \sigma^2\,(\text{هزینه‌ها ـ صرفه‌جوئی})$$

بدست می‌آید.

$$Var(NPW) = (۳,۰۰۰)^2\,(P/F\,،\,٪۲۰\,،\,۲) + (۳,۰۰۰)^2\,(P/F\,،\,٪۲۰\,،\,۴) + (۳,۰۰۰)^2$$

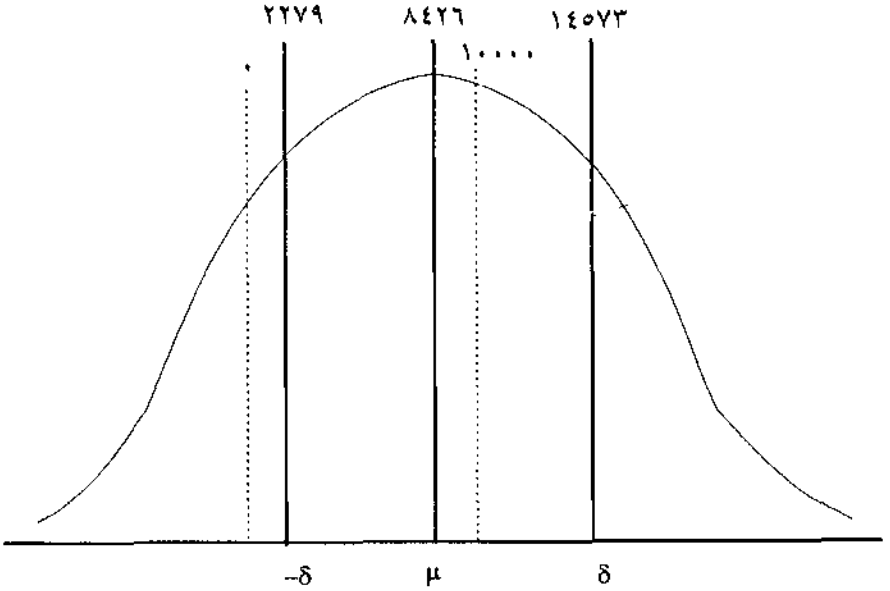
$$(P/F ، ٪۲۰ ، ۶) + (۴,۰۰۰)^{۲} (P/F ، ٪۲۰ ، ۲) + (۴,۰۰۰)^{۲} (P/F ، ٪۲۰ ، ۴)$$
$$+ (۴,۰۰۰)^{۲} (P/F ، ٪۲۰ ، ۶) = ۳۷,۷۹۰,۰۰۰$$

$$\sigma_{NPW} = \sqrt{Var(NPW)} = ۶,۱۴۷$$

با فرض اینکه توزیع NPW نرمال باشد:

$$P(NPW < ۰) = P\left(z < \frac{۰ - ۸,۴۲۶}{۶,۱۴۷}\right) = P(z < ۱/۳۷) = ۰/۰۸۵۳ = ٪۸/۵$$

$$P(NPW \geq ۱۰,۰۰۰) = P\left(z \geq \frac{۱۰,۰۰۰ - ۸,۴۲۶}{۶,۱۴۷}\right) = P(z \geq ۰/۲۵۵۶) = ۰/۴ = ٪۴۰$$



شبیه‌سازی[1]

شبیه‌سازی عبارت از وانمود کردن یا فرض کردن ظاهر چیزی، بدون داشتن شکل حقیقی آن است. در اقتصاد مهندسی، شبیه‌سازی برای وانمود کردن یک سیستم

1 - Simulation

حقیقی، به منظور مشاهده و کسب اطلاعات از ظاهر آن سیستم حقیقی بکار می‌رود. این خروج از واقعیت دارای مزایائی برای مشاهده بهتر یک سیستم حقیقی است. درواقع مشاهده را می‌توان ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر و با در نظر گرفتن کلیه عوامل انجام داد. امروزه استفاده از شبیه‌سازی بسرعت افزایش یافته و با دسترسی به کامپیوتر، تجزیه و تحلیلها با آگاهی و بصیرت بیشتر انجام می‌شود. شبیه‌سازی کامپیوتری یک راه موثر برای بیان روابط اقتصادی پیچیده می‌باشد که زحمت استفاده از روشهای سعی و خطا را کم کرده است. برای حل مسائلی که دارای مدلهای قابل حل نیستند (مانند مدلهای غیرخطی یا مدلهای کنترل موجودی که همزمان سفارش و هم نرخ تقاضا متغیر است) می‌توان آنها را با استفاده از تکنیکهای شبیه‌سازی حل و اثر عددی طرحهای مختلف را بررسی نمود. باید توجه داشت که شبیه‌سازی همیشه نمی‌تواند بهینه بودن جواب را تضمین نماید.

شبیه‌سازی مونت‌کارلو[1]

مونت‌کارلو نام معروفی برای تکنیک شبیه‌سازی است که از تولید اعداد تصادفی برای انتخاب رویدادهای معین، با توجه به توزیع احتمالی وقوع آن رویداد استفاده می‌کند. برای تولید اعداد تصادفی می‌توان از سکه، تاس، چرخ گردان و غیره استفاده کرد. رایج‌ترین نوع، جدول اعداد تصادفی است که در آن اعداد بطور تصادفی و بدون ترتیب و الگوی خاص توزیع شده‌اند. الگوریتم‌های تولید اعداد تصادفی در کلیه میکروکامپیوترها نیز موجود است. نمونه‌ای از این جدول در زیر مشاهده می‌شود:

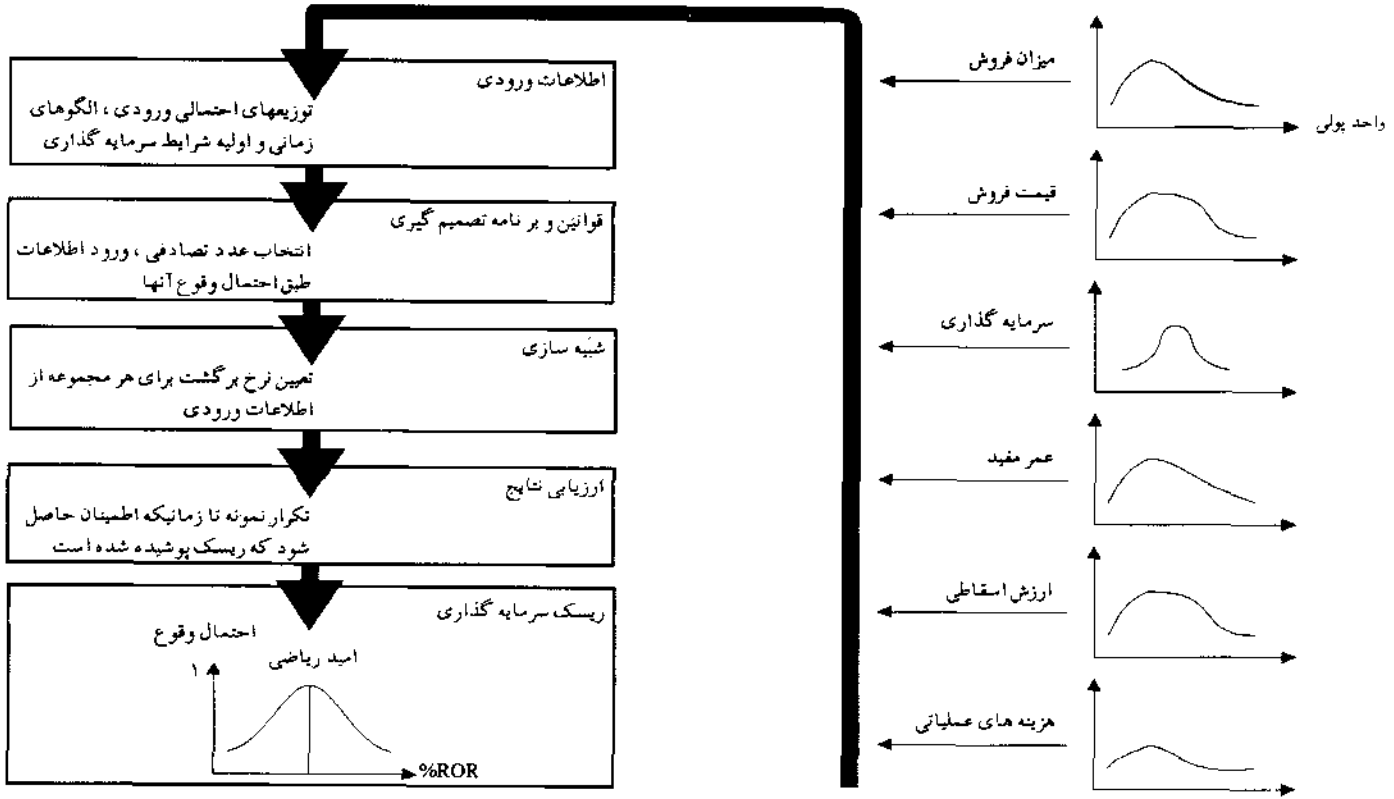
1 - Monte Carlo

۱۸,۷۵۲	۴۳,۶۹۳	۰۳,۷۹۶	۳۹,۶۱۰	۲۲,۶۶۱	۵۳,۰۱۷	۳۲,۸۶۷
۶۱,۶۹۱	۰۴,۹۴۴	۶۶,۰۴۸	۶۵,۵۸۹	۸۲,۳۱۹	۲۸,۳۲۵	۴۳,۱۱۱
۴۹,۱۹۷	۶۳,۹۴۸	۶۰,۶۰۷	۳۹,۸۴۳	۷۰,۶۶۷	۶۰,۲۰۷	۳۸,۹۴۷
۱۹,۴۳۶	۸۷,۲۹۱	۹۵,۷۱۴	۹۳,۴۵۶	۷۶,۵۰۱	۷۴,۸۵۹	۷۱,۶۸۴
۶۴,۸۹۳	۳۹,۱۴۳	۶۹,۸۱۷	۶۸,۳۰۱	۰۹,۶۲۱	۱۳,۵۴۳	۱۵,۶۰۶
۵۲,۳۶۰	۴۰,۱۳۱	۹۷,۹۹۹	۲۳,۷۰۸	۴۲,۸۷۸	۵۶,۱۵۵	۵۵,۸۴۷
۶۸,۶۲۳	۵۶,۹۶۶	۳۷,۵۸۴	۲۵,۹۹۱	۰۷,۸۲۶	۹۵,۹۷۰	۹۴,۰۹۵
۳۰,۱۲۲	۸۸,۹۷۶	۰۷,۵۱۱	۴۴,۰۹۷	۲,۵۲۱	۶۹,۴۶۹	۱۱,۷۵۱
۳۲,۱۳۱	۶۱,۹۰۲	۶۴,۹۸۹	۱۱,۷۵۸	۲۷,۸۲۱	۰۸,۹۹۵	۶۹,۹۰۲

جدول ۷ـ۱۶ نمونه‌ای از جدول اعداد تصادفی

شبیه‌سازی فرآیند مالی

نظر به اینکه توزیع بیشتر مولفه‌های فرآیند مالی قابل پیش‌بینی است و با توجه به تکرار بسیار زیاد محاسبات، می‌توان برای شبیه‌سازی فرآیند مالی از کامپیوتر استفاده کرد. در شکل (۷ـ۱۶) طریقه کلی شبیه‌سازی نرخ بازگشت سرمایه یک پروژه نشان داده شده است.



شکل (۷-۱۶)

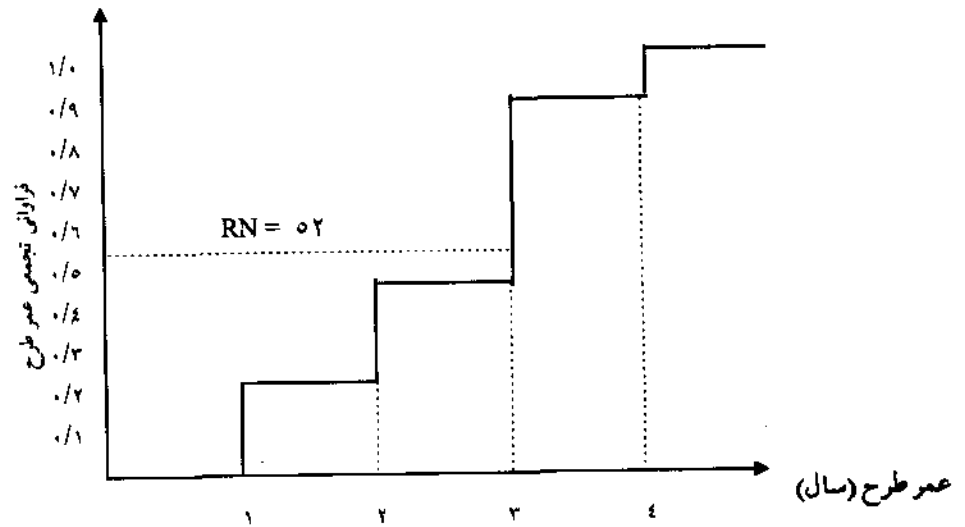
فلوچارت شبیه سازی ، جهت ارزیابی سرمایه گذاری در معرض ریسک

اطلاعات ورودی همان عوامل فرآیند مالی هستند که توزیع آنهاباید مشخص باشد و با تولید اعداد تصادفی می‌توان مقادیر کمی برای متغیرهای ورودی در هر بار راندن[1] ایجاد نمود. سپس مطابق روابط موجود در برنامه کامپیوتری، ورودیهای شبیه‌سازی شده با سایر فاکتورهای معلوم، ترکیب شده نتیجه آن بار راندن را تشکیل می‌دهد. خروجی می‌تواند NPW ، ROR یا معیارهائی مانند عمر مفید (N) باشد. بعد از اینکه به تعداد کافی راندن انجام شد، و امید ریاضی و واریانس نتایج تعیین می‌گردد.

در شکل (۸-۱۶) اطلاعات ورودی برای یک مثال نشان داده شده است. شکل (الف) مربوط به توزیع گسسته عمر پروژه است که در آن:

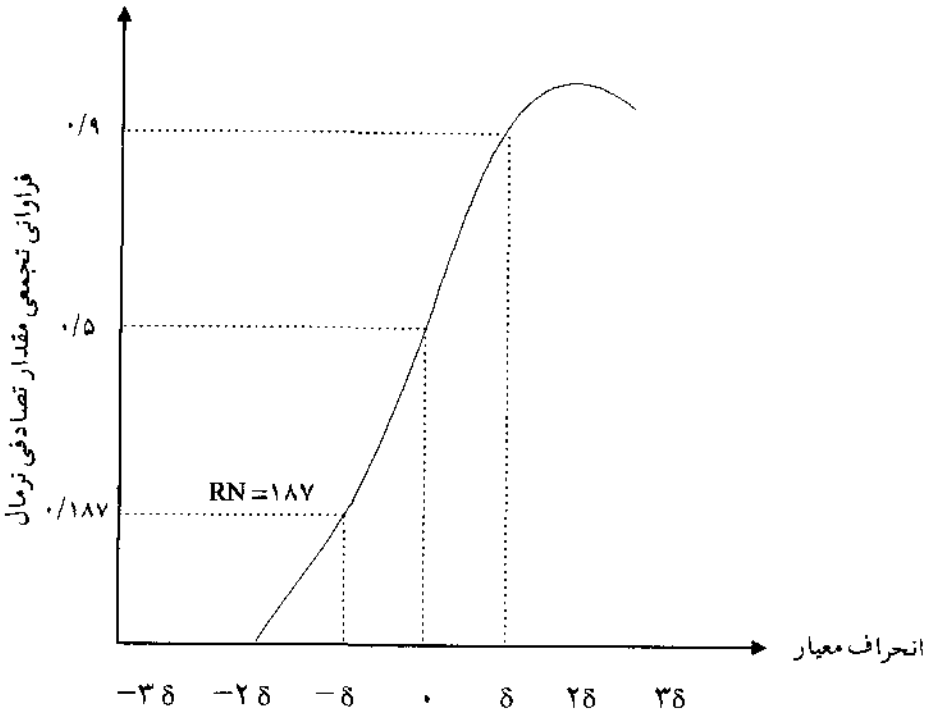
$P(N=۱) = ۰/۲$ ، $P(N=۲) = ۰/۳$ ، $P(N=۳) = ۰/۴$ ، $P(N=۴) = ۰/۱$.

شکل (ب) برای تولید متغیرهای تصادفی با توزیع نرمال است که در آن میانگین توزیع صفر و انحراف استاندارد برابر یک می‌باشد. در مثال (۱۸-۱۶) از این شکلها استفاده می‌شود:



(الف) توزیع گسسته

1 - run



شکل (۸–۱۶)

(ب) توزیع پیوسته

توزیعهای تجمعی نمونه برای شبیه سازی به طریقه دستی

(خط چین ها مربوط به مثال (۱۸–۱۶) است)

برای شبیه‌سازی کامپیوتری می‌توان از زبانهای کامپیوتری با مقاصد خاص مانند FORTRAN ، BASIC و PL/1 استفاده کرد. البته زبانهای ویژه شبیه‌سازی دیگری با کارآیی برنامه‌نویسی بیشتر وجود دارد که از مهمترین آنها می‌توان از GASP ، GPSS ، SIMSCRIPT و SLAM نام برد. در شبیه‌سازی باید مدل اصلی و منطق برنامه مورد رسیدگی قرار گیرد. بررسی، از فرضیات مدل در برابر هدف مطالعه آغاز می‌شود و تا ارزیابی خروجی در مقابل واقعیت ادامه می‌یابد. بدین‌منظور می‌توان متوسط خروجی را

روی محور افقی، در برابر تعداد راندن‌ها رسم کرد. خطا زمانی ناچیز است که خط متوسط خروجی‌ها تقریباً افقی باشد.

● مثال ۱۸ـ۱۶ـ هزینه اولیه یک طرح ساختمانی دارای میانگین ۲,۰۰۰,۰۰۰ واحد پولی و انحراف استاندارد ۵۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. با فرض اینکه توزیع هزینه‌ها نرمال و عمر پروژه بین ۱ تا ۴ سال (شکل ۸ـ۱۶ـالف) و قبل از مالیات MARR = ٪۲۰ و ارزش اسقاطی صفر باشد، هزینه یکنواخت سالیانه پروژه را با روش شبیه‌سازی دستی تعیین نمائید.

حل: با فرض اینکه هزینه‌ها و عمر پروژه از لحاظ آماری مستقل‌اند، هزینه یکنواخت سالیانه (EUAC) محاسبه می‌شود: EUAC = P (A/P ، ٪۲۰ ، n) هزینه اولیه (P) و عمر پروژه (n) در هر تکرار شبیه‌سازی می‌شوند. هزینه اولیه با استفاده از عدد تصادفی نرمال از (شکل ۸ـ۱۶ـب) تخمین زده می‌شود.

با جایگزین کردن مقادیر تولیدشده در معادله بالا، EUAC در هر تکرار محاسبه می‌شود. در جدول (۸ـ۱۶) ده تکرار مشاهده می‌شود. اعداد تصادفی برای (P) از سه رقم اول سمت راست ستون جدول اعداد تصادفی (جدول ۷ـ۱۶) گرفته شده است. دو رقم بعدی در هر عدد تصادفی در همان ستون برای تعیین عمر بکار رفته است. مثلاً در عدد تصادفی RN = ۱۸۷۵۲ سه رقم اول (۱۸۷) بعنوان ورودی در شکل (ب) بکار رفته و منتهی شده است به انحراف زمان استاندارد ۰/۸۹ – (با استفاده از جدول نرمال) و دو رقم بعدی این عدد تصادفی (۵۲) نشان‌دهندهٔ عمر ۳ سال است (همانطورکه در شکل ۸ـ۱۶ «الف» و «ب» دیده می‌شود). هزینه یکنواخت سالیانه برای تکرار نخست:

$$EUAC = [۲,۰۰۰,۰۰۰ - ۰/۸۹ (۵۰۰,۰۰۰)] (A/P ، ٪۲۰ ، ۳)$$
$$= ۱,۵۵۵,۰۰۰ (۰/۴۷۴۷۳) = ۷۳۸,۲۰۵$$

عمر پروژه				هزینه اولیه		
$EUAC=P(\frac{A}{P}\%,۲۰,n)$	(A/P,٪۲۰,n)	n	عدد تصادفی	P=۲,۰۰۰,۰۰۰+ z (۵۰۰,۰۰۰)	z	عدد تصادفی
۷۳۸,۲۰۵	۰/۴۷۴۷۳	۳	۵۲	۱,۵۵۵,۰۰۰	-۰/۸۹	۱۸۷
۸۳۰,۵۲۴	۰/۳۸۶۲۹	۴	۹۱	۲,۱۵۰,۰۰۰	۰/۳	۶۱۶
۷۶۸,۷۱۷	۰/۳۸۶۲۹	۴	۹۷	۱,۹۹۰,۰۰۰	-۰/۰۲	۴۹۱
۱,۰۲۷,۶۴۴	۰/۶۵۴۵۵	۲	۳۶	۱,۵۷۰,۰۰۰	-۰/۸۶	۱۹۴
۸۴۵,۹۷۵	۰/۳۸۶۲۹	۴	۹۳	۲,۱۹۰,۰۰۰	+۰/۳۸	۶۴۸
۱,۴۳۰,۱۹۲	۰/۶۵۴۵۵	۲	۲۲	۲,۱۸۵,۰۰۰	۰/۳۷	۶۴۲
۹۶۳,۷۰۲	۰/۴۷۴۷۳	۳	۶۰	۲,۰۳۰,۰۰۰	۰/۰۶	۵۲۳
۱,۴۶۹,۴۶۵	۰/۶۵۴۵۵	۲	۲۳	۲,۲۴۵,۰۰۰	-۰/۴۹	۶۸۶
۱,۱۳۸,۹۱۷	۰/۶۵۴۵۵	۲	۲۲	۱,۷۴۰,۰۰۰	-۰/۵۲	۳۰۱
۱,۱۵۵,۲۸۱	۰/۶۵۴۵۵	۲	۳۱	۱,۷۶۵,۰۰۰	-۰/۴۷	۳۲۱
۱۰,۳۶۸,۶۲۲						

جدول ۸-۱۶ تعداد ۱۰ تکرار شبیه‌سازی هزینه اولیه و عمر جهت تعیین هزینه یکنواخت سالیانه پروژه

تخمین EUAC براساس ۱۰ بار تکرار (که بسیار محدود است)، متوسط مقدار نتایج است:

$$\frac{۱۰,۳۶۸,۶۲۲}{۱۰} = ۱,۰۳۶,۸۶۲$$

بدیهی است که اگر به جای ۱۰ بار، ۱۰۰ بار یا ۱,۰۰۰ بار تکرار صورت گیرد و محاسبات توسط کامپیوتر انجام شود، نتیجه بهتری بدست خواهد آمد.

سابروتین‌های تولید اعداد و متغیرهای تصادفی

باید متذکر شد که سابروتین‌های متعددی جهت تولید اعداد و متغیرهای تصادفی

موجود است. معمولاً در کامپیوترهای مختلف، از جمله میکروکامپیوترها، با پانچ جمله R = RND(R) می‌توان به عدد تصادفی (R) دست یافت. سابروتین‌های مختلف متغیرهای تصادفی نیز در اغلب کتابهای شبیه‌سازی موجود است.

الف: در مورد چند توزیع پیوسته

سابروتین‌های تولید متغیر تصادفی چند توزیع پیوسته (متصل) به صورت زیر است:

۱ـ توزیع یکنواخت[1]:

```
1. SUBROUTINE UNIFRM (A,B,X)
2. R = RND (R)
3. X = A + (B-A)* R
4. RETURN
```

۲ـ توزیع نمائی[2]:

```
1. SUBROUTINE EXPENT (EX,X)
2. R = RND (R)
3. X = –EX* LOG (R)
4. RETURN
```

۳ـ توزیع گاما[3]:

```
1. SUBROUTINE GAMMA (K,A,X)
2. TR = 1.0
3. DO 5      I = 1,K
4. R = RND (R)
5. TR = TR* R
6. X = –LOG (TR) A
7. RETURN
```

1 - Uniform Distribution
2 - Exponential
3 - Gamma

۴ـ توزیع نرمال[1]:

```
1. SUBROUTINE NORMAL (EV,STD,X)
2. SUM = 0.0
3. DO 5      I = 1,12
4. R = RND (R)
5. SUM = SUM + R
6. X = STD * (SUM – 6.0) + EV
7. RETURN
```

ب: در مورد چند توزیع گسسته

سابروتین‌های زیر، متغیر تصادفی چند توزیع گسسته (منفصل) را تولید می‌نماید:

۱ـ توزیع پاسکال[2]:

```
1. SUBROUTINE PASCAL (K,Q,X)
2. TR = 1.0
3. QR = LOG (Q)
4. DO 6      I = 1,K
5. R = RND (R)
6. TR = TR* R
7. NX = LOG (TR) / QR
8. X = NX
9. RETURN
```

۲ـ توزیع دو جمله‌ای[3]:

```
1. SUBROUTINE BINOM (N,P,X)
2. X = 0.0
3. DO 7      I = 1,N
```

1 - Normal
2 - Pascal
3 - Binomial

```
4. R = RND (R)
5. IF (R – P) 6,6,7
6. X = X + 1.0
7. CONTINUE
8. RETURN
```

۳ـ توزیع فوق هندسی[1]:

```
1. SUBROUTINE HYPGEO (TN,NS,P,X)
2. X = 0.0
3. DO 11      I = 1,NS
4. R = RND (R)
5. IF (R – P) 6,6,9
6. S = 1.0
7. X = X + 1.0
8. GO TO 10
9. S = 0.0
10. P = (TN*P – S) / (TN – 1.0)
11. TN = TN – 1.0
12. RETURN
```

۴ـ توزیع پواسون[2]:

```
1. SUBROUTINE POISSON (P,X)
2. X = 0.0
3. B = EXP (P)
4. TR = 1.0
5. R = RND (R)
```

1 - Hyper Geometric

2 - Poisson

6. TR = TR* R

7. IF (TR – B) 10,8,8

8. X = X + 1.0

9. GO TO 5

10. RETURN

مثال زیر شبیه مثال قبل است، با این تفاوت که درآمد سالیانه از توزیع یکنواخت پیروی می‌کند.

● مثال ۱۹-۱۶- هزینه اولیه اکتشاف معدنی طبق توزیع نرمال با میانگین ۲,۰۰۰,۰۰۰ واحد پولی و انحراف استاندارد ۵۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. عمر این معدن با احتمالات ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۱ و ۰/۱ به ترتیب ۱، ۲، ۳ و ۴ سال و درآمد سالیانه این معدن از توزیع یکنواخت در فاصله (۱,۸۰۰,۰۰۰ ـ ۱,۶۰۰,۰۰۰) تبعیت می‌کند. آیا اجرای این پروژه اقتصادی است؟ MARR = ٪۲۰

حل: با استفاده از سابروین‌های نرمال و یکنواخت متغیرهای تصادفی هزینه اولیه و درآمد سالیانه محاسبه شده است. محاسبه عمر پروژه نیز با استفاده از تولید اعداد تصادفی حاصل شده است. لیست برنامه کامپیوتری در زیر آمده است. این مساله برای ۲۰ بار حل و نتایج در جدولی شامل N، EUAB، EUAC و NEUA که به ترتیب عمر مفید، درآمد یکنواخت سالیانه، هزینه یکنواخت سالیانه و خالص یکنواخت سالیانه هستند، مشخص گردیده است. همانطور که مشاهده می‌شود میانگین خالص یکنواخت سالیانه برابر با ۵۱۹۳۲۰/۰۰۵ شده است:

```
10 PRINT" N          EUAB          EUAC          NEUA
20 PRINT"
30 FOR FOR K=1 TO 20
40 I = .2
50 A=1600000 : B=1800000
60 EX=2000000 : VX=500000
70 GOSUB 200
80 GOSUB 270
90 GOSUB 310
100 X=I* (1+I) ↑ N
110 Y=-1+(1+I) ↑ N
120 E2UC=P* (X/Y)
130 NAU=E1UB-E2UC
140 PRINTNTAB (1) E1UBTAB (2) E2UCTAB (2) NAU
150 PRINT
160 SUM=SUM+NAU
170 NEXT K
175 PRINT"
180 MEAN=SUM/20
190 PRINT"MEAN="MEAN
195 END
200 R1=RNE (1)
210 IF R1 < .2 THEN N=1 : RETURN
220 IF R1 < .5 THEN N=2 : RETURN
230 IF R1 < .9 THEN N=3 : RETURN
240 N=4
250 RETURN
270 R2=RND (2)
280 E1UB=A+(B-A)*R2
290 RETURN
310 R=0
320 FOR J=1 TO 12
330 R=R+RND (1)
340 NEXT J
350 P=VX* (R-6)+EX
360 RETURN
```

N	EUAB	EUAC	NEUA
2	1719852.63	1050891.85	668960.787
3	1618896.76	402804.659	1216092.1
3	1697590.96	783547.101	914043.857
2	1763010.93	1404102.6	358908.325
1	1740116.79	256952	-82835,207
1	1620111.29	2356624.68	-736513.421
2	1677171.84	1215461.44	461710.407
3	1782264.03	633920.535	1148343.49
2	1758770.33	764339.84	994430.489
2	1639208.38	1150954.58	488253.793
3	1782237.91	965467.42	816770.487
3	1764004.98	1172894.98	591110.004
3	1672430.43	823595.961	84883.467
2	1721816.67	1009721.88	712094.784
2	1619027.36	1438779.98	180247.38
2	1690137.45	1585516.1	104621.354
3	1607034.62	1298043.71	308990.912
3	1601476.8	895422.746	706054.053
4	1794240.39	376410.995	1417829.39
2	1627943.09	1619490.45	8452.64209

MEAN = 519320.005

مسائل فصل شانزدهم:

● ۱-۱۶- شرکتی تولید دو محصول را بررسی می‌کند. سرمایه لازم برای تولید هر محصول ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. پیش‌بینی می‌شود که درآمد خالص سالیانه برای مدت ۴ سال ۴۳,۰۰۰ واحد پولی برای محصول اول و ۵۰,۰۰۰ واحد پولی برای محصول دوم باشد. به دلیل وجود بازار قابل تسخیر، ریسک کمتری برای محصول نوع اول وجود دارد و مدیریت، تصمیم گرفته است که طرح تولید محصول دوم را با نرخ جذب‌کننده ۸٪ بیشتر از نرخ معمول ۱۰٪ از لحاظ ریسک ارزیابی نماید. این تصمیم چه تاثیری بر تجزیه و تحلیل اقتصادی خواهد داشت؟

● ۲-۱۶- شرکتی راههای ممکن برای توسعهٔ محصول جدید خود را بررسی می‌کند. شرکت می‌تواند وسایل خود را افزایش دهد یا بهره‌دهی وسایل موجود را بیشتر کند. انتخاب به پیش‌بینی روند آتی بازار بستگی دارد. بهترین تخمین احتمالی تقاضای آینده ۰/۱ برای تنزل از فروشهای رایج، ۰/۳ برای ثابت ماندن و ۰/۶ برای افزایش سریع می‌باشد. اگر وسایل جدیدی خریداری گردد، باید قبل از اقدام رقبا، بتواند تقاضاهای جدید را بدست آورد. اما اگر تقاضا افزایش یا کاهش نشان دهد، شرکت از ظرفیت استفاده نشده، زیان می‌بیند. طرح محافظه‌کارانه، افزایش بهره‌دهی وسایل موجود از نرخ ۸۵ درصد فعلی به ۱۰۰ درصد می‌باشد. اما راهی باری کسب سطوح بیشتر تقاضای بالقوه با ظرفیت تولیدی موجود نیست. مقادیر یکنواخت سالیانه پیش‌بینی شده هر طرح با توجه به سطوح تقاضای آینده، در جدول پرداخت زیر داده شده است:

طرح	کاهش (P = ۰/۱)	ثابت (P = ۰/۳)	افزایش (P = ۰/۶)
افزودن وسایل جدید	−۱,۸۰۰,۰۰۰	−۵۰,۰۰۰	۹۰۰,۰۰۰
افزودن بهره‌دهی	−۱۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۴۰۰,۰۰۰

الف) امید ریاضی هر دو طرح را محاسبه کنید.
ب) سایر عوامل موثر بر تصمیم‌گیری کدامند؟

● ۳-۱۶- شرکتی اقتصادی‌ترین طول مدت انجام پروژه‌ای را بررسی می‌کند. اطلاعات اولیه داده شده و آنالیز مسیر بحرانی (Critical Path) مشخص کرده است که سه طرح مختلف وجود دارد. اگر پروژه ۴ ماه بطول انجامد هزینه اصلی پروژه ۸۰,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. اگر ۵ ماه طول بکشد ۲۰,۰۰۰ واحد پولی صرفه‌جوئی خواهد داشت و اگر در کمتر از ۳ ماه تمام شود، ۴۰,۰۰۰ واحد پولی هزینه اضافی در بردارد. مخارج حمل و نقل به مبلغ ۱۰,۰۰۰ واحد پولی پیش‌بینی خواهد شد. اگر، پروژه در ۳ ماه انجام شود و مخارج اضافی حمل و نقل مبلغ ۱۵,۰۰۰ واحد پولی برای حالتی که ۵ ماه بطول انجامد، می‌باشد. نظر به اینکه پروژه در هوای نامساعد انجام خواهد شد، مخارج اضافی شرایط آب و هوائی باید در نظر گرفته شود. گزارشات ادارهٔ هواشناسی نشان دهد که احتمال بارش ملایم و بارش شدید باران و باد به ترتیب ۰/۳ ، ۰/۵ و ۰/۲ هستند.

هزینه‌های مربوط به این شرایط در جدول زیر داده شده است. پروژه چه مدتی بطول انجامد تا هزینه کل مورد انتظار حداقل باشد؟

شرایط آب و هوایی	۳ ماه	۴ ماه	۵ ماه
باران ملایم	۱۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۵,۰۰۰
بارش شدید	۱۰,۰۰۰	۴۰,۰۰۰	۶۰,۰۰۰
باد و باران	۱۵,۰۰۰	۵۵,۰۰۰	۶۵,۰۰۰

● ۴-۱۶- روشهای مختلفی برای اصلاح جوشهای معیوب وجود دارد. شرکتی چند روش را مطالعه می‌کند. روش ۱ دارای هزینه ۵ واحد پولی برای هر بازرسی است و در ۸۰ درصد اوقات معایب را آشکار می‌سازد. روش ۲ دارای هزینه ۲۰ واحد پولی برای

هر آزمایش می‌باشد ولی همیشه معایب جوش را مشخص می‌کند. اگر یک جوش معیوب کشف نشود، هزینه پیش‌بینی شده که شرکت متحمل خواهد شد، ۳۰۰ واحد پولی برای تعویض و سایر مخارج مربوطه می‌باشد. احتمال وجود جوش معیوب ۵٪ است. با استفاده از معیار امید ریاضی، تعیین کنید آیا روش ۱ بهتر است یا روش ۲ و یا اینکه، شرکت هیچیک از روشهای بازرسی را بکار نبرد؟

● ۱۶-۵- سه طرح ناسازگار زیر را در نظر بگیرید:

الف - با معیار محتملترین شرایط آینده کدام طرح بهتر است؟

ب - با معیار امید ریاضی کدام طرح انتخاب می‌شود؟

ج - اگر سطح مورد انتظار ۱۰ درصد باشد، کدام طرح بهتر است؟ چرا؟

	نرخ بازگشت سرمایه			
طرح	٪۵-	٪۰	٪۱۰	٪۲۰
A	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۴
B	—	۰/۳	۰/۵	۰/۲
C	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۴	۰/۳

● ۱۶-۶- جدول پرداخت زیر (برحسب هزار واحد پولی) برای سه طرح سرمایه‌گذاری با اندازه و طول یکسان را در نظر بگیرید، کدام اقتصادی‌تر است؟ چرا؟

طرح	ترقی (P = ۰/۳)	ثابت (P = ۰/۵)	تنزل (P = ۰/۲)
A	۱,۰۰۰	۲۰۰	-۵۰۰
B	۳۰۰	۴۰۰	—
C	۴۰۰	۶۰۰	-۳۰۰

● ۷-۱۶ـ شرکتی دو محصول I و II را تولید می‌کند. این شرکت صرفه‌جوئی در هزینه‌ها را تحت بررسی دارد. نرخ بازگشت کسب شده توسط سرمایه‌گذاری در پروژه به بهره‌دهی فرآیند بستگی دارد که خود به شرایط بازار و فروش دو محصول بستگی خواهد داشت. سه حالت پیش‌بینی شده است: خوب با ٪۲۰ = ROR ، متوسط با ٪۱۰ = ROR و بد با ٪۵ − = ROR . نظر به اینکه دو محصول داریم، حداکثر نرخ بازگشت ممکن تحت شرایط خوب ٪۴۰ = ٪۲۰ + ٪۲۰ است. احتمال هر مورد برای دو محصول داده شده سات. امید ریاضی پروژه صرفه‌جوئی هزینه چیست؟

محصول	خوب	متوسط	بد
I	۰/۲	۰/۷	۰/۱
II	۰/۴	۰/۳	۰/۳

● ۸-۱۶ـ هزینه اولیه طرحی ۵۰۰,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی آن صفر است. ٪۱۰ = MARR و عمر پروژه با احتمال ٪۳۰ برابر ۴ سال و ٪۴۰ برابر ۶ سال و به احتمال ٪۳۰ برابر ۸ سال است. درآمد سالیانه بعد از مالیات با احتمال ٪۲۰ برابر ۲۰۰,۰۰۰ واحد پولی، با احتمال ٪۴۰ برابر ۲۵۰,۰۰۰ واحد پولی و به احتمال ۴۰ درصد برابر ۲۸۰,۰۰۰ واحد پولی در سال است. آیا این طرح اقتصادی است؟

● ۹-۱۶ـ هزینه اولیه یک ماشین ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی است. انحراف استاندارد لوازم اضافی و حفاظتی ۱۰,۰۰۰ واحد پولی است. پراکندگی طبق توزیع نرمال فرض می‌شود. هزینه‌های سالیانه دیگر به ترتیب زیر است:

الف ـ میانگین هزینه نگهداری ۴,۰۰۰ واحد پولی و انحراف استاندارد ۷۰۰ واحد پولی، طبق توزیع نرمال

ب ـ تعداد خرابیها در سال، میانگین ۱۰ بار، طبق توزیع پواسون

ج ـ هزینه هر بار خرابی، میانگین ۹۰۰ و انحراف استاندارد ۲۰۰ طبق تابع نرمال

د ـ هزینه‌های مستقیم اپراتور بین ۴,۰۰۰ و ۷,۰۰۰ واحد پولی در سال، طبق تابع یکنواخت است.

اگر عمر مفید N = ۵ و MARR = ٪۱۰ فرض شوند، درآمد یکنواخت سالیانه چقدر باید باشد تا خرید این ماشین اقتصادی گردد؟

ضمیمه یک:
جدول فاکتورها

ضمیمه دو:
جدول نرمال

DATE DUE

1. M. Mehd... ...jad, Aspects of Engineering Economy studies under inflation, Ph. D, Dissertation research, Mississippi State University, 1982

2. M. Mehdi Oskounejad, An Investigation of the effects of depreciation methods on pricing policy during inflation, Thesis Research, Mississippi State University, 1979

3. M. Wayne parker / M. Mehdi Oskounejad, An Investigation of the effects of depreciation methods on pricing policy during inflation, Proceedings 1981 spring annual conference and world productivity congrees, Detroit Michigan , AIIE, 1981

4. John A. White / Marving H. Agee/ Kenneth E. Case, Principles of Engineering Economic Analysis, John Wiley, 1984

5. Leland Blank / Anthony Tarquin, Engineering Economy, second edition, Mc Graw - Hill, 1983

6. Frederic C. Jelen / James H. Black, Cost and Optimization Engineering, Mc Graw - Hill, 1983

7. Donald G. Newnan, Engineering Economic Analysis, revised edition, Engineering Press, 1977

8. Eugene L. Grant / W. G. Ireson / R. S. Lavenworth, Principles of Engineering Economy, sixth edition, John Wilny, 1976

9. Gerald A. Fleischer, Risk and uncertainly: Non deterministic decision making in Engineering Economy, Institute of Industrial Engineering, 1975

10. Lynn E. Bussey, The Economic Analysis of Industrial of Industrial Projects, Prentice - Hall, 1978

11. James L. Riggs, Engineering Economics, Mc Graw Hill, 1982

12. Smith, G. W., Engineering Economy: Analysis of Capital Expenditures, The Iowa state Univ. Press 1983

۱۳ـ جزوات اقتصاد مهندسی منتشره توسط دانشکده‌های صنایع دانشگاههای صنعتی امیرکبیر و صنعتی شریف

کتابخانه مرکزی امور پرسنل عالی
رجاء

ضمیمه

کتاب اقتصاد مهندسی
یا ارزیابی پروژه‌های صنعتی

تالیف: دکتر محمدمهدی اسکونژاد

ضمیمه A :

جدول فاکتورها

TABLE A-1

0.25% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0025	0.9975	1.00017	0.9998	1.00267	0.9973	1
2	1.0050	0.9950	0.49951	2.0020	0.50201	1.9920	2
3	1.0075	0.9925	0.33259	3.0067	0.33509	2.9843	3
4	1.0100	0.9901	0.24912	4.0142	0.25162	3.9743	4
5	1.0126	0.9876	0.19905	5.0240	0.20155	4.9616	5
6	1.0151	0.9851	0.16566	6.0364	0.16816	5.9466	6
7	1.0176	0.9827	0.14181	7.0515	0.14431	6.9293	7
8	1.0202	0.9802	0.12393	8.0688	0.12643	7.9093	8
9	1.0227	0.9778	0.11002	9.0889	0.11252	8.8870	9
10	1.0253	0.9753	0.09890	10.1112	0.10140	9.8619	10
11	1.0278	0.9729	0.08979	11.1366	0.09229	10.8350	11
12	1.0304	0.9705	0.08221	12.1643	0.08471	11.8053	12
13	1.0330	0.9681	0.07579	13.1943	0.07829	12.7730	13
14	1.0356	0.9657	0.07029	14.2273	0.07279	13.7386	14
15	1.0382	0.9632	0.06552	15.2626	0.06802	14.7017	15
16	1.0408	0.9608	0.06135	16.3006	0.06385	15.6623	16
17	1.0434	0.9584	0.05767	17.3412	0.06017	16.6207	17
18	1.0460	0.9561	0.05439	18.3842	0.05689	17.5763	18
19	1.0486	0.9537	0.05147	19.4301	0.05397	18.5300	19
20	1.0512	0.9513	0.04883	20.4784	0.05133	19.4811	20
22	1.0565	0.9466	0.04428	22.5830	0.04678	21.3762	22
24	1.0617	0.9418	0.04049	24.6982	0.04299	23.2619	24
25	1.0644	0.9395	0.03882	25.7599	0.04132	24.2013	25
26	1.0671	0.9372	0.03728	26.8242	0.03978	25.1384	26
28	1.0724	0.9325	0.03453	28.9604	0.03703	27.0052	28
30	1.0778	0.9278	0.03215	31.1077	0.03465	28.8630	30
32	1.0832	0.9232	0.03006	33.2657	0.03256	30.7116	32
34	1.0886	0.9186	0.02822	35.4343	0.03072	32.5508	34
35	1.0913	0.9163	0.02738	36.5227	0.02988	33.4665	35
36	1.0940	0.9140	0.02659	37.6137	0.02909	34.3807	36
38	1.0995	0.9095	0.02512	39.8041	0.02762	36.2016	38
40	1.1050	0.9050	0.02381	42.0055	0.02631	38.0136	40
45	1.1189	0.8937	0.02103	47.5574	0.02353	42.5040	45
50	1.1329	0.8827	0.01880	53.1792	0.02130	46.9388	50
55	1.1472	0.8717	0.01699	58.8711	0.01949	51.3182	55
60	1.1616	0.8609	0.01547	64.6347	0.01797	55.6434	60
65	1.1762	0.8502	0.01419	70.4708	0.01669	59.9151	65
70	1.1910	0.8397	0.01309	76.3801	0.01559	64.1338	70
75	1.2059	0.8292	0.01214	82.3639	0.01464	68.3002	75
80	1.2211	0.8190	0.01131	88.4228	0.01381	72.4149	80
85	1.2364	0.8088	0.01058	94.5576	0.01308	76.4785	85
90	1.2519	0.7988	0.00992	100.7694	0.01242	80.4917	90
95	1.2676	0.7889	0.00934	107.0595	0.01184	84.4552	95
100	1.2836	0.7791	0.00882	113.4281	0.01132	88.3692	100

TABLE A-2

0.50% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0050	0.9950	1.00017	0.9998	1.00517	0.9949	1
2	1.0100	0.9901	0.49885	2.0046	0.50385	1.9847	2
3	1.0151	0.9852	0.33174	3.0144	0.33674	2.9696	3
4	1.0201	0.9803	0.24818	4.0293	0.25318	3.9497	4
5	1.0252	0.9754	0.19805	5.0493	0.20305	4.9250	5
6	1.0304	0.9705	0.16463	6.0743	0.16963	5.8953	6
7	1.0355	0.9657	0.14076	7.1045	0.14576	6.8608	7
8	1.0407	0.9609	0.12285	8.1400	0.12785	7.8217	8
9	1.0459	0.9561	0.10893	9.1805	0.11393	8.7775	9
10	1.0511	0.9514	0.09779	10.2263	0.10279	9.7288	10
11	1.0564	0.9466	0.08867	11.2772	0.09367	10.6753	11
12	1.0617	0.9419	0.08108	12.3333	0.08608	11.6169	12
13	1.0670	0.9372	0.07466	13.3947	0.07966	12.5540	13
14	1.0723	0.9326	0.06915	14.4617	0.07415	13.4865	14
15	1.0777	0.9279	0.06438	15.5338	0.06938	14.4143	15
16	1.0831	0.9233	0.06020	16.6113	0.06520	15.3374	16
17	1.0885	0.9187	0.05652	17.6941	0.06152	16.2559	17
18	1.0939	0.9142	0.05324	18.7824	0.05824	17.1700	18
19	1.0994	0.9096	0.05031	19.8761	0.05531	18.0794	19
20	1.1049	0.9051	0.04768	20.9753	0.05268	18.9843	20
22	1.1160	0.8961	0.04312	23.1903	0.04812	20.7837	22
24	1.1271	0.8872	0.03933	25.4274	0.04433	22.5593	24
25	1.1328	0.8828	0.03766	26.5543	0.04266	23.4419	25
26	1.1384	0.8784	0.03612	27.6869	0.04112	24.3201	26
28	1.1498	0.8697	0.03337	29.9690	0.03837	26.0635	28
30	1.1614	0.8611	0.03098	32.2741	0.03598	27.7896	30
32	1.1730	0.8525	0.02890	34.6022	0.03390	29.4986	32
34	1.1848	0.8440	0.02706	36.9537	0.03206	31.1907	34
35	1.1907	0.8398	0.02622	38.1384	0.03122	32.0305	35
36	1.1966	0.8357	0.02543	39.3288	0.03043	32.8659	36
38	1.2086	0.8274	0.02396	41.7276	0.02896	34.5245	38
40	1.2208	0.8192	0.02265	44.1595	0.02765	36.1667	40
45	1.2516	0.7990	0.01987	50.3147	0.02487	40.2012	45
50	1.2832	0.7793	0.01766	56.6344	0.02266	44.1362	50
55	1.3156	0.7601	0.01584	63.1136	0.02084	47.9744	55
60	1.3488	0.7414	0.01434	69.7565	0.01934	51.7182	60
65	1.3828	0.7232	0.01306	76.5669	0.01806	55.3696	65
70	1.4177	0.7053	0.01197	83.5495	0.01697	58.9312	70
75	1.4535	0.6880	0.01102	90.7082	0.01602	62.4050	75
80	1.4902	0.6710	0.01020	98.0477	0.01520	65.7933	80
85	1.5279	0.6545	0.00947	105.5726	0.01447	69.0982	85
90	1.5664	0.6384	0.00883	113.2874	0.01383	72.3217	90
95	1.6060	0.6227	0.00825	121.1970	0.01325	75.4659	95
100	1.6465	0.6073	0.00773	129.3061	0.01273	78.5325	100

TABLE A-3

0.75% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0075	0.9926	1.00004	1.0000	1.00754	0.9925	1
2	1.0151	0.9852	0.49818	2.0073	0.50568	1.9775	2
3	1.0227	0.9778	0.33086	3.0224	0.33836	2.9554	3
4	1.0303	0.9706	0.24722	4.0450	0.25472	3.9259	4
5	1.0381	0.9633	0.19703	5.0753	0.20453	4.8892	5
6	1.0458	0.9562	0.16358	6.1133	0.17108	5.8453	6
7	1.0537	0.9490	0.13968	7.1592	0.14718	6.7944	7
8	1.0616	0.9420	0.12176	8.2128	0.12926	7.7363	8
9	1.0696	0.9350	0.10782	9.2743	0.11532	8.6712	9
10	1.0776	0.9280	0.09668	10.3438	0.10418	9.5991	10
11	1.0857	0.9211	0.08756	11.4213	0.09506	10.5202	11
12	1.0938	0.9142	0.07996	12.5070	0.08746	11.4344	12
13	1.1020	0.9074	0.07353	13.6008	0.08103	12.3419	13
14	1.1103	0.9007	0.06801	14.7027	0.07551	13.2425	14
15	1.1186	0.8940	0.06324	15.8130	0.07074	14.1364	15
16	1.1270	0.8873	0.05906	16.9315	0.06656	15.0237	16
17	1.1354	0.8807	0.05538	18.0584	0.06288	15.9044	17
18	1.1440	0.8742	0.05210	19.1938	0.05960	16.7785	18
19	1.1525	0.8677	0.04917	20.3377	0.05667	17.6461	19
20	1.1612	0.8612	0.04653	21.4902	0.05403	18.5073	20
22	1.1787	0.8484	0.04198	23.8211	0.04948	20.2104	22
24	1.1964	0.8358	0.03819	26.1873	0.04569	21.8883	24
25	1.2054	0.8296	0.03652	27.3836	0.04402	22.7178	25
26	1.2144	0.8234	0.03498	28.5890	0.04248	23.5413	26
28	1.2327	0.8112	0.03223	31.0267	0.03973	25.1697	28
30	1.2513	0.7992	0.02985	33.5013	0.03735	26.7741	30
32	1.2701	0.7873	0.02777	36.0132	0.03527	28.3546	32
34	1.2892	0.7757	0.02593	38.5628	0.03343	29.9117	34
35	1.2989	0.7699	0.02509	39.8519	0.03259	30.6815	35
36	1.3086	0.7642	0.02430	41.1508	0.03180	31.4457	36
38	1.3283	0.7528	0.02284	43.7777	0.03034	32.9569	38
40	1.3483	0.7417	0.02153	46.4442	0.02903	34.4457	40
45	1.3997	0.7145	0.01877	53.2875	0.02627	38.0719	45
50	1.4529	0.6883	0.01656	60.3913	0.02406	41.5650	50
55	1.5082	0.6630	0.01476	67.7655	0.02226	44.9301	55
60	1.5657	0.6387	0.01326	75.4203	0.02076	48.1718	60
65	1.6252	0.6153	0.01200	83.3666	0.01950	51.2946	65
70	1.6871	0.5927	0.01092	91.6153	0.01842	54.3030	70
75	1.7513	0.5710	0.00998	100.1779	0.01748	57.2009	75
80	1.8180	0.5501	0.00917	109.0667	0.01667	59.9927	80
85	1.8872	0.5299	0.00845	118.2937	0.01595	62.6821	85
90	1.9590	0.5105	0.00782	127.8719	0.01532	65.2728	90
95	2.0336	0.4917	0.00726	137.8147	0.01476	67.7685	95
100	2.1110	0.4737	0.00675	148.1360	0.01425	70.1727	100

TABLE A-4

1.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0100	0.9901	1.00007	0.9999	1.01007	0.9900	1
2	1.0201	0.9803	0.49757	2.0098	0.50757	1.9702	2
3	1.0303	0.9706	0.33005	3.0298	0.34005	2.9407	3
4	1.0406	0.9610	0.24630	4.0601	0.25630	3.9017	4
5	1.0510	0.9515	0.19606	5.1005	0.20606	4.8530	5
6	1.0615	0.9420	0.16256	6.1515	0.17256	5.7950	6
7	1.0721	0.9327	0.13864	7.2129	0.14864	6.7277	7
8	1.0829	0.9235	0.12070	8.2851	0.13070	7.6512	8
9	1.0937	0.9143	0.10675	9.3678	0.11675	8.5654	9
10	1.1046	0.9053	0.09559	10.4613	0.10559	9.4706	10
11	1.1157	0.8963	0.08646	11.5659	0.09646	10.3669	11
12	1.1268	0.8875	0.07886	12.6815	0.08886	11.2543	12
13	1.1381	0.8787	0.07242	13.8083	0.08242	12.1329	13
14	1.1495	0.8700	0.06691	14.9462	0.07691	13.0028	14
15	1.1610	0.8614	0.06213	16.0956	0.07213	13.8641	15
16	1.1726	0.8528	0.05795	17.2565	0.06795	14.7169	16
17	1.1843	0.8444	0.05426	18.4290	0.06426	15.5612	17
18	1.1961	0.8360	0.05099	19.6132	0.06099	16.3972	18
19	1.2081	0.8278	0.04806	20.8092	0.05806	17.2248	19
20	1.2202	0.8196	0.04542	22.0172	0.05542	18.0443	20
22	1.2447	0.8034	0.04087	24.4696	0.05087	19.6591	22
24	1.2697	0.7876	0.03708	26.9713	0.04708	21.2420	24
25	1.2824	0.7798	0.03541	28.2409	0.04541	22.0217	25
26	1.2952	0.7721	0.03387	29.5232	0.04387	22.7937	26
28	1.3213	0.7569	0.03113	32.1264	0.04113	24.3149	28
30	1.3478	0.7419	0.02875	34.7820	0.03875	25.8061	30
32	1.3749	0.7273	0.02667	37.4909	0.03667	27.2679	32
34	1.4025	0.7130	0.02484	40.2542	0.03484	28.7009	34
35	1.4166	0.7059	0.02401	41.6567	0.03401	29.4068	35
36	1.4307	0.6989	0.02322	43.0732	0.03322	30.1057	36
38	1.4595	0.6852	0.02176	45.9487	0.03176	31.4828	38
40	1.4888	0.6717	0.02046	48.8820	0.03046	32.8327	40
45	1.5648	0.6391	0.01771	56.4761	0.02771	36.0925	45
50	1.6446	0.6081	0.01551	64.4573	0.02551	39.1939	50
55	1.7285	0.5786	0.01373	72.8456	0.02373	42.1449	55
60	1.8166	0.5505	0.01225	81.6619	0.02225	44.9527	60
65	1.9093	0.5238	0.01100	90.9277	0.02100	47.6242	65
70	2.0067	0.4983	0.00993	100.6663	0.01993	50.1660	70
75	2.1090	0.4742	0.00902	110.9015	0.01902	52.5845	75
80	2.2166	0.4511	0.00822	121.6588	0.01822	54.8856	80
85	2.3296	0.4292	0.00752	132.9648	0.01752	57.0751	85
90	2.4485	0.4084	0.00690	144.8475	0.01690	59.1583	90
95	2.5734	0.3886	0.00636	157.3362	0.01636	61.1404	95
100	2.7046	0.3697	0.00587	170.4620	0.01587	63.0263	100

TABLE A-5

1.50% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0150	0.9852	1.00000	1.0000	1.01500	0.9852	1
2	1.0302	0.9707	0.49631	2.0150	0.51131	1.9558	2
3	1.0457	0.9563	0.32840	3.0451	0.34340	2.9121	3
4	1.0614	0.9422	0.24446	4.0907	0.25946	3.8542	4
5	1.0773	0.9283	0.19410	5.1520	0.20910	4.7824	5
6	1.0934	0.9145	0.16053	6.2293	0.17553	5.6970	6
7	1.1098	0.9010	0.13656	7.3226	0.15156	6.5979	7
8	1.1265	0.8877	0.11859	8.4325	0.13359	7.4856	8
9	1.1434	0.8746	0.10461	9.5589	0.11961	8.3602	9
10	1.1605	0.8617	0.09344	10.7022	0.10844	9.2218	10
11	1.1779	0.8489	0.08430	11.8627	0.09930	10.0707	11
12	1.1956	0.8364	0.07668	13.0406	0.09168	10.9071	12
13	1.2135	0.8240	0.07024	14.2362	0.08524	11.7311	13
14	1.2317	0.8119	0.06473	15.4497	0.07973	12.5429	14
15	1.2502	0.7999	0.05995	16.6814	0.07495	13.3428	15
16	1.2690	0.7880	0.05577	17.9315	0.07077	14.1307	16
17	1.2880	0.7764	0.05208	19.2005	0.06708	14.9071	17
18	1.3073	0.7649	0.04881	20.4884	0.06381	15.6720	18
19	1.3269	0.7536	0.04588	21.7957	0.06088	16.4256	19
20	1.3468	0.7425	0.04325	23.1225	0.05825	17.1680	20
22	1.3875	0.7207	0.03871	25.8363	0.05371	18.6202	22
24	1.4295	0.6996	0.03493	28.6321	0.04993	20.0297	24
25	1.4509	0.6892	0.03327	30.0615	0.04827	20.7189	25
26	1.4727	0.6790	0.03173	31.5124	0.04673	21.3979	26
28	1.5172	0.6591	0.02900	34.4797	0.04400	22.7260	28
30	1.5631	0.6398	0.02664	37.5368	0.04164	24.0151	30
32	1.6103	0.6210	0.02458	40.6862	0.03958	25.2663	32
34	1.6590	0.6028	0.02276	43.9308	0.03776	26.4809	34
35	1.6838	0.5939	0.02193	45.5897	0.03693	27.0748	35
36	1.7091	0.5851	0.02115	47.2735	0.03615	27.6598	36
38	1.7608	0.5679	0.01972	50.7172	0.03472	28.8042	38
40	1.8140	0.5513	0.01843	54.2650	0.03343	29.9150	40
45	1.9542	0.5117	0.01572	63.6107	0.03072	32.5514	45
50	2.1052	0.4750	0.01357	73.6786	0.02857	34.9987	50
55	2.2679	0.4409	0.01183	84.5246	0.02683	37.2705	55
60	2.4431	0.4093	0.01039	96.2088	0.02539	39.3793	60
65	2.6319	0.3799	0.00919	108.7960	0.02419	41.3368	65
70	2.8353	0.3527	0.00817	122.3559	0.02317	43.1539	70
75	3.0545	0.3274	0.00730	136.9637	0.02230	44.8406	75
80	3.2905	0.3039	0.00655	152.7004	0.02155	46.4064	80
85	3.5448	0.2821	0.00589	169.6533	0.02089	47.8598	85
90	3.8187	0.2619	0.00532	187.9163	0.02032	49.2089	90
95	4.1139	0.2431	0.00482	207.5906	0.01982	50.4613	95
100	4.4318	0.2256	0.00437	228.7855	0.01937	51.6239	100

TABLE A-6

2.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0200	0.9804	1.00002	1.0000	1.02002	0.9804	1
2	1.0404	0.9612	0.49507	2.0199	0.51507	1.9415	2
3	1.0612	0.9423	0.32677	3.0603	0.34677	2.8838	3
4	1.0824	0.9238	0.24263	4.1215	0.26263	3.8076	4
5	1.1041	0.9057	0.19216	5.2039	0.21216	4.7133	5
6	1.1262	0.8880	0.15853	6.3079	0.17853	5.6013	6
7	1.1487	0.8706	0.13452	7.4341	0.15452	6.4718	7
8	1.1717	0.8535	0.11651	8.5827	0.13651	7.3253	8
9	1.1951	0.8368	0.10252	9.7543	0.12252	8.1620	9
10	1.2190	0.8204	0.09133	10.9494	0.11133	8.9824	10
11	1.2434	0.8043	0.08218	12.1684	0.10218	9.7866	11
12	1.2682	0.7885	0.07456	13.4117	0.09456	10.5751	12
13	1.2936	0.7730	0.06812	14.6799	0.08812	11.3481	13
14	1.3195	0.7579	0.06260	15.9735	0.08260	12.1060	14
15	1.3459	0.7430	0.05783	17.2929	0.07783	12.8490	15
16	1.3728	0.7285	0.05365	18.6387	0.07365	13.5774	16
17	1.4002	0.7142	0.04997	20.0115	0.06997	14.2916	17
18	1.4282	0.7002	0.04670	21.4117	0.06670	14.9917	18
19	1.4568	0.6864	0.04378	22.8399	0.06378	15.6782	19
20	1.4859	0.6730	0.04116	24.2966	0.06116	16.3511	20
22	1.5460	0.6468	0.03663	27.2981	0.05663	17.6577	22
24	1.6084	0.6217	0.03287	30.4209	0.05287	18.9136	24
25	1.6406	0.6095	0.03122	32.0293	0.05122	19.5231	25
26	1.6734	0.5976	0.02970	33.6698	0.04970	20.1207	26
28	1.7410	0.5744	0.02699	37.0500	0.04699	21.2809	28
30	1.8113	0.5521	0.02465	40.5668	0.04465	22.3961	30
32	1.8845	0.5306	0.02261	44.2256	0.04261	23.4679	32
34	1.9606	0.5100	0.02082	48.0322	0.04082	24.4982	34
35	1.9999	0.5000	0.02000	49.9928	0.04000	24.9982	35
36	2.0399	0.4902	0.01923	51.9926	0.03923	25.4884	36
38	2.1223	0.4712	0.01782	56.1130	0.03782	26.4402	38
40	2.2080	0.4529	0.01656	60.3999	0.03656	27.3551	40
45	2.4378	0.4102	0.01391	71.8901	0.03391	29.4897	45
50	2.6915	0.3715	0.01182	84.5762	0.03182	31.4232	50
55	2.9717	0.3365	0.01014	98.5827	0.03014	33.1744	55
60	3.2809	0.3048	0.00877	114.0468	0.02877	34.7605	60
65	3.6224	0.2761	0.00763	131.1205	0.02763	36.1971	65
70	3.9994	0.2500	0.00667	149.9712	0.02667	37.4982	70
75	4.4157	0.2265	0.00586	170.7839	0.02586	38.6767	75
80	4.8752	0.2051	0.00516	193.7626	0.02516	39.7442	80
85	5.3827	0.1858	0.00456	219.1331	0.02456	40.7109	85
90	5.9429	0.1683	0.00405	247.1440	0.02405	41.5866	90
95	6.5614	0.1524	0.00360	278.0698	0.02360	42.3797	95
100	7.2443	0.1380	0.00320	312.2148	0.02320	43.0981	100

TABLE A-7

3.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0300	0.9709	1.00001	1.0000	1.03001	0.9709	1
2	1.0609	0.9426	0.49262	2.0300	0.52262	1.9134	2
3	1.0927	0.9151	0.32353	3.0909	0.35353	2.8286	3
4	1.1255	0.8885	0.23903	4.1836	0.26903	3.7171	4
5	1.1593	0.8626	0.18836	5.3091	0.21836	4.5797	5
6	1.1940	0.8375	0.15460	6.4683	0.18460	5.4171	6
7	1.2299	0.8131	0.13051	7.6624	0.16051	6.2302	7
8	1.2668	0.7894	0.11246	8.8922	0.14246	7.0196	8
9	1.3048	0.7664	0.09843	10.1590	0.12843	7.7860	9
10	1.3439	0.7441	0.08723	11.4637	0.11723	8.5301	10
11	1.3842	0.7224	0.07808	12.8077	0.10808	9.2526	11
12	1.4258	0.7014	0.07046	14.1919	0.10046	9.9539	12
13	1.4685	0.6810	0.06403	15.6176	0.09403	10.6349	13
14	1.5126	0.6611	0.05853	17.0861	0.08853	11.2960	14
15	1.5580	0.6419	0.05377	18.5987	0.08377	11.9378	15
16	1.6047	0.6232	0.04961	20.1566	0.07961	12.5610	16
17	1.6528	0.6050	0.04595	21.7613	0.07595	13.1660	17
18	1.7024	0.5874	0.04271	23.4142	0.07271	13.7534	18
19	1.7535	0.5703	0.03981	25.1166	0.06981	14.3237	19
20	1.8061	0.5537	0.03722	26.8701	0.06722	14.8774	20
22	1.9161	0.5219	0.03275	30.5364	0.06275	15.9368	22
24	2.0328	0.4919	0.02905	34.4260	0.05905	16.9354	24
25	2.0938	0.4776	0.02743	36.4588	0.05743	17.4131	25
26	2.1566	0.4637	0.02594	38.5526	0.05594	17.8768	26
28	2.2879	0.4371	0.02329	42.9304	0.05329	18.7640	28
30	2.4272	0.4120	0.02102	47.5748	0.05102	19.6004	30
32	2.5751	0.3883	0.01905	52.5020	0.04905	20.3887	32
34	2.7319	0.3660	0.01732	57.7294	0.04732	21.1317	34
35	2.8138	0.3554	0.01654	60.4612	0.04654	21.4871	35
36	2.8983	0.3450	0.01580	63.2751	0.04580	21.8322	36
38	3.0748	0.3252	0.01446	69.1584	0.04446	22.4924	38
40	3.2620	0.3066	0.01326	75.4002	0.04326	23.1147	40
45	3.7816	0.2644	0.01079	92.7184	0.04079	24.5186	45
50	4.3838	0.2281	0.00887	112.7951	0.03887	25.7297	50
55	5.0821	0.1968	0.00735	136.0693	0.03735	26.7743	55
60	5.8915	0.1697	0.00613	163.0505	0.03613	27.6755	60
65	6.8299	0.1464	0.00515	194.3290	0.03515	28.4528	65
70	7.9177	0.1263	0.00434	230.5695	0.03434	29.1234	70
75	9.1787	0.1089	0.00367	272.6250	0.03367	29.7018	75
80	10.6407	0.0940	0.00311	321.3557	0.03311	30.2007	80
85	12.3354	0.0811	0.00265	377.8479	0.03265	30.6311	85
90	14.3001	0.0699	0.00226	443.3379	0.03226	31.0024	90
95	16.5777	0.0603	0.00193	519.2583	0.03193	31.3226	95
100	19.2181	0.0520	0.00165	607.2710	0.03165	31.5989	100

TABLE A-8

4.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0400	0.9615	1.00000	1.000	1.04000	0.9615	1
2	1.0816	0.9246	0.49020	2.040	0.53020	1.8861	2
3	1.1249	0.8890	0.32035	3.122	0.36035	2.7751	3
4	1.1699	0.8548	0.23549	4.246	0.27549	3.6299	4
5	1.2167	0.8219	0.18463	5.416	0.22463	4.4518	5
6	1.2653	0.7903	0.15076	6.633	0.19076	5.2421	6
7	1.3159	0.7599	0.12661	7.898	0.16661	6.0021	7
8	1.3686	0.7307	0.10853	9.214	0.14853	6.7327	8
9	1.4233	0.7026	0.09449	10.583	0.13449	7.4353	9
10	1.4802	0.6756	0.08329	12.006	0.12329	8.1109	10
11	1.5395	0.6496	0.07415	13.486	0.11415	8.7605	11
12	1.6010	0.6246	0.06655	15.026	0.10655	9.3851	12
13	1.6651	0.6006	0.06014	16.627	0.10014	9.9857	13
14	1.7317	0.5775	0.05467	18.292	0.09467	10.5631	14
15	1.8009	0.5553	0.04994	20.024	0.08994	11.1184	15
16	1.8730	0.5339	0.04582	21.825	0.08582	11.6523	16
17	1.9479	0.5134	0.04220	23.697	0.08220	12.1657	17
18	2.0258	0.4936	0.03899	25.645	0.07899	12.6593	18
19	2.1068	0.4746	0.03614	27.671	0.07614	13.1339	19
20	2.1911	0.4564	0.03358	29.778	0.07358	13.5903	20
22	2.3699	0.4220	0.02920	34.248	0.06920	14.4511	22
24	2.5633	0.3901	0.02559	39.083	0.06559	15.2470	24
25	2.6658	0.3751	0.02401	41.646	0.06401	15.6221	25
26	2.7725	0.3607	0.02257	44.312	0.06257	15.9828	26
28	2.9987	0.3335	0.02001	49.968	0.06001	16.6631	28
30	3.2434	0.3083	0.01783	56.085	0.05783	17.2920	30
32	3.5081	0.2851	0.01595	62.701	0.05595	17.8735	32
34	3.7943	0.2636	0.01431	69.858	0.05431	18.4112	34
35	3.9461	0.2534	0.01358	73.652	0.05358	18.6646	35
36	4.1039	0.2437	0.01289	77.598	0.05289	18.9083	36
38	4.4388	0.2253	0.01163	85.970	0.05163	19.3679	38
40	4.8010	0.2083	0.01052	95.025	0.05052	19.7928	40
45	5.8412	0.1712	0.00826	121.029	0.04826	20.7200	45
50	7.1067	0.1407	0.00655	152.667	0.04655	21.4822	50
55	8.6463	0.1157	0.00523	191.159	0.04523	22.1086	55
60	10.5196	0.0951	0.00420	237.990	0.04420	22.6235	60
65	12.7987	0.0781	0.00339	294.968	0.04339	23.0467	65
70	15.5716	0.0642	0.00275	364.290	0.04275	23.3945	70
75	18.9452	0.0528	0.00223	446.630	0.04223	23.6804	75
80	23.0497	0.0434	0.00181	551.243	0.04181	23.9154	80
85	28.0435	0.0357	0.00148	676.088	0.04148	24.1085	85
90	34.1192	0.0293	0.00121	827.981	0.04121	24.2673	90
95	41.5112	0.0241	0.00099	1012.781	0.04099	24.3978	95
100	50.5048	0.0198	0.00081	1237.623	0.04081	24.5050	100

TABLE A-9

5.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0500	0.9524	1.00001	1.000	1.05001	0.9524	1
2	1.1025	0.9070	0.48781	2.050	0.53781	1.8594	2
3	1.1576	0.8638	0.31721	3.152	0.36721	2.7232	3
4	1.2155	0.8227	0.23202	4.310	0.28202	3.5459	4
5	1.2763	0.7835	0.18098	5.526	0.23098	4.3294	5
6	1.3401	0.7462	0.14702	6.802	0.19702	5.0756	6
7	1.4071	0.7107	0.12282	8.142	0.17282	5.7863	7
8	1.4774	0.6768	0.10472	9.549	0.15472	6.4631	8
9	1.5513	0.6446	0.09069	11.026	0.14069	7.1077	9
10	1.6289	0.6139	0.07951	12.578	0.12951	7.7216	10
11	1.7103	0.5847	0.07039	14.207	0.12039	8.3063	11
12	1.7958	0.5568	0.06283	15.917	0.11283	8.8632	12
13	1.8856	0.5303	0.05646	17.713	0.10646	9.3935	13
14	1.9799	0.5051	0.05103	19.598	0.10102	9.8985	14
15	2.0789	0.4810	0.04634	21.578	0.09634	10.3796	15
16	2.1828	0.4581	0.04227	23.657	0.09227	10.8377	16
17	2.2920	0.4363	0.03870	25.840	0.08870	11.2740	17
18	2.4066	0.4155	0.03555	28.132	0.08555	11.6895	18
19	2.5269	0.3957	0.03275	30.538	0.08275	12.0852	19
20	2.6533	0.3769	0.03024	33.065	0.08024	12.4621	20
22	2.9252	0.3419	0.02597	38.504	0.07597	13.1629	22
24	3.2250	0.3101	0.02247	44.501	0.07247	13.7985	24
25	3.3863	0.2953	0.02095	47.726	0.07095	14.0938	25
26	3.5556	0.2812	0.01956	51.112	0.06956	14.3751	26
28	3.9200	0.2551	0.01712	58.401	0.06712	14.8980	28
30	4.3218	0.2314	0.01505	66.437	0.06505	15.3724	30
32	4.7648	0.2099	0.01328	75.297	0.06328	15.8026	32
34	5.2532	0.1904	0.01176	85.064	0.06176	16.1928	34
35	5.5159	0.1813	0.01107	90.318	0.06107	16.3741	35
36	5.7917	0.1727	0.01043	95.833	0.06043	16.5468	36
38	6.3853	0.1566	0.00928	107.706	0.05928	16.8678	38
40	7.0398	0.1420	0.00828	120.796	0.05828	17.1590	40
45	8.9847	0.1113	0.00626	159.694	0.05626	17.7740	45
50	11.4670	0.0872	0.00478	209.340	0.05478	18.2559	50
55	14.6350	0.0683	0.00367	272.701	0.05367	18.6334	55
60	18.6784	0.0535	0.00283	353.567	0.05283	18.9292	60
65	23.8398	0.0419	0.00219	456.775	0.05219	19.1610	65
70	30.4249	0.0329	0.00170	588.497	0.05170	19.3427	70
75	38.8306	0.0258	0.00132	756.611	0.05132	19.4849	75
80	49.5585	0.0202	0.00103	971.171	0.05103	19.5964	80
85	63.2504	0.0158	0.00080	1245.009	0.05080	19.6838	85
90	80.7251	0.0124	0.00063	1594.502	0.05063	19.7522	90
95	103.028	0.0097	0.00049	2040.552	0.05049	19.8059	95
100	131.492	0.0076	0.00038	2609.835	0.05038	19.8479	100

TABLE A-10

6.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0600	0.9434	1.00001	1.000	1.06001	0.9434	1
2	1.1236	0.8900	0.48544	2.060	0.54544	1.8334	2
3	1.1910	0.8396	0.31411	3.184	0.37411	2.6730	3
4	1.2625	0.7921	0.22859	4.375	0.28859	3.4651	4
5	1.3382	0.7473	0.17740	5.637	0.23740	4.2123	5
6	1.4185	0.7050	0.14336	6.975	0.20336	4.9173	6
7	1.5036	0.6651	0.11914	8.394	0.17914	5.5823	7
8	1.5938	0.6274	0.10104	9.897	0.16104	6.2098	8
9	1.6895	0.5919	0.08702	11.491	0.14702	6.8017	9
10	1.7908	0.5584	0.07587	13.181	0.13587	7.3600	10
11	1.8983	0.5268	0.06679	14.971	0.12679	7.8868	11
12	2.0122	0.4970	0.05928	16.870	0.11928	8.3838	12
13	2.1329	0.4688	0.05296	18.882	0.11296	8.8526	13
14	2.2609	0.4423	0.04759	21.015	0.10759	9.2949	14
15	2.3965	0.4173	0.04296	23.276	0.10296	9.7122	15
16	2.5403	0.3936	0.03895	25.672	0.09895	10.1058	16
17	2.6927	0.3714	0.03545	28.212	0.09545	10.4772	17
18	2.8543	0.3503	0.03236	30.905	0.09236	10.8276	18
19	3.0256	0.3305	0.02962	33.759	0.08962	11.1581	19
20	3.2071	0.3118	0.02718	36.785	0.08718	11.4699	20
22	3.6035	0.2775	0.02305	43.392	0.08305	12.0415	22
24	4.0489	0.2470	0.01968	50.815	0.07968	12.5503	24
25	4.2918	0.2330	0.01823	54.864	0.07823	12.7833	25
26	4.5493	0.2198	0.01690	59.155	0.07690	13.0031	26
28	5.1116	0.1956	0.01459	68.527	0.07459	13.4061	28
30	5.7434	0.1741	0.01265	79.057	0.07265	13.7648	30
32	6.4533	0.1550	0.01100	90.888	0.07100	14.0840	32
34	7.2509	0.1379	0.00960	104.182	0.06960	14.3681	34
35	7.6860	0.1301	0.00897	111.433	0.06897	14.4982	35
36	8.1471	0.1227	0.00840	119.118	0.06839	14.6210	36
38	9.1541	0.1092	0.00736	135.901	0.06736	14.8460	38
40	10.2855	0.0972	0.00646	154.759	0.06646	15.0463	40
45	13.7643	0.0727	0.00470	212.738	0.06470	15.4558	45
50	18.4197	0.0543	0.00344	290.328	0.06344	15.7619	50
55	24.6496	0.0406	0.00254	394.160	0.06254	15.9905	55
60	32.9867	0.0303	0.00188	533.111	0.06188	16.1614	60
65	44.1435	0.0227	0.00139	719.059	0.06139	16.2891	65
70	59.0738	0.0169	0.00103	967.897	0.06103	16.3845	70
75	79.0539	0.0126	0.00077	1300.899	0.06077	16.4558	75
80	105.792	0.0095	0.00057	1746.529	0.06057	16.5091	80
85	141.573	0.0071	0.00043	2342.881	0.06043	16.5489	85
90	189.456	0.0053	0.00032	3140.934	0.06032	16.5787	90
95	253.534	0.0039	0.00024	4208.902	0.06024	16.6009	95
100	339.285	0.0029	0.00018	5638.082	0.06018	16.6175	100

TABLE A-11

7.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0700	0.9346	1.00000	1.000	1.07000	0.9346	1
2	1.1449	0.8734	0.48310	2.070	0.55310	1.8080	2
3	1.2250	0.8163	0.31105	3.215	0.38105	2.6243	3
4	1.3108	0.7629	0.22523	4.440	0.29523	3.3872	4
5	1.4025	0.7130	0.17389	5.751	0.24389	4.1002	5
6	1.5007	0.6663	0.13980	7.153	0.20980	4.7665	6
7	1.6058	0.6228	0.11555	8.654	0.18555	5.3893	7
8	1.7182	0.5820	0.09747	10.260	0.16747	5.9713	8
9	1.8385	0.5439	0.08349	11.978	0.15349	6.5152	9
10	1.9671	0.5084	0.07238	13.816	0.14238	7.0236	10
11	2.1048	0.4751	0.06336	15.784	0.13336	7.4987	11
12	2.2522	0.4440	0.05590	17.888	0.12590	7.9427	12
13	2.4098	0.4150	0.04965	20.141	0.11965	8.3576	13
14	2.5785	0.3878	0.04435	22.550	0.11435	8.7454	14
15	2.7590	0.3624	0.03979	25.129	0.10979	9.1079	15
16	2.9521	0.3387	0.03586	27.888	0.10586	9.4466	16
17	3.1588	0.3166	0.03243	30.840	0.10243	9.7632	17
18	3.3799	0.2959	0.02941	33.999	0.09941	10.0591	18
19	3.6165	0.2765	0.02675	37.379	0.09675	10.3356	19
20	3.8697	0.2584	0.02439	40.995	0.09439	10.5940	20
22	4.4304	0.2257	0.02041	49.005	0.09041	11.0612	22
24	5.0723	0.1971	0.01719	58.176	0.08719	11.4693	24
25	5.4274	0.1843	0.01581	63.248	0.08581	11.6536	25
26	5.8073	0.1722	0.01456	68.676	0.08456	11.8258	26
28	6.6488	0.1504	0.01239	80.697	0.08239	12.1371	28
30	7.6122	0.1314	0.01059	94.460	0.08059	12.4090	30
32	8.7152	0.1147	0.00907	110.217	0.07907	12.6465	32
34	9.9780	0.1002	0.00780	128.257	0.07780	12.8540	34
35	10.6765	0.0937	0.00723	138.235	0.07723	12.9477	35
36	11.4238	0.0875	0.00672	148.912	0.07672	13.0352	36
38	13.0791	0.0765	0.00580	172.559	0.07580	13.1935	38
40	14.9743	0.0668	0.00501	199.633	0.07501	13.3317	40
45	21.0022	0.0476	0.00350	285.745	0.07350	13.6055	45
50	29.4566	0.0339	0.00246	406.523	0.07246	13.8008	50
55	41.3143	0.0242	0.00174	575.919	0.07174	13.9399	55
60	57.9454	0.0173	0.00123	813.506	0.07123	14.0392	60
65	81.2713	0.0123	0.00087	1146.734	0.07087	14.1099	65
70	113.987	0.0088	0.00062	1614.102	0.07062	14.1604	70
75	159.873	0.0063	0.00044	2269.609	0.07044	14.1964	75
80	224.229	0.0045	0.00031	3188.990	0.07031	14.2220	80
85	314.493	0.0032	0.00022	4478.465	0.07022	14.2403	85
90	441.092	0.0023	0.00016	6287.020	0.07016	14.2533	90
95	618.653	0.0016	0.00011	8823.613	0.07011	14.2626	95
100	867.691	0.0012	0.00008	12381.300	0.07008	14.2693	100

TABLE A-12

8.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0800	0.9259	1.00000	1.000	1.08000	0.9259	1
2	1.1664	0.8573	0.48077	2.080	0.56077	1.7833	2
3	1.2597	0.7938	0.30803	3.246	0.38803	2.5771	3
4	1.3605	0.7350	0.22192	4.506	0.30192	3.3121	4
5	1.4693	0.6806	0.17046	5.867	0.25046	3.9927	5
6	1.5869	0.6302	0.13632	7.336	0.21632	4.6229	6
7	1.7138	0.5835	0.11207	8.923	0.19207	5.2064	7
8	1.8509	0.5403	0.09401	10.637	0.17401	5.7466	8
9	1.9990	0.5002	0.08008	12.488	0.16008	6.2469	9
10	2.1589	0.4632	0.06903	14.487	0.14903	6.7101	10
11	2.3316	0.4289	0.06008	16.645	0.14008	7.1390	11
12	2.5182	0.3971	0.05270	18.977	0.13270	7.5361	12
13	2.7196	0.3677	0.04652	21.495	0.12652	7.9038	13
14	2.9372	0.3405	0.04130	24.215	0.12130	8.2442	14
15	3.1722	0.3152	0.03683	27.152	0.11683	8.5595	15
16	3.4259	0.2919	0.03298	30.324	0.11298	8.8514	16
17	3.7000	0.2703	0.02963	33.750	0.10963	9.1216	17
18	3.9960	0.2502	0.02670	37.450	0.10670	9.3719	18
19	4.3157	0.2317	0.02413	41.446	0.10413	9.6036	19
20	4.6609	0.2145	0.02185	45.762	0.10185	9.8181	20
22	5.4365	0.1839	0.01803	55.457	0.09803	10.2007	22
24	6.3412	0.1577	0.01498	66.765	0.09498	10.5288	24
25	6.8485	0.1460	0.01368	73.106	0.09368	10.6748	25
26	7.3963	0.1352	0.01251	79.954	0.09251	10.8100	26
28	8.6271	0.1159	0.01049	95.339	0.09049	11.0511	28
30	10.0626	0.0994	0.00883	113.283	0.08883	11.2578	30
32	11.7371	0.0852	0.00745	134.213	0.08745	11.4350	32
34	13.6901	0.0730	0.00630	158.626	0.08630	11.5869	34
35	14.7853	0.0676	0.00580	172.316	0.08580	11.6546	35
36	15.9681	0.0626	0.00534	187.102	0.08534	11.7172	36
38	18.6252	0.0537	0.00454	220.315	0.08454	11.8289	38
40	21.7245	0.0460	0.00386	259.056	0.08386	11.9246	40
45	31.9203	0.0313	0.00259	386.504	0.08259	12.1084	45
50	46.9014	0.0213	0.00174	573.768	0.08174	12.2335	50
55	68.9136	0.0145	0.00118	848.920	0.08118	12.3186	55
60	101.257	0.0099	0.00080	1253.208	0.08080	12.3766	60
65	148.779	0.0067	0.00054	1847.240	0.08054	12.4160	65
70	218.605	0.0046	0.00037	2720.067	0.08037	12.4428	70
75	321.203	0.0031	0.00025	4002.534	0.08025	12.4611	75
80	471.952	0.0021	0.00017	5886.902	0.08017	12.4735	80
85	693.452	0.0014	0.00012	8655.652	0.08012	12.4820	85
90	1018.908	0.0010	0.00008	12723.850	0.08008	12.4877	90
95	1497.110	0.0007	0.00005	18701.380	0.08005	12.4917	95
100	2199.746	0.0005	0.00004	27484.320	0.08004	12.4943	100

TABLE A-13

9.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.0900	0.9174	1.00001	1.000	1.09001	0.9174	1
2	1.1881	0.8417	0.47847	2.090	0.56847	1.7591	2
3	1.2950	0.7722	0.30506	3.278	0.39506	2.5313	3
4	1.4116	0.7084	0.21867	4.573	0.30867	3.2397	4
5	1.5386	0.6499	0.16709	5.985	0.25709	3.8896	5
6	1.6771	0.5963	0.13292	7.523	0.22292	4.4859	6
7	1.8280	0.5470	0.10869	9.200	0.19869	5.0329	7
8	1.9926	0.5019	0.09068	11.028	0.18068	5.5348	8
9	2.1719	0.4604	0.07680	13.021	0.16680	5.9952	9
10	2.3673	0.4224	0.06582	15.193	0.15582	6.4176	10
11	2.5804	0.3875	0.05695	17.560	0.14695	6.8052	11
12	2.8126	0.3555	0.04965	20.140	0.13965	7.1607	12
13	3.0658	0.3262	0.04357	22.953	0.13357	7.4869	13
14	3.3417	0.2992	0.03843	26.019	0.12843	7.7861	14
15	3.6424	0.2745	0.03406	29.360	0.12406	8.0607	15
16	3.9703	0.2519	0.03030	33.003	0.12030	8.3125	16
17	4.3276	0.2311	0.02705	36.973	0.11705	8.5436	17
18	4.7171	0.2120	0.02421	41.301	0.11421	8.7556	18
19	5.1416	0.1945	0.02173	46.018	0.11173	8.9501	19
20	5.6043	0.1784	0.01955	51.159	0.10955	9.1285	20
22	6.6585	0.1502	0.01591	62.872	0.10591	9.4424	22
24	7.9109	0.1264	0.01302	76.788	0.10302	9.7066	24
25	8.6229	0.1160	0.01181	84.699	0.10181	9.8226	25
26	9.3990	0.1064	0.01072	93.322	0.10072	9.9290	26
28	11.1669	0.0896	0.00885	112.966	0.09885	10.1161	28
30	13.2674	0.0754	0.00734	136.304	0.09734	10.2736	30
32	15.7630	0.0634	0.00610	164.033	0.09610	10.4062	32
34	18.7279	0.0534	0.00508	196.977	0.09508	10.5178	34
35	20.4134	0.0490	0.00464	215.705	0.09464	10.5668	35
36	22.2506	0.0449	0.00424	236.118	0.09424	10.6118	36
38	26.4359	0.0378	0.00354	282.621	0.09354	10.6908	38
40	31.4085	0.0318	0.00296	337.872	0.09296	10.7574	40
45	48.3257	0.0207	0.00190	525.841	0.09190	10.8812	45
50	74.3548	0.0134	0.00123	815.053	0.09123	10.9617	50
55	114.404	0.0087	0.00079	1260.041	0.09079	11.0140	55
60	176.024	0.0057	0.00051	1944.707	0.09051	11.0480	60
65	270.833	0.0037	0.00033	2998.146	0.09033	11.0701	65
70	416.708	0.0024	0.00022	4618.984	0.09022	11.0845	70
75	641.156	0.0016	0.00014	7112.840	0.09014	11.0938	75
80	986.494	0.0010	0.00009	10949.930	0.09009	11.0999	80
85	1517.837	0.0007	0.00006	16853.750	0.09006	11.1038	85
90	2335.372	0.0004	0.00004	25937.470	0.09004	11.1064	90
95	3593.246	0.0003	0.00003	39913.870	0.09002	11.1080	95
100	5528.633	0.0002	0.00002	61418.200	0.09002	11.1091	100

TABLE A-14

10.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.1000	0.9091	1.00000	1.000	1.10001	0.9091	1
2	1.2100	0.8264	0.47619	2.100	0.57619	1.7355	2
3	1.3310	0.7513	0.30212	3.310	0.40212	2.4868	3
4	1.4641	0.6830	0.21547	4.641	0.31547	3.1698	4
5	1.6105	0.6209	0.16380	6.105	0.26380	3.7908	5
6	1.7716	0.5645	0.12961	7.716	0.22961	4.3552	6
7	1.9487	0.5132	0.10541	9.487	0.20541	4.8684	7
8	2.1436	0.4665	0.08744	11.436	0.18744	5.3349	8
9	2.3579	0.4241	0.07364	13.579	0.17364	5.7590	9
10	2.5937	0.3855	0.06275	15.937	0.16275	6.1445	10
11	2.8531	0.3505	0.05396	18.531	0.15396	6.4950	11
12	3.1384	0.3186	0.04676	21.384	0.14676	6.8137	12
13	3.4522	0.2897	0.04078	24.522	0.14078	7.1033	13
14	3.7975	0.2633	0.03575	27.975	0.13575	7.3667	14
15	4.1772	0.2394	0.03147	31.772	0.13147	7.6061	15
16	4.5949	0.2176	0.02782	35.949	0.12782	7.8237	16
17	5.0544	0.1978	0.02466	40.544	0.12466	8.0215	17
18	5.5599	0.1799	0.02193	45.599	0.12193	8.2014	18
19	6.1158	0.1635	0.01955	51.159	0.11955	8.3649	19
20	6.7274	0.1486	0.01746	57.274	0.11746	8.5136	20
22	8.1402	0.1228	0.01401	71.402	0.11401	8.7715	22
24	9.8496	0.1015	0.01130	88.496	0.11130	8.9847	24
25	10.8346	0.0923	0.01017	98.346	0.11017	9.0770	25
26	11.9180	0.0839	0.00916	109.180	0.10916	9.1609	26
28	14.4208	0.0693	0.00745	134.208	0.10745	9.3066	28
30	17.4491	0.0573	0.00608	164.491	0.10608	9.4269	30
32	21.1134	0.0474	0.00497	201.134	0.10497	9.5264	32
34	25.5472	0.0391	0.00407	245.472	0.10407	9.6086	34
35	28.1019	0.0356	0.00369	271.019	0.10369	9.6442	35
36	30.9121	0.0323	0.00334	299.121	0.10334	9.6765	36
38	37.4036	0.0267	0.00275	364.036	0.10275	9.7327	38
40	45.2583	0.0221	0.00226	442.583	0.10226	9.7791	40
45	72.8888	0.0137	0.00139	718.888	0.10139	9.8628	45
50	117.388	0.0085	0.00086	1163.878	0.10086	9.9148	50
55	189.054	0.0053	0.00053	1880.538	0.10053	9.9471	55
60	304.472	0.0033	0.00033	3034.720	0.10033	9.9672	60
65	490.354	0.0020	0.00020	4893.539	0.10020	9.9796	65
70	789.718	0.0013	0.00013	7887.180	0.10013	9.9873	70
75	1271.846	0.0008	0.00008	12708.460	0.10008	9.9921	75
80	2048.315	0.0005	0.00005	20473.160	0.10005	9.9951	80
85	3298.823	0.0003	0.00003	32978.240	0.10003	9.9970	85
90	5312.773	0.0002	0.00002	53117.770	0.10002	9.9981	90
95	8556.250	0.0001	0.00001	85552.500	0.10001	9.9988	95

TABLE A-15

12.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.1200	0.8929	1.00000	1.000	1.12000	0.8929	1
2	1.2544	0.7972	0.47170	2.120	0.59170	1.6900	2
3	1.4049	0.7118	0.29635	3.374	0.41635	2.4018	3
4	1.5735	0.6355	0.20923	4.779	0.32923	3.0373	4
5	1.7623	0.5674	0.15741	6.353	0.27741	3.6048	5
6	1.9738	0.5066	0.12323	8.115	0.24323	4.1114	6
7	2.2107	0.4523	0.09912	10.089	0.21912	4.5638	7
8	2.4760	0.4039	0.08130	12.300	0.20130	4.9676	8
9	2.7731	0.3606	0.06768	14.776	0.18768	5.3283	9
10	3.1058	0.3220	0.05698	17.549	0.17698	5.6502	10
11	3.4785	0.2875	0.04842	20.655	0.16842	5.9377	11
12	3.8960	0.2567	0.04144	24.133	0.16144	6.1944	12
13	4.3635	0.2292	0.03568	28.029	0.15568	6.4236	13
14	4.8871	0.2046	0.03087	32.393	0.15087	6.6282	14
15	5.4736	0.1827	0.02682	37.280	0.14682	6.8109	15
16	6.1304	0.1631	0.02339	42.753	0.14339	6.9740	16
17	6.8660	0.1456	0.02046	48.884	0.14046	7.1196	17
18	7.6900	0.1300	0.01794	55.750	0.13794	7.2497	18
19	8.6127	0.1161	0.01576	63.440	0.13576	7.3658	19
20	9.6463	0.1037	0.01388	72.052	0.13388	7.4695	20
22	12.1003	0.0826	0.01081	92.502	0.13081	7.6446	22
24	15.1786	0.0659	0.00846	118.155	0.12846	7.7843	24
25	17.0000	0.0588	0.00750	133.334	0.12750	7.8431	25
26	19.0400	0.0525	0.00665	150.333	0.12665	7.8957	26
28	23.8838	0.0419	0.00524	190.698	0.12524	7.9844	28
30	29.9598	0.0334	0.00414	241.332	0.12414	8.0552	30
32	37.5816	0.0266	0.00328	304.847	0.12328	8.1116	32
34	47.1423	0.0212	0.00260	384.520	0.12260	8.1566	34
35	52.7994	0.0189	0.00232	431.662	0.12232	8.1755	35
36	59.1353	0.0169	0.00206	484.461	0.12206	8.1924	36
38	74.1794	0.0135	0.00164	609.828	0.12164	8.2210	38
40	93.0506	0.0107	0.00130	767.088	0.12130	8.2438	40
45	163.987	0.0061	0.00074	1358.225	0.12074	8.2825	45
50	289.000	0.0035	0.00042	2400.006	0.12042	8.3045	50

TABLE A-16

15.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.1500	0.8696	1.00000	1.000	1.15000	0.8696	1
2	1.3225	0.7561	0.46512	2.150	0.61512	1.6257	2
3	1.5209	0.6575	0.28798	3.472	0.43798	2.2832	3
4	1.7490	0.5718	0.20027	4.993	0.35027	2.8550	4
5	2.0114	0.4972	0.14832	6.742	0.29832	3.3522	5
6	2.3131	0.4323	0.11424	8.754	0.26424	3.7845	6
7	2.6600	0.3759	0.09036	11.067	0.24036	4.1604	7
8	3.0590	0.3269	0.07285	13.727	0.22285	4.4873	8
9	3.5179	0.2843	0.05957	16.786	0.20957	4.7716	9
10	4.0455	0.2472	0.04925	20.304	0.19925	5.0188	10
11	4.6524	0.2149	0.04107	24.349	0.19107	5.2337	11
12	5.3502	0.1869	0.03448	29.002	0.18448	5.4206	12
13	6.1528	0.1625	0.02911	34.352	0.17911	5.5831	13
14	7.0757	0.1413	0.02469	40.505	0.17469	5.7245	14
15	8.1370	0.1229	0.02102	47.580	0.17102	5.8474	15
16	9.3576	0.1069	0.01795	55.717	0.16795	5.9542	16
17	10.7612	0.0929	0.01537	65.075	0.16537	6.0472	17
18	12.3754	0.0808	0.01319	75.836	0.16319	6.1280	18
19	14.2317	0.0703	0.01134	88.211	0.16134	6.1982	19
20	16.3664	0.0611	0.00976	102.443	0.15976	6.2593	20
22	21.6446	0.0462	0.00727	137.631	0.15727	6.3587	22
24	28.6249	0.0349	0.00543	184.166	0.15543	6.4338	24
25	32.9187	0.0304	0.00470	212.791	0.15470	6.4642	25
26	37.8565	0.0264	0.00407	245.710	0.15407	6.4906	26
28	50.0651	0.0200	0.00306	327.101	0.15306	6.5335	28
30	66.2111	0.0151	0.00230	434.741	0.15230	6.5660	30
32	87.5641	0.0114	0.00173	577.094	0.15173	6.5905	32
34	115.803	0.0086	0.00131	765.357	0.15131	6.6091	34
35	133.174	0.0075	0.00113	881.160	0.15113	6.6166	35
36	153.150	0.0065	0.00099	1014.334	0.15099	6.6231	36
38	202.541	0.0049	0.00074	1343.606	0.15074	6.6338	38
40	267.860	0.0037	0.00056	1779.067	0.15056	6.6418	40
45	538.761	0.0019	0.00028	3585.076	0.15028	6.6543	45
50	1083.639	0.0009	0.00014	7217.598	0.15014	6.6605	50

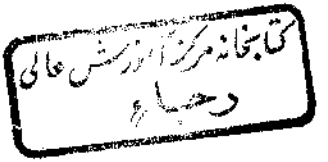

کتابخانہ مرکز آموزش عالی
دھیاء

TABLE A-17

18.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.1800	0.8475	1.00000	1.000	1.18000	0.8475	1
2	1.3924	0.7182	0.45872	2.180	0.63872	1.5656	2
3	1.6430	0.6086	0.27992	3.572	0.45992	2.1743	3
4	1.9388	0.5158	0.19174	5.215	0.37174	2.6901	4
5	2.2878	0.4371	0.13978	7.154	0.31978	3.1272	5
6	2.6995	0.3704	0.10591	9.442	0.28591	3.4976	6
7	3.1855	0.3139	0.08236	12.141	0.26236	3.8115	7
8	3.7588	0.2660	0.06524	15.327	0.24524	4.0776	8
9	4.4354	0.2255	0.05240	19.086	0.23239	4.3030	9
10	5.2338	0.1911	0.04251	23.521	0.22251	4.4941	10
11	6.1759	0.1619	0.03478	28.755	0.21478	4.6560	11
12	7.2875	0.1372	0.02863	34.931	0.20863	4.7932	12
13	8.5993	0.1163	0.02369	42.218	0.20369	4.9095	13
14	10.1472	0.0985	0.01968	50.818	0.19968	5.0081	14
15	11.9736	0.0835	0.01640	60.965	0.19640	5.0916	15
16	14.1289	0.0708	0.01371	72.938	0.19371	5.1624	16
17	16.6721	0.0600	0.01149	87.067	0.19149	5.2223	17
18	19.6730	0.0508	0.00964	103.739	0.18964	5.2732	18
19	23.2142	0.0431	0.00810	123.412	0.18810	5.3162	19
20	27.3927	0.0365	0.00682	146.626	0.18682	5.3527	20
22	38.1416	0.0262	0.00485	206.342	0.18485	5.4099	22
24	53.1083	0.0188	0.00345	289.490	0.18345	5.4510	24
25	62.6678	0.0160	0.00292	342.599	0.18292	5.4669	25
26	73.9479	0.0135	0.00247	405.266	0.18247	5.4804	26
28	102.9650	0.0097	0.00177	566.472	0.18177	5.5016	28
30	143.3683	0.0070	0.00126	790.935	0.18126	5.5168	30
32	199.6258	0.0050	0.00091	1103.477	0.18091	5.5277	32
34	277.9585	0.0036	0.00065	1538.660	0.18065	5.5356	34
35	327.9910	0.0030	0.00055	1816.617	0.18055	5.5386	35
36	387.0291	0.0026	0.00047	2144.608	0.18047	5.5412	36
38	538.899	0.0019	0.00033	2988.329	0.18033	5.5453	38
40	750.362	0.0013	0.00024	4163.121	0.18024	5.5482	40
45	1716.641	0.0006	0.00010	9531.344	0.18010	5.5523	45
50	3927.249	0.0003	0.00005	21812.500	0.18005	5.5541	50

TABLE A-18

20.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.2000	0.8333	1.00000	1.000	1.20000	0.8333	1
2	1.4400	0.6944	0.45455	2.200	0.65455	1.5278	2
3	1.7280	0.5787	0.27473	3.640	0.47473	2.1065	3
4	2.0736	0.4823	0.18629	5.368	0.38629	2.5887	4
5	2.4883	0.4019	0.13438	7.442	0.33438	2.9906	5
6	2.9860	0.3349	0.10071	9.930	0.30071	3.3255	6
7	3.5832	0.2791	0.07742	12.916	0.27742	3.6046	7
8	4.2998	0.2326	0.06061	16.499	0.26061	3.8372	8
9	5.1598	0.1938	0.04808	20.799	0.24808	4.0310	9
10	6.1917	0.1615	0.03852	25.959	0.23852	4.1925	10
11	7.4301	0.1346	0.03110	32.150	0.23110	4.3271	11
12	8.9161	0.1122	0.02527	39.580	0.22526	4.4392	12
13	10.6993	0.0935	0.02062	48.497	0.22062	4.5327	13
14	12.8392	0.0779	0.01689	59.196	0.21689	4.6106	14
15	15.4070	0.0649	0.01388	72.035	0.21388	4.6755	15
16	18.4884	0.0541	0.01144	87.442	0.21144	4.7296	16
17	22.1861	0.0451	0.00944	105.930	0.20944	4.7746	17
18	26.6232	0.0376	0.00781	128.116	0.20781	4.8122	18
19	31.9479	0.0313	0.00646	154.740	0.20646	4.8435	19
20	38.3375	0.0261	0.00536	186.687	0.20536	4.8696	20
22	55.2059	0.0181	0.00369	271.030	0.20369	4.9094	22
24	79.4965	0.0126	0.00255	392.483	0.20255	4.9371	24
25	95.3958	0.0105	0.00212	471.979	0.20212	4.9476	25
26	114.4750	0.0087	0.00176	567.375	0.20176	4.9563	26
28	164.8439	0.0061	0.00122	819.220	0.20122	4.9697	28
30	237.3752	0.0042	0.00085	1181.877	0.20085	4.9789	30
32	341.8201	0.0029	0.00059	1704.102	0.20059	4.9854	32
34	492.2207	0.0020	0.00041	2456.105	0.20041	4.9898	34
35	590.6648	0.0017	0.00034	2948.327	0.20034	4.9915	35
36	708.7976	0.0014	0.00028	3538.992	0.20028	4.9929	36
38	1020.668	0.0010	0.00020	5098.344	0.20020	4.9951	38
40	1469.762	0.0007	0.00014	7343.816	0.20014	4.9966	40
45	3657.236	0.0003	0.00005	18281.190	0.20005	4.9986	45
50	9100.363	0.0001	0.00002	45496.870	0.20002	4.9995	50

TABLE A-19

25.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.2500	0.8000	1.00000	1.000	1.25000	0.8000	1
2	1.5625	0.6400	0.44445	2.250	0.69445	1.4400	2
3	1.9531	0.5120	0.26230	3.812	0.51230	1.9520	3
4	2.4414	0.4096	0.17344	5.766	0.42344	2.3616	4
5	3.0517	0.3277	0.12185	8.207	0.37185	2.6893	5
6	3.8147	0.2621	0.08882	11.259	0.33882	2.9514	6
7	4.7683	0.2097	0.06634	15.073	0.31634	3.1611	7
8	5.9604	0.1678	0.05040	19.842	0.30040	3.3289	8
9	7.4505	0.1342	0.03876	25.802	0.28876	3.4631	9
10	9.3132	0.1074	0.03007	33.253	0.28007	3.5705	10
11	11.6414	0.0859	0.02349	42.566	0.27349	3.6564	11
12	14.5518	0.0687	0.01845	54.207	0.26845	3.7251	12
13	18.1897	0.0550	0.01454	68.759	0.26454	3.7801	13
14	22.7371	0.0440	0.01150	86.949	0.26150	3.8241	14
15	28.4214	0.0352	0.00912	109.686	0.25912	3.8593	15
16	35.5267	0.0281	0.00724	138.107	0.25724	3.8874	16
17	44.4083	0.0225	0.00576	173.634	0.25576	3.9099	17
18	55.5104	0.0180	0.00459	218.042	0.25459	3.9279	18
19	69.3879	0.0144	0.00366	273.552	0.25366	3.9424	19
20	86.7348	0.0115	0.00292	342.939	0.25292	3.9539	20
22	135.5230	0.0074	0.00186	538.092	0.25186	3.9705	22
24	211.7543	0.0047	0.00119	843.018	0.25119	3.9811	24
25	264.6926	0.0038	0.00095	1054.771	0.25095	3.9849	25
26	330.8655	0.0030	0.00076	1319.463	0.25076	3.9879	26
28	516.9768	0.0019	0.00048	2063.909	0.25048	3.9923	28
30	807.7749	0.0012	0.00031	3227.103	0.25031	3.9951	30
32	1262.146	0.0008	0.00020	5044.590	0.25020	3.9968	32
34	1972.101	0.0005	0.00013	7884.406	0.25013	3.9980	34
35	2465.124	0.0004	0.00010	9856.504	0.25010	3.9984	35
36	3081.403	0.0003	0.00008	12321.620	0.25008	3.9987	36
38	4814.684	0.0002	0.00005	19254.750	0.25005	3.9992	38
40	7522.934	0.0001	0.00003	30087.750	0.25003	3.9995	40
45	22958.08	0.0000	0.00001	91828.370	0.25001	3.9998	45

TABLE A-20

30.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.3000	0.7692	1.00000	1.000	1.30000	0.7692	1
2	1.6900	0.5917	0.43478	2.300	0.73478	1.3609	2
3	2.1970	0.4552	0.25063	3.990	0.55063	1.8161	3
4	2.8561	0.3501	0.16163	6.187	0.46163	2.1662	4
5	3.7129	0.2693	0.11058	9.043	0.41058	2.4356	5
6	4.8268	0.2072	0.07839	12.756	0.37839	2.6427	6
7	6.2748	0.1594	0.05687	17.583	0.35687	2.8021	7
8	8.1573	0.1226	0.04192	23.858	0.34192	2.9247	8
9	10.6044	0.0943	0.03124	32.015	0.33124	3.0190	9
10	13.7858	0.0725	0.02346	42.619	0.32346	3.0915	10
11	17.9215	0.0558	0.01773	56.405	0.31773	3.1473	11
12	23.2979	0.0429	0.01345	74.326	0.31345	3.1903	12
13	30.2873	0.0330	0.01024	97.624	0.31024	3.2235	13
14	39.3734	0.0254	0.00782	127.912	0.30782	3.2487	14
15	51.1854	0.0195	0.00598	167.285	0.30598	3.2682	15
16	66.5410	0.0150	0.00458	218.470	0.30458	3.2832	16
17	86.5033	0.0116	0.00351	285.011	0.30351	3.2948	17
18	112.4542	0.0089	0.00269	371.514	0.30269	3.3037	18
19	146.1904	0.0068	0.00207	483.968	0.30207	3.3105	19
20	190.0474	0.0053	0.00159	630.158	0.30159	3.3158	20
22	321.1797	0.0031	0.00094	1057.266	0.30094	3.3230	22
24	542.7930	0.0018	0.00055	1805.979	0.30055	3.3272	24
25	705.6306	0.0014	0.00043	2348.771	0.30043	3.3286	25
26	917.3191	0.0011	0.00033	3054.401	0.30033	3.3297	26
28	1550.268	0.0006	0.00019	5164.227	0.30019	3.3312	28
30	2619.949	0.0004	0.00011	8729.836	0.30011	3.3321	30
32	4427.707	0.0002	0.00007	14755.690	0.30007	3.3326	32
34	7482.816	0.0001	0.00004	24939.410	0.30004	3.3329	34
35	9727.660	0.0001	0.00003	32422.230	0.30003	3.3330	35

TABLE A-21

35.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.3500	0.7407	1.00000	1.000	1.35000	0.7407	1
2	1.8225	0.5487	0.42553	2.350	0.77553	1.2894	2
3	2.4604	0.4064	0.23966	4.172	0.58966	1.6959	3
4	3.3215	0.3011	0.15076	6.633	0.50076	1.9969	4
5	4.4840	0.2230	0.10046	9.954	0.45046	2.2200	5
6	6.0534	0.1652	0.06926	14.438	0.41926	2.3852	6
7	8.1721	0.1224	0.04880	20.492	0.39880	2.5075	7
8	11.0324	0.0906	0.03489	28.664	0.38489	2.5982	8
9	14.8937	0.0671	0.02519	39.696	0.37519	2.6653	9
10	20.1065	0.0497	0.01832	54.590	0.36832	2.7150	10
11	27.1437	0.0368	0.01339	74.696	0.36339	2.7519	11
12	36.6440	0.0273	0.00982	101.840	0.35982	2.7792	12
13	49.4694	0.0202	0.00722	138.484	0.35722	2.7994	13
14	66.7836	0.0150	0.00532	187.953	0.35532	2.8144	14
15	90.1579	0.0111	0.00393	254.737	0.35393	2.8255	15
16	121.7131	0.0082	0.00290	344.895	0.35290	2.8337	16
17	164.3126	0.0061	0.00214	466.608	0.35214	2.8398	17
18	221.8219	0.0045	0.00158	630.920	0.35158	2.8443	18
19	299.4595	0.0033	0.00117	852.742	0.35117	2.8476	19
20	404.2700	0.0025	0.00087	1152.201	0.35087	2.8501	20
22	736.7817	0.0014	0.00048	2102.236	0.35048	2.8533	22
24	1342.783	0.0007	0.00026	3833.673	0.35026	2.8550	24
25	1812.757	0.0006	0.00019	5176.453	0.35019	2.8556	25
26	2447.221	0.0004	0.00014	6989.207	0.35014	2.8560	26
28	4460.055	0.0002	0.00008	12740.160	0.35008	2.8565	28
30	8128.445	0.0001	0.00004	23221.290	0.35004	2.8568	30
32	14814.08	0.0001	0.00002	42323.120	0.35002	2.8570	32
34	26998.64	0.0000	0.00001	77136.120	0.35001	2.8570	34
35	36448.14	0.0000	0.00001	104134.70	0.35001	2.8571	35

TABLE A-22

40.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.4000	0.7143	1.00000	1.000	1.40000	0.7143	1
2	1.9600	0.5102	0.41667	2.400	0.81667	1.2245	2
3	2.7440	0.3644	0.22936	4.360	0.62936	1.5889	3
4	3.8416	0.2603	0.14077	7.104	0.54077	1.8492	4
5	5.3782	0.1859	0.09136	10.946	0.49136	2.0352	5
6	7.5295	0.1328	0.06126	16.324	0.46126	2.1680	6
7	10.5413	0.0949	0.04192	23.853	0.44192	2.2628	7
8	14.7579	0.0678	0.02907	34.395	0.42907	2.3306	8
9	20.6610	0.0484	0.02034	49.153	0.42034	2.3790	9
10	28.9254	0.0346	0.01432	69.814	0.41432	2.4136	10
11	40.4955	0.0247	0.01013	98.739	0.41013	2.4383	11
12	56.6937	0.0176	0.00718	139.234	0.40718	2.4559	12
13	79.3712	0.0126	0.00510	195.928	0.40510	2.4685	13
14	111.1196	0.0090	0.00363	275.299	0.40363	2.4775	14
15	155.5675	0.0064	0.00259	386.419	0.40259	2.4839	15
16	217.7944	0.0046	0.00185	541.986	0.40184	2.4885	16
17	304.9119	0.0033	0.00132	759.780	0.40132	2.4918	17
18	426.8767	0.0023	0.00094	1064.693	0.40094	2.4941	18
19	597.6272	0.0017	0.00067	1491.570	0.40067	2.4958	19
20	836.6780	0.0012	0.00048	2089.197	0.40048	2.4970	20
22	1639.888	0.0006	0.00024	4097.223	0.40024	2.4985	22
24	3214.178	0.0003	0.00012	8032.949	0.40012	2.4992	24
25	4499.848	0.0002	0.00009	11247.120	0.40009	2.4994	25
26	6299.785	0.0002	0.00006	15746.970	0.40006	2.4996	26
28	12347.57	0.0001	0.00003	30866.460	0.40003	2.4998	28
30	24201.23	0.0000	0.00002	60500.640	0.40002	2.4999	30
32	47434.39	0.0000	0.00001	118583.50	0.40001	2.4999	32
34	92971.31	0.0000	0.00000	232425.90	0.40000	2.5000	34
35	130159.8	0.0000	0.00000	325397.20	0.40000	2.5000	35

TABLE A-23

45.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

	SINGLE PAYMENTS		UNIFORM SERIES PAYMENTS				
N	COMPOUND AMOUNT F/P	PRESENT WORTH P/F	SINKING FUND A/F	COMPOUND AMOUNT F/A	CAPITAL RECOVERY A/P	PRESENT WORTH P/A	N
1	1.4500	0.6897	1.00000	1.000	1.45000	0.6897	1
2	2.1025	0.4756	0.40816	2.450	0.85816	1.1653	2
3	3.0486	0.3280	0.21966	4.552	0.66966	1.4933	3
4	4.4205	0.2262	0.13156	7.601	0.58156	1.7195	4
5	6.4097	0.1560	0.08318	12.022	0.53318	1.8755	5
6	9.2941	0.1076	0.05426	18.431	0.50426	1.9831	6
7	13.4764	0.0742	0.03607	27.725	0.48607	2.0573	7
8	19.5407	0.0512	0.02427	41.202	0.47427	2.1085	8
9	28.3341	0.0353	0.01646	60.742	0.46646	2.1438	9
10	41.0844	0.0243	0.01123	89.076	0.46123	2.1681	10
11	59.5723	0.0168	0.00768	130.161	0.45768	2.1849	11
12	86.3797	0.0116	0.00527	189.733	0.45527	2.1965	12
13	125.2505	0.0080	0.00362	276.112	0.45362	2.2045	13
14	181.6131	0.0055	0.00249	401.363	0.45249	2.2100	14
15	263.3386	0.0038	0.00172	582.975	0.45171	2.2138	15
16	381.8408	0.0026	0.00118	846.313	0.45118	2.2164	16
17	553.6689	0.0018	0.00081	1228.154	0.45081	2.2182	17
18	802.8193	0.0012	0.00056	1781.822	0.45056	2.2195	18
19	1164.087	0.0009	0.00039	2584.641	0.45039	2.2203	19
20	1687.925	0.0006	0.00027	3748.725	0.45027	2.2209	20
22	3548.857	0.0003	0.00013	7884.133	0.45013	2.2216	22
24	7461.457	0.0001	0.00006	16578.800	0.45006	2.2219	24
25	10819.11	0.0001	0.00004	24040.250	0.45004	2.2220	25
26	15687.70	0.0001	0.00003	34859.350	0.45003	2.2221	26
28	32983.32	0.0000	0.00001	73294.060	0.45001	2.2222	28
30	69347.31	0.0000	0.00001	154103.00	0.45001	2.2222	30
32	145802.5	0.0000	0.00000	324003.60	0.45000	2.2222	32
34	306549.3	0.0000	0.00000	681219.10	0.45000	2.2222	34
35	444496.2	0.0000	0.00000	987768.30	0.45000	2.2222	35

TABLE A-24

50.00% COMPOUND INTEREST FACTORS

N	SINGLE PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/P	SINGLE PAYMENTS: PRESENT WORTH P/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: SINKING FUND A/F	UNIFORM SERIES PAYMENTS: COMPOUND AMOUNT F/A	UNIFORM SERIES PAYMENTS: CAPITAL RECOVERY A/P	UNIFORM SERIES PAYMENTS: PRESENT WORTH P/A	N
1	1.5000	0.6667	1.00000	1.000	1.50000	0.6667	1
2	2.2500	0.4444	0.40000	2.500	0.90000	1.1111	2
3	3.3750	0.2963	0.21053	4.750	0.71053	1.4074	3
4	5.0625	0.1975	0.12308	8.125	0.62308	1.6049	4
5	7.5937	0.1317	0.07583	13.187	0.57583	1.7366	5
6	11.3906	0.0878	0.04812	20.781	0.54812	1.8244	6
7	17.0859	0.0585	0.03108	32.172	0.53108	1.8829	7
8	25.6288	0.0390	0.02030	49.258	0.52030	1.9220	8
9	38.4431	0.0260	0.01335	74.886	0.51335	1.9480	9
10	57.6647	0.0173	0.00882	113.329	0.50882	1.9653	10
11	86.4969	0.0116	0.00585	170.994	0.50585	1.9769	11
12	129.7453	0.0077	0.00388	257.491	0.50388	1.9846	12
13	194.6179	0.0051	0.00258	387.236	0.50258	1.9897	13
14	291.9265	0.0034	0.00172	581.854	0.50172	1.9931	14
15	437.8896	0.0023	0.00114	873.780	0.50114	1.9954	15
16	656.8340	0.0015	0.00076	1311.669	0.50076	1.9970	16
17	985.2505	0.0010	0.00051	1968.503	0.50051	1.9980	17
18	1477.875	0.0007	0.00034	2953.753	0.50034	1.9986	18
19	2216.811	0.0005	0.00023	4431.625	0.50023	1.9991	19
20	3325.214	0.0003	0.00015	6648.434	0.50015	1.9994	20
22	7481.723	0.0001	0.00007	14961.450	0.50007	1.9997	22
24	16833.85	0.0001	0.00003	33665.730	0.50003	1.9999	24
25	25250.77	0.0000	0.00002	50499.570	0.50002	1.9999	25
26	37876.13	0.0000	0.00001	75750.310	0.50001	1.9999	26
28	85221.13	0.0000	0.00001	170440.30	0.50001	2.0000	28
30	191747.4	0.0000	0.00000	383493.10	0.50000	2.0000	30
32	431431.1	0.0000	0.00000	862861.50	0.50000	2.0000	32
34	970719.8	0.0000	0.00000	1941437.0	0.50000	2.0000	34

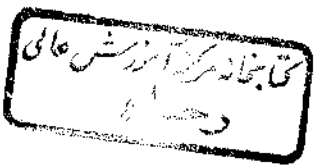


TABLE A-25

PRESENT WORTH GRADIENT FACTORS(P/G)

N	1%	2%	3%	4%	5%	6%	N
2	0.958	0.958	0.941	0.924	0.906	0.890	2
3	2.895	2.841	2.772	2.702	2.634	2.569	3
4	5.773	5.612	5.437	5.267	5.101	4.945	4
5	9.566	9.233	8.887	8.554	8.235	7.934	5
6	14.271	13.672	13.074	12.506	11.966	11.458	6
7	19.860	18.895	17.952	17.066	16.230	15.449	7
8	26.324	24.868	23.478	22.180	20.968	19.840	8
9	33.626	31.559	29.609	27.801	26.124	24.576	9
10	41.764	38.943	36.305	33.881	31.649	29.601	10
11	50.721	46.984	43.530	40.377	37.496	34.869	11
12	60.479	55.657	51.245	47.248	43.621	40.335	12
13	71.018	64.932	59.416	54.454	49.984	45.961	13
14	82.314	74.783	68.010	61.961	56.550	51.711	14
15	94.374	85.183	76.996	69.735	63.284	57.553	15
16	107.154	96.109	86.343	77.744	70.156	63.457	16
17	120.662	107.535	96.023	85.958	77.136	69.399	17
18	134.865	119.436	106.009	94.350	84.200	75.355	18
19	149.754	131.792	116.274	102.893	91.323	81.304	19
20	165.320	144.577	126.794	111.564	98.484	87.228	20
21	181.546	157.772	137.544	120.341	105.663	93.111	21
22	198.407	171.354	148.504	129.202	112.841	98.939	22
23	215.903	185.305	159.651	138.128	120.004	104.699	23
24	234.009	199.604	170.965	147.101	127.135	110.379	24
25	252.717	214.231	182.428	156.103	134.223	115.971	25
26	272.011	229.169	194.020	165.121	141.253	121.466	26
27	291.875	244.401	205.725	174.138	148.217	126.858	27
28	312.309	259.908	217.525	183.142	155.105	132.140	28
29	333.280	275.674	229.407	192.120	161.907	137.307	29
30	354.790	291.684	241.355	201.061	168.617	142.357	30
31	376.822	307.921	253.354	209.955	175.228	147.284	31
32	399.360	324.369	265.392	218.792	181.734	152.088	32
33	422.398	341.016	277.457	227.563	188.130	156.766	33
34	445.919	357.845	289.536	236.260	194.412	161.317	34
35	469.916	374.846	301.619	244.876	200.575	165.741	35
36	494.375	392.003	313.695	253.405	206.618	170.037	36
37	519.279	409.305	325.755	261.839	212.538	174.205	37
38	544.622	426.738	337.788	270.175	218.333	178.247	38
39	570.396	444.291	349.786	278.406	224.000	182.163	39
40	596.579	461.953	361.742	286.530	229.540	185.955	40
42	650.167	497.560	385.495	302.437	240.234	193.171	42
44	705.288	533.474	408.989	317.869	250.412	199.911	44
46	761.870	569.618	432.177	332.810	260.079	206.192	46
48	819.829	605.921	455.017	347.244	269.242	212.033	48
50	879.089	642.316	477.472	361.163	277.910	217.456	50

TABLE A-25

PRESENT WORTH GRADIENT FACTORS(P/G)

N	7%	8%	9%	10%	15%	20%	N
2	0.873	0.857	0.841	0.826	0.756	0.694	2
3	2.506	2.445	2.386	2.329	2.071	1.852	3
4	4.794	4.650	4.511	4.378	3.786	3.299	4
5	7.646	7.372	7.111	6.862	5.775	4.906	5
6	10.978	10.523	10.092	9.684	7.937	6.581	6
7	14.714	14.024	13.374	12.763	10.192	8.255	7
8	18.788	17.806	16.887	16.028	12.481	9.883	8
9	23.140	21.808	20.570	19.421	14.755	11.434	9
10	27.715	25.977	24.372	22.891	16.975	12.887	10
11	32.466	30.266	28.247	26.396	19.129	14.233	11
12	37.350	34.634	32.158	29.901	21.185	15.467	12
13	42.330	39.046	36.072	33.377	23.135	16.588	13
14	47.371	43.472	39.962	36.800	24.972	17.601	14
15	52.445	47.886	43.806	40.152	26.693	18.509	15
16	57.526	52.264	47.584	43.416	28.296	19.321	16
17	62.592	56.588	51.281	46.581	29.783	20.042	17
18	67.621	60.842	54.885	49.639	31.156	20.680	18
19	72.598	65.013	58.386	52.582	32.421	21.244	19
20	77.508	69.090	61.776	55.406	33.582	21.739	20
21	82.339	73.063	65.050	58.109	34.645	22.174	21
22	87.079	76.926	68.204	60.689	35.615	22.555	22
23	91.719	80.672	71.235	63.146	36.499	22.887	23
24	96.254	84.300	74.142	65.481	37.302	23.176	24
25	100.676	87.804	76.926	67.696	38.031	23.428	25
26	104.981	91.184	79.586	69.794	38.692	23.646	26
27	109.165	94.439	82.123	71.777	39.289	23.835	27
28	113.226	97.569	84.541	73.649	39.828	23.999	28
29	117.161	100.574	86.842	75.414	40.315	24.141	29
30	120.971	103.456	89.027	77.076	40.753	24.263	30
31	124.654	106.216	91.102	78.639	41.147	24.368	31
32	128.211	108.857	93.068	80.108	41.501	24.459	32
33	131.643	111.382	94.931	81.485	41.818	24.537	33
34	134.950	113.792	96.693	82.777	42.103	24.604	34
35	138.135	116.092	98.358	83.987	42.359	24.661	35
36	141.198	118.284	99.931	85.119	42.587	24.711	36
37	144.144	120.371	101.416	86.178	42.792	24.753	37
38	146.972	122.358	102.815	87.167	42.974	24.789	38
39	149.688	124.247	104.134	88.091	43.137	24.820	39
40	152.292	126.042	105.376	88.952	43.283	24.847	40
42	157.180	129.365	107.643	90.505	43.529	24.889	42
44	161.660	132.355	109.645	91.851	43.723	24.920	44
46	165.758	135.038	111.410	93.016	43.878	24.942	46
48	169.498	137.443	112.962	94.022	44.000	24.958	48
50	172.905	139.593	114.325	94.889	44.096	24.970	50

TABLE A-25

PRESENT WORTH GRADIENT FACTORS (P/G)

N	25%	30%	35%	40%	45%	50%	N
2	0.640	0.592	0.549	0.510	0.476	0.444	2
3	1.664	1.502	1.362	1.239	1.132	1.037	3
4	2.893	2.552	2.265	2.020	1.810	1.630	4
5	4.204	3.630	3.157	2.764	2.434	2.156	5
6	5.514	4.666	3.983	3.428	2.972	2.595	6
7	6.773	5.622	4.717	3.997	3.418	2.946	7
8	7.947	6.480	5.352	4.471	3.776	3.220	8
9	9.021	7.234	5.889	4.858	4.058	3.428	9
10	9.987	7.887	6.336	5.170	4.277	3.584	10
11	10.846	8.445	6.705	5.417	4.445	3.699	11
12	11.602	8.917	7.005	5.611	4.572	3.784	12
13	12.262	9.314	7.247	5.762	4.668	3.846	13
14	12.833	9.644	7.442	5.879	4.740	3.890	14
15	13.326	9.917	7.597	5.969	4.793	3.922	15
16	13.748	10.143	7.721	6.038	4.832	3.945	16
17	14.108	10.328	7.818	6.090	4.861	3.961	17
18	14.415	10.479	7.895	6.130	4.882	3.973	18
19	14.674	10.602	7.955	6.160	4.898	3.981	19
20	14.893	10.702	8.002	6.183	4.909	3.987	20
21	15.078	10.783	8.038	6.200	4.917	3.991	21
22	15.233	10.848	8.067	6.213	4.923	3.994	22
23	15.362	10.901	8.089	6.222	4.927	3.996	23
24	15.471	10.943	8.106	6.229	4.930	3.997	24
25	15.562	10.977	8.119	6.235	4.933	3.998	25
26	15.637	11.005	8.130	6.239	4.934	3.999	26
27	15.700	11.026	8.137	6.242	4.935	3.999	27
28	15.752	11.044	8.143	6.244	4.936	3.999	28
29	15.796	11.058	8.148	6.245	4.937	4.000	29
30	15.832	11.069	8.152	6.247	4.937	4.000	30
31	15.861	11.078	8.154	6.248	4.938	4.000	31
32	15.886	11.085	8.157	6.248	4.938	4.000	32
33	15.906	11.090	8.158	6.249	4.938	4.000	33
34	15.923	11.094	8.159	6.249	4.938	4.000	34
35	15.937	11.098	8.160	6.249	4.938	4.000	35
36	15.948	11.101	8.161	6.249	4.938	4.000	36
37	15.957	11.103	8.162	6.250	4.938	4.000	37
38	15.965	11.105	8.162	6.250	4.938	4.000	38
39	15.971	11.106	8.162	6.250	4.938	4.000	39
40	15.977	11.107	8.163	6.250	4.938	4.000	40
42	15.984	11.109	8.163	6.250	4.938	4.000	42
44	15.990	11.110	8.163	6.250	4.938	4.000	44
46	15.993	11.110	8.163	6.250	4.938	4.000	46
48	15.995	11.111	8.163	6.250	4.938	4.000	48
50	15.997	11.111	8.163	6.250	4.938	4.000	50

TABLE A-26

ANNUAL COST GRADIENT FACTORS(A/G)

N	1/2%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	N
2	0.461	0.486	0.493	0.492	0.490	0.487	0.485	2
3	0.954	0.984	0.985	0.980	0.974	0.967	0.961	3
4	1.453	1.480	1.474	1.463	1.451	1.439	1.427	4
5	1.954	1.971	1.959	1.941	1.922	1.902	1.883	5
6	2.448	2.463	2.441	2.413	2.386	2.358	2.330	6
7	2.942	2.952	2.920	2.881	2.843	2.805	2.767	7
8	3.440	3.440	3.395	3.345	3.294	3.244	3.195	8
9	3.931	3.926	3.867	3.803	3.739	3.675	3.613	9
10	4.425	4.410	4.336	4.256	4.177	4.099	4.022	10
11	4.916	4.893	4.801	4.705	4.609	4.514	4.421	11
12	5.405	5.374	5.263	5.148	5.034	4.922	4.811	12
13	5.894	5.853	5.722	5.587	5.453	5.321	5.192	13
14	6.385	6.331	6.177	6.021	5.866	5.713	5.563	14
15	6.873	6.807	6.630	6.450	6.272	6.097	5.926	15
16	7.360	7.281	7.079	6.874	6.672	6.473	6.279	16
17	7.846	7.754	7.524	7.293	7.066	6.842	6.624	17
18	8.331	8.225	7.967	7.708	7.453	7.203	6.960	18
19	8.816	8.694	8.406	8.118	7.834	7.557	7.287	19
20	9.300	9.162	8.842	8.523	8.209	7.903	7.605	20
22	10.266	10.092	9.704	9.318	8.941	8.573	8.216	22
24	11.228	11.016	10.553	10.095	9.648	9.214	8.795	24
25	11.707	11.476	10.973	10.476	9.992	9.523	9.072	25
26	12.186	11.934	11.390	10.853	10.331	9.826	9.341	26
28	13.141	12.844	12.213	11.593	10.991	10.411	9.857	28
30	14.092	13.748	13.024	12.314	11.627	10.969	10.342	30
32	15.041	14.646	13.822	13.017	12.241	11.500	10.799	32
34	15.986	15.537	14.607	13.702	12.832	12.006	11.227	34
35	16.458	15.980	14.995	14.037	13.120	12.250	11.432	35
36	16.928	16.421	15.380	14.369	13.402	12.487	11.630	36
38	17.867	17.299	16.140	15.018	13.950	12.944	12.006	38
40	18.802	18.170	16.887	15.650	14.476	13.377	12.359	40
45	21.126	20.320	18.702	17.155	15.705	14.364	13.141	45
50	23.429	22.429	20.441	18.557	16.812	15.223	13.796	50
55	25.711	24.498	22.105	19.860	17.807	15.966	14.341	55
60	27.973	26.526	23.695	21.067	18.697	16.606	14.791	60
65	30.214	28.515	25.214	22.184	19.491	17.154	15.160	65
70	32.435	30.463	26.662	23.214	20.196	17.621	15.461	70
75	34.635	32.372	28.042	24.163	20.821	18.017	15.706	75
80	36.814	34.242	29.356	25.035	21.372	18.352	15.903	80
85	38.973	36.073	30.605	25.835	21.857	18.635	16.062	85
90	41.112	37.866	31.792	26.566	22.283	18.871	16.189	90
95	43.230	39.620	32.918	27.235	22.655	19.069	16.290	95
100	45.328	41.336	33.985	27.844	22.980	19.234	16.371	100

ANNUAL COST GRADIENT FACTORS(A/G)

N	7%	8%	9%	10%	12%	15%	18%	N
2	0.483	0.481	0.478	0.476	0.472	0.465	0.459	2
3	0.955	0.949	0.943	0.936	0.925	0.907	0.890	3
4	1.415	1.404	1.392	1.381	1.359	1.326	1.295	4
5	1.865	1.846	1.828	1.810	1.775	1.723	1.673	5
6	2.303	2.276	2.250	2.224	2.172	2.097	2.025	6
7	2.730	2.694	2.657	2.622	2.551	2.450	2.353	7
8	3.146	3.099	3.051	3.004	2.913	2.781	2.656	8
9	3.552	3.491	3.431	3.372	3.257	3.092	2.936	9
10	3.946	3.871	3.798	3.725	3.585	3.383	3.194	10
11	4.330	4.239	4.151	4.064	3.895	3.655	3.430	11
12	4.702	4.596	4.491	4.388	4.190	3.908	3.647	12
13	5.065	4.940	4.818	4.699	4.468	4.144	3.845	13
14	5.417	5.273	5.133	4.995	4.732	4.362	4.025	14
15	5.758	5.594	5.435	5.279	4.980	4.565	4.189	15
16	6.090	5.905	5.724	5.549	5.215	4.752	4.337	16
17	6.411	6.204	6.002	5.807	5.435	4.925	4.471	17
18	6.722	6.492	6.269	6.053	5.643	5.084	4.592	18
19	7.024	6.770	6.524	6.286	5.838	5.231	4.700	19
20	7.316	7.037	6.767	6.508	6.020	5.365	4.798	20
22	7.872	7.541	7.223	6.919	6.351	5.601	4.963	22
24	8.392	8.007	7.638	7.288	6.641	5.798	5.095	24
25	8.639	8.225	7.832	7.458	6.771	5.883	5.150	25
26	8.877	8.435	8.016	7.619	6.892	5.961	5.199	26
28	9.329	8.829	8.357	7.914	7.110	6.096	5.281	28
30	9.749	9.190	8.666	8.176	7.297	6.207	5.345	30
32	10.138	9.520	8.944	8.409	7.459	6.297	5.394	32
34	10.499	9.821	9.193	8.615	7.596	6.371	5.433	34
35	10.669	9.961	9.308	8.709	7.658	6.402	5.449	35
36	10.832	10.095	9.417	8.796	7.714	6.430	5.462	36
38	11.140	10.344	9.617	8.956	7.814	6.478	5.485	38
40	11.423	10.570	9.796	9.096	7.899	6.517	5.502	40
45	12.036	11.045	10.160	9.374	8.057	6.583	5.529	45
50	12.529	11.411	10.429	9.570	8.160	6.620	5.543	50
55	12.921	11.690	10.626	9.708	8.225	6.641	5.549	55
60	13.232	11.902	10.768	9.802	8.266	6.653	5.553	60
65	13.476	12.060	10.870	9.867	8.292	6.659	5.554	65
70	13.666	12.178	10.943	9.911	8.308	6.663	5.555	70
75	13.814	12.266	10.994	9.941	8.318	6.665	5.555	75
80	13.927	12.330	11.030	9.961	8.324	6.666	5.555	80
85	14.015	12.377	11.055	9.974	8.328	6.666	5.555	85
90	14.081	12.412	11.073	9.983	8.330	6.666	5.556	90
95	14.132	12.437	11.085	9.989	8.331	6.667	5.556	95
100	14.170	12.455	11.093	9.993	8.332	6.667	5.556	100

TABLE A-26

ANNUAL COST GRADIENT FACTORS(A/G)

N	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	N
2	0.455	0.444	0.435	0.426	0.417	0.408	0.400	2
3	0.879	0.852	0.827	0.803	0.780	0.758	0.737	3
4	1.274	1.225	1.178	1.134	1.092	1.053	1.015	4
5	1.641	1.563	1.490	1.422	1.358	1.298	1.242	5
6	1.979	1.868	1.765	1.670	1.581	1.499	1.423	6
7	2.290	2.142	2.006	1.881	1.766	1.661	1.565	7
8	2.576	2.387	2.216	2.060	1.919	1.791	1.675	8
9	2.836	2.605	2.396	2.209	2.042	1.893	1.760	9
10	3.074	2.797	2.551	2.334	2.142	1.973	1.824	10
11	3.289	2.966	2.683	2.436	2.221	2.034	1.871	11
12	3.484	3.115	2.795	2.520	2.285	2.082	1.907	12
13	3.660	3.244	2.889	2.589	2.334	2.118	1.933	13
14	3.817	3.356	2.968	2.644	2.373	2.145	1.952	14
15	3.959	3.453	3.034	2.689	2.403	2.165	1.966	15
16	4.085	3.537	3.089	2.725	2.426	2.180	1.976	16
17	4.198	3.608	3.135	2.753	2.444	2.191	1.983	17
18	4.298	3.670	3.172	2.776	2.458	2.200	1.988	18
19	4.386	3.722	3.202	2.793	2.468	2.206	1.991	19
20	4.464	3.767	3.228	2.808	2.476	2.210	1.994	20
22	4.594	3.836	3.265	2.827	2.487	2.216	1.997	22
24	4.694	3.886	3.289	2.839	2.493	2.219	1.999	24
25	4.735	3.905	3.298	2.843	2.494	2.220	1.999	25
26	4.771	3.921	3.305	2.847	2.496	2.221	1.999	26
28	4.829	3.946	3.315	2.851	2.498	2.221	2.000	28
30	4.873	3.963	3.322	2.853	2.499	2.222	2.000	30
32	4.906	3.975	3.326	2.855	2.499	2.222	2.000	32
34	4.931	3.983	3.329	2.856	2.500	2.222	2.000	34
35	4.941	3.986	3.330	2.856	2.500	2.222	2.000	35
36	4.949	3.988	3.330	2.856	2.500	2.222	2.000	36
38	4.963	3.992	3.332	2.857	2.500	2.222	2.000	38
40	4.973	3.995	3.332	2.857	2.500	2.222	2.000	40
45	4.988	3.998	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	45
50	4.995	3.999	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	50
55	4.998	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	55
60	4.999	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	60
65	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	65
70	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	70
75	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	75
80	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	80
85	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	85
90	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	90
95	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	95
100	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	100

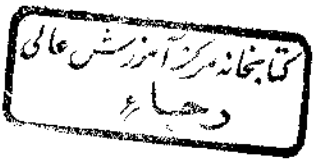

کتابخانه مرکز آموزش عالی
دهاز

Table B-1 EFFECTIVE RATES FOR SPECIFIC NOMINAL RATES*

Nominal rate, r%	Semiannually ($t = 2$)	Quarterly ($t = 4$)	Monthly ($t = 12$)	Weekly ($t = 52$)	Daily ($t = 365$)	Continuously ($t = \infty$; $e^r - 1$)
0.25	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
0.50	0.501	0.501	0.501	0.501	0.501	0.501
0.75	0.751	0.752	0.753	0.753	0.753	0.753
1.00	1.003	1.004	1.005	1.005	1.005	1.005
1.50	1.506	1.508	1.510	1.511	1.511	1.511
2	2.010	2.015	2.018	2.020	2.020	2.020
3	3.023	3.034	3.042	3.044	3.045	3.046
4	4.040	4.060	4.074	4.079	4.081	4.081
5	5.063	5.095	5.116	5.124	5.126	5.127
6	6.090	6.136	6.168	6.180	6.180	6.184
7	7.123	7.186	7.229	7.246	7.247	7.251
8	8.160	8.243	8.300	8.324	8.325	8.329
9	9.203	9.308	9.381	9.409	9.413	9.417
10	10.250	10.381	10.471	10.506	10.516	10.517
11	11.303	11.462	11.572	11.614	11.623	11.628
12	12.360	12.551	12.683	12.734	12.745	12.750
13	13.423	13.648	13.803	13.864	13.878	13.883
14	14.490	14.752	14.934	15.006	15.022	15.027
15	15.563	15.865	16.076	16.158	16.177	16.183
16	16.640	16.986	17.227	17.322	17.345	17.351
17	17.723	18.115	18.389	18.497	18.524	18.530
18	18.810	19.252	19.562	19.684	19.714	19.722
19	19.903	20.397	20.745	20.883	20.917	20.925
20	21.000	21.551	21.939	22.093	22.132	22.140
21	22.103	22.712	23.144	23.315	23.358	23.368
22	23.210	23.883	24.359	24.549	24.598	24.608
23	24.323	25.061	25.586	25.796	25.849	25.860
24	25.440	26.248	26.824	27.054	27.113	27.125
25	26.563	27.443	28.073	28.325	28.390	28.403
26	27.690	28.646	29.333	29.609	29.680	29.693
27	28.823	29.859	30.605	30.905	30.982	30.996
28	29.960	31.079	31.888	32.213	32.298	32.313
29	31.103	32.309	33.183	33.535	33.626	33.643
30	32.250	33.547	34.489	34.869	34.968	34.986
31	33.403	34.794	35.807	36.217	36.327	36.343
32	34.560	36.049	37.137	37.578	37.693	37.713
33	35.723	37.313	38.478	38.952	39.076	39.097
34	36.890	38.586	39.832	40.339	40.472	40.495
35	38.063	39.868	41.198	41.740	41.883	41.907
40	44.000	46.410	48.213	48.954	49.150	49.182
45	50.063	53.179	55.545	56.528	56.788	56.831
50	56.250	60.181	63.209	64.479	64.816	64.872

*Formula used: $(1 + r/t)^t - 1$.

ضمیمه B :

جدول نرمال

Proportions of the Normal Curve (One-Tailed)

This table gives the proportion of the normal curve that lies beyond (i.e., is more extreme than) a given normal deviate, $Z = (X_i - \mu)/\sigma$ or $Z = (\bar{X} - \mu)/\sigma_{\bar{X}}$. For example, the proportion of a normal distribution for which $Z \geq 1.51$ is 0.0655.

Z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Z
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641	0.0
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247	0.1
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859	0.2
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3485	0.3
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121	0.4
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776	0.5
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451	0.6
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2297	0.2266	0.2236	0.2207	0.2177	0.2148	0.7
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867	0.8
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611	0.9
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379	1.0
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170	1.1
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985	1.2
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823	1.3
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681	1.4
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559	1.5
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455	1.6
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367	1.7
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294	1.8
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233	1.9
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183	2.0
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143	2.1
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110	2.2
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084	2.3
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064	2.4
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048	2.5
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036	2.6
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026	2.7
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019	2.8
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014	2.9
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010	3.0
3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007	3.1
3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	3.2
3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	3.3
3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	3.4
3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	3.5
3.6	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	3.6
3.7	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	3.7
3.8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	3.8