



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## اقتصاد مهندسی

ارزیابی اقتصادی  
پروژه های صنعتی

چاپ هفتم، جاویرایش و تجدیدنظر

تألیف

دکتر محمد مهدی اسکونژاد

کتابخانه مرکز آموزش عالی  
رجاء

# اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی

تألیف: دکتر محمد مهدی 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 محمد مهدی اسکونزاد

ناشر : مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چاپ هفتم : با تجدید نظر، 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، مهندسين 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:

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

۲- انتقادات پراچ دانشجویان، مدیران صنایع، مهندسين مشاور و کارشناسان

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

۴- مشخص شدن نقاط ضعف کتاب در اثر تدریس آن

۵- 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

مطرح کارشناسی و کارشناسی ارشد و همچنین مدیران تولیدی و صنعتی توصیه می شود.

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

محمد مهدی اسکونژاد

خردادماه ۱۳۷۵

## فهرست

### بخش اول: مفاهیم اساسی اقتصاد مهندسی

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

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

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

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

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

|     |                                                    |
|-----|----------------------------------------------------|
| ۲۸۹ | میانگین و واریانس تخمین                            |
| ۲۹۴ | محاسبه نقطه سر به سر بین طرحها                     |
| ۳۰۰ | نقطه سر به سر بین سه یا تعداد بیشتری از طرحها      |
| ۳۰۵ | مسائل                                              |
| ۳۱۱ | فصل پانزدهم: تورم                                  |
| ۳۱۱ | مقدمه                                              |
| ۳۱۱ | اندازه گیری نرخ تورم                               |
| ۳۱۲ | ۱- شاخص قیمت مصرف کننده                            |
| ۳۱۲ | ۲- شاخص قیمت عمده فروشی                            |
| ۳۱۲ | ۳- شاخص قیمت مطلق                                  |
| ۳۱۳ | اثر تورم در بررسیهای اقتصادی                       |
| ۳۱۴ | محاسبه نرخ ظاهری (i)                               |
| ۳۱۵ | مقایسه مقدار ثابت قبل از کسر مالیات                |
| ۳۱۸ | مقایسه فرآیند مالی متورم شده - بعد از کسر مالیات   |
| ۳۱۸ | هزینه های شامل نشده در تحلیل بعد از کسر مالیات     |
| ۳۲۳ | بی ثباتی قیمت در تحلیل بعد از کسر مالیات           |
| ۳۲۸ | مقایسه بعد از کسر مالیات با فرآیند مالی اصلاح شده  |
| ۳۳۰ | تصمیم گیری در مورد زمان و چگونگی در نظر گرفتن تورم |
| ۳۳۱ | اثرات تورم در بررسیهای اقتصادی بعد از مالیات       |
| ۳۳۲ | تاثیر تورم بر ارزش فعلی خالص (NPW)                 |
| ۳۳۲ | الف - اثبات اینکه NPW در زمان تورم کاهش می یابد.   |
|     | ب - اثبات اینکه NPW می تواند در زمان تورم ثابت     |
| ۳۳۳ | نگهداشته شود.                                      |
| ۳۳۴ | مدل I - اثر تورم بر درآمد خالص                     |
| ۳۳۵ | مدل II - اثر تورم بر درآمد ناخالص                  |

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

|     |                                             |
|-----|---------------------------------------------|
| ۳۸۹ | ۱- زمان ریسک                                |
| ۳۹۱ | ۲- ضریب تغییرات                             |
| ۳۹۱ | ۳- سیاست توزیع سرمایه                       |
| ۳۹۴ | ریسک در فرآیند مالی تجمعی                   |
| ۳۹۷ | استفاده از روابط آماری                      |
| ۳۹۹ | شبیه سازی                                   |
| ۴۰۰ | شبیه سازی مونت کارلو                        |
| ۴۰۱ | شبیه سازی فرآیند مالی                       |
| ۴۰۶ | سایروتین های تولید اعداد و متغیرهای تصادفی: |
| ۴۰۷ | الف - در مورد چند توزیع پیوسته (متصل)       |
| ۴۰۸ | ب - در مورد چند توزیع گسسته (منفصل)         |
| ۴۱۳ | مسائل                                       |
|     | 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 استفاده بجا از این تکنیکها دارد.

### شناسایی یک موضوع قابل بررسی

نقطه 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 تدبیر 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 راه‌حلهای 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 شیوه برخورد با مشکلات می‌باشند که عبارتند از کشف علمی و اصولی اهداف، راه‌حل‌ها، فرضیات، موازین و خطراتی که در کل بعنوان یک سیستم جامع محسوب می‌شوند. این نحوه تحلیل، مناسبات مشترکی که تشکیل دهنده یک سیستم می‌باشند را آشکار می‌نماید. دامنه 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 راه‌حل تعیین شده برای مشکلات را شامل می‌شوند که عموماً دربرگیرنده 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 کارایی 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: ۱- شرح اهداف ۲- فرمول‌بندی معیارهای تأثیرپذیر ۳- ارائه راه‌حل‌ها ۴- ارزیابی راه‌حل‌ها ۵- انتخاب راه‌حل‌ها.

نکات پوشیده‌ای در چگونگی استفاده از سیستم‌های تحلیل وجود دارد. با افزایش میزان وسعت یا عرصه عمل سیستم، تعداد فاکتورهای متغیر یا پارامترها افزایش می‌یابند، از اینرو تشخیص محدوده سیستم حائز اهمیت است. گسترش دامنه سیستم‌های تحلیل همراه با دید اجرایی 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 نقیصه 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، دربرگیرنده 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 کارخانه شلوغ شاید با اجرای رده‌های مختلفی از راه‌حل‌ها کاهش یابد. مواردی مانند: ساخت فضای بیشتر، اجاره فضای وسیع‌تر، بازسازی فضای موجود، مقاطعه کاری 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 راه‌حلی 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 می باشد. ارزیابی ها، بیشتر مبتنی بر نتایج گذشته بوده و بهترین و معمول ترین منبع اطلاعات در مورد نتایج گذشته، اطلاعات مربوط به گذشته تشکیلات اقتصادی است. بررسی سوابق، به جهت حصول ارزیابی های مثمرتر و پرارزش، می بایست مکرراً در مورد سوابق آماری اقتصادی و مهندسی، با قضاوت صحیح و تحلیل معقول اجرا شود.

### تعریف اقتصاد مهندسی

اقتصاد مهندسی عبارت است از مجموعه ای از تکنیکهای ریاضی، برای ساده کردن مقایسه اقتصادی پروژه های صنعتی و یا به عبارت ساده تر، اقتصاد مهندسی ابزار تصمیم گیری برای انتخاب اقتصادی ترین پروژه ها است.

مهندسين، طراحان و مجریان هستند. وظایف آنها مدیریت، تصمیم گیری و حل مسائل جهت دستیابی به اهداف سازمان می باشد. اقتصاد مهندسی در تمام فعالیت های ذکر شده برای مهندسين نقش اساسی دارد، زیرا کلیه فعالیت های صنعتی باید مورد تجزیه و تحلیل اقتصادی قرار گیرند.

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

- آیا ماشینی که در حال کار است باید با یک ماشین جدید تعویض شود؟  
- با توجه به محدودیت سرمایه، در کدامیک از پروژه ها باید سرمایه گذاری انجام گیرد؟

- آیا بهتر نیست سرمایه گذاری در پروژه هایی صورت گیرد که احتمال خطر کمتری برای سرمایه گذار دارد؟

- بررسی های اقتصادی پروژه هایی که اجرای آنها با مخاطره همراه است چگونه است؟

- بین چند پروژه که ظاهراً دارای درآمد سالیانه مساوی هستند، اما فرایندهای مالی

مختلفی دارند، کدام اقتصادی تر است؟

- آیا منافع در یک پروژه عام‌المنفعه در حدی هست که هزینه‌های اجرایی طرح را توجیه کند؟

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

- 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:

۱- کلیه پروژه‌ها با توجه به محدودیت سرمایه مشخص شوند و اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری گردد.

۲- اطلاعات، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و اقتصادی‌ترین پروژه شناسائی شود. تا سال ۱۹۴۰ وظیفه اصلی مهندسين، 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 مهندسين نه تنها برای کسب تکنولوژی جدید و پیشرفته کوشش می‌کنند، بلکه تجزیه و تحلیل اقتصادی کاملی را برای اجرای آن تکنولوژی انجام می‌دهند و نه تنها 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 مهندسين کاهش هزینه‌هاست. هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه‌های نیروی انسانی، مواد اولیه، انرژی و... بیشترین سهم را در قیمت تمام شده محصول دارند. مهندسين 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 مهندسين دائماً در حال تصمیم‌گیری هستند، تصمیم‌گیری

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

### تاریخچه اقتصاد مهندسی

در سال ۱۸۸۷ کتابی تحت عنوان نظریه اقتصادی محل راه‌آنها<sup>۱</sup> توسط آرتور م. ولینگتن<sup>۲</sup> به چاپ رسید. او که یک مهندس ساختمان بود، مهندسين را تشويق به بررسیهای اقتصادی پروژه‌های صنعتی نمود. او برای بررسی اقتصادی طرح راه‌آهن از روش ارزش فعلی با عمر بی‌نهایت<sup>۳</sup> استفاده نمود.

در سال ۱۹۲۰ کتابی تحت عنوان مهندسی مالی<sup>۴</sup> بوسیله ا. بی گلدمن<sup>۵</sup> و در سال ۱۹۲۳ کتاب دیگری به نام اقتصاد مهندسی<sup>۶</sup> توسط جی. سی. ال. فیش<sup>۷</sup> 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<sup>۸</sup> توسط پروفیسور اوژن ال. گرانت<sup>۹</sup> به چاپ رسید. کتاب او اولین کتابی بود که پارامترهای اقتصادی را شناسائی و تکنیکهای کمی 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<sup>۱</sup> و تصمیم‌گیری<sup>۲</sup>

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

## ماهیت تصمیم

تصمیم، عبارت از نتیجه و یا پایان یک فرآیند<sup>۳</sup> 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. معهذاً، پایان یک فرآیند می‌تواند شروع فرآیند دیگری باشد. عبارت 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 جایی که با یک تعریف ساده نمی‌توان ماهیت تصمیم را مشخص

نمود.

آنچه بیشتر در مورد ماهیت تصمیم، مورد توجه اقتصاددانان است، کمی بودن ارزشها و هدفهای تصمیم می باشد. در حقیقت اقتصاددانان توجه اصلی خود را معطوف به فعالیتهای بازار اقتصادی نموده اند که در آنجا خدمات و کالاهای متعددی عرضه می شود و اغلب با معیار پول قابل سنجش هستند.

آدام اسمیت<sup>۱</sup> معتقد بود که ارزشهای اقتصادی بطور اخص دارای نقش عمده و اساسی در تحقیقات علمی می باشند. او همچنین عقیده داشت که تحقیقات علمی، وقتی ثمربخش خواهند بود که ارزشهای غیرکمی از حیطه عملیات اقتصادی خارج گردند. اتخاذ تصمیم توسط فرد یا مدیر یک سازمان، برای کسب یک هدف یا هدفهای معینی می باشد. هدفهای یک سازمان عبارت است از سودآوری، بهره وری، 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 می گردد که حصول به آن هدف، خود بستگی به سایر متغیرهای موثر در مدل تصمیم گیری دارد. هدف یک تصمیم را «متغیر وابسته»<sup>۲</sup> و سایر متغیرهای موثر را «متغیرهای مستقل»<sup>۳</sup> می نامند. متغیرهای مستقل، خود به متغیرهای قابل کنترل و متغیرهای غیرقابل کنترل تقسیم می شوند.

رابطه بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل را می توان به صورت معادله زیر که برای هر موقعیت تصمیم گیری 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)

$y$  = مشخص‌کننده 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 کمی 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 بر مبنای حدود اطلاعات موجود درباره متغیرهای غیرقابل کنترل به قرار ذیل است:

### ۱- تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان<sup>۱</sup>

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

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

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

- آنالیز نقطه سربه‌سر

## - آنالیز تعویض

## ۲- تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان:

الف - در حالت عدم اطمینان کامل<sup>۱</sup>ب - در حالت ریسک<sup>۲</sup>

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 این رو محاسبه احتمال وقوع برای آنها مشکل و معمولاً غیر ممکن است. روشهای مدون برای این نوع تصمیم‌گیری بسیار اندک است و معمولاً از ماتریس تصمیم‌گیری<sup>۳</sup> 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 مدون زیادی موجود است:

- انجام کلیه تکنیکهای ذکر شده در تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان در حالت احتمالی

- روش امید ریاضی<sup>۴</sup>

- مدل‌های شبیه‌سازی<sup>۵</sup>

- تصمیم‌گیری شاخه‌ای<sup>۶</sup> یا درخت تصمیم

- مواردی از برنامه‌ریزی دینامیک<sup>۷</sup>

1 - Decision Making Under Uncertainty

2 - Decision Making Under Risk

3 - Decision Matrics

4 - Expected Value

5 - Simulation Models

6 - Decision Tree

7 - Dynamic Programming

### ۳- تصمیم‌گیری در شرایط تعارض<sup>۱</sup>

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 «نئوری بازیها»<sup>۲</sup> نام برد.

## 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  $X = ۱۰۰۰$  را انتخاب کند. عده 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. عده 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 بی تفاوت باشد. اگر فردی نسبت به دریافت ۱,۰۰۰ واحد پولی اکنون یا ۱,۲۵۰ واحد پولی یکسال بعد بی تفاوت 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 جمله اند که در ذیل به بررسی هر اصل می پردازیم:

### بهره<sup>۱</sup>

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 ۲-۱ نشان دهنده میزان اقساط ماهیانه در مدت های متفاوت است. نحوه محاسبه جدول زیر در فصل بعد مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

| مدت بازپرداخت بر حسب 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 ۲-۱

جدول فوق نشان می دهد که هرچه مدت بازپرداخت زیاد شود، اگرچه قسط ماهیانه کاهش می یابد ولی کل بهره پرداختی افزایش قابل ملاحظه ای را نشان می دهد. 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 می دهد:

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

جدول شماره ۲-۲

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

$$\text{مقدار مبلغ اولیه} - \text{مقدار اصل و فرع} = \text{مقدار بهره}$$

از رابطه فوق در قسمت بعدی استفاده خواهد شد.

### ارزش زمانی پول<sup>۱</sup>

«پول، پول می‌سازد.»، جمله‌ای است که به حقیقت نزدیک است. اگر شخصی مبلغی را امروز در بانک پس‌اندازد 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 بر مبنای ارزش زمانی پول بنا گشته است.

مثال معروفی که بیانگر مفهوم ارزش زمانی پول می‌باشد خرید جزیره منهتن<sup>۲</sup> 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 ۲-۳ ارزش ۲۴ دلار سرمایه اولیه را در زمانهای متفاوت نشان می‌دهد:

| 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 ۲-۳

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

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

رابطه فوق نرخ بهره را در یکسال معین می کند.

● مثال ۲-۱- شرکت «گلزار» مبلغ ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی را اول خرداد در بانکی پس انداز می کند و یکسال بعد مبلغ ۱۰۶,۰۰۰ واحد پولی از بانک دریافت می نماید. مقدار بهره و نرخ بهره را محاسبه کنید.

حل: مقدار سرمایه اولیه - مقدار اصل و فرع = مقدار بهره

$$۱۰۶,۰۰۰ - ۱۰۰,۰۰۰ = ۶,۰۰۰ = \text{مقدار بهره}$$

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

● مثال ۲-۲- 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:

$$\text{مقدار بهره} = 200,000 \times (0/05) = 10,000$$

$$\text{مقدار اصل و فرع} = 200,000 + 10,000 = 210,000$$

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

$$(\text{نرخ بهره} + 1) \times \text{مبلغ اولیه} = \text{مبلغ اصل و فرع}$$

$$200,000 \times (1/05) = 210,000$$

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<sup>۱</sup>

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.

$$100 + 100 \times (0/06) = 106$$

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.

$$\frac{100}{1/06} = 94/34$$

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

$$\frac{106}{100} = 1/06 \quad \text{یا} \quad \text{در سال } 6\%$$

$$\frac{100}{94/34} = 1/0.6 \quad \text{یا} \quad \text{در سال } 6\%$$

### نرخ بازگشت سرمایه<sup>۱</sup>

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 صورتهای مختلف روبرو باشیم.

### حداقل نرخ جذب کننده<sup>۲</sup>

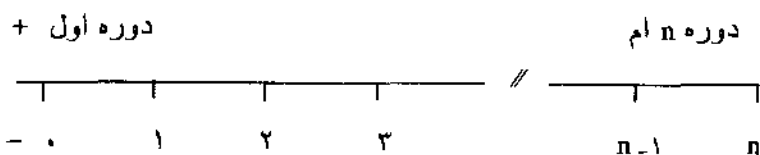
سرمایه‌گذار در جستجوی نرخ مناسبی برای سرمایه‌گذاری است. بدیهی است که این نرخ مناسب برای سرمایه‌گذار، نرخي است بیشتر یا حداقل مساوی با نرخ بانک (نرخ بهره). حداقل نرخ جذب کننده، نرخي جز آن نرخ مناسب نیست و معمولاً بیش از نرخ بهره می‌باشد. زیرا چنانچه سرمایه‌گذار مبلغ سرمایه‌گذاری را در بانک پس‌انداز نماید، 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

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 شرکت 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.

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

تعداد دوره ۶

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



- 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 نحوه ساخت فرآیند مالی نشان داده می‌شود:

● مثال ۲-۳- مبلغ ۲۰,۰۰۰ واحد پولی برای مدت ۵ سال با نرخ بهره سالانه 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:

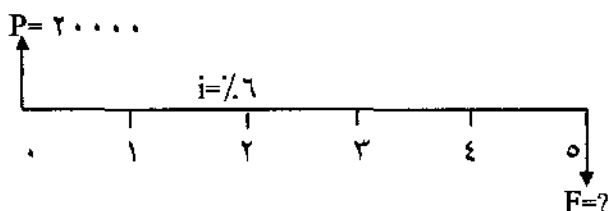
$$P = 20,000$$

$$n = 5$$

$$i = 6\%$$

$$F = ?$$

و شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:



● مثال ۲-۴- 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:

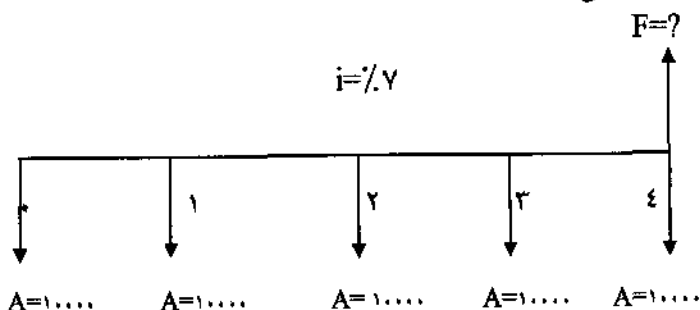
$$A = 10,000$$

$$n = 4$$

$$i = 7\%$$

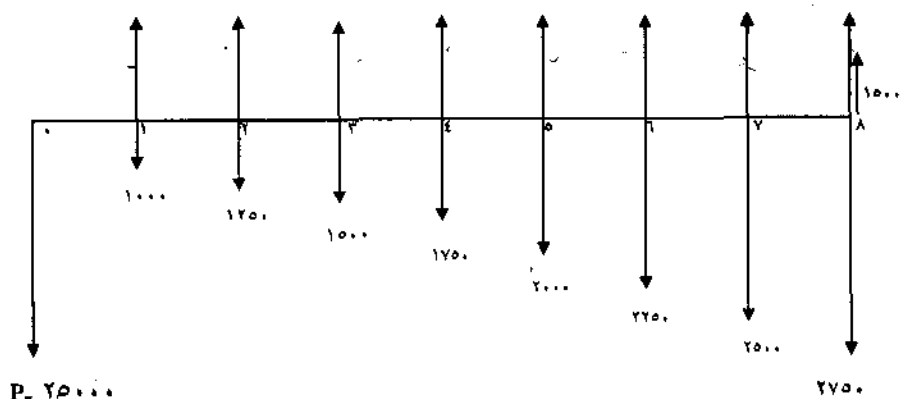
$$F = ?$$

و شکل فرآیند مالی:

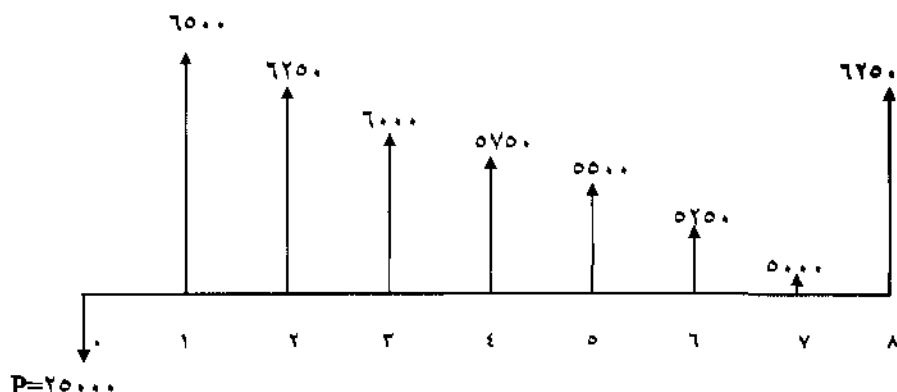


● مثال ۲-۵: شرکت «گلناز» هفت سال پیش یک کمپرسور هوا را ۲۵,۰۰۰ واحد پولی خرید. درآمد سالیانه کمپرسور ۷,۵۰۰ واحد پولی بوده است. هزینه تعمیرات و نگهداری در سال اول ۱,۰۰۰ واحد پولی، در سال دوم ۱,۲۵۰ واحد پولی و در سال سوم ۱,۵۰۰ واحد پولی بوده، بهمین ترتیب هر سال ۲۵۰ واحد پولی افزایش داشته است. شرکت قصد دارد کمپرسور را به مبلغ ۱,۵۰۰ واحد پولی (ارزش اسقاطی) در سال آینده بفروشد. شکل فرآیند مالی را رسم کنید.

$$A = 7500$$



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



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

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

جدول ۴-۲

## مسائل فصل دوم

● ۲-۱- 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؟

● ۲-۳- 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؟

● ۲-۴- 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 نمایید.

● ۲-۵- 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 و نامعلوم را معین نمایید.

● ۲-۶- شرکت «گلیو» 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 نمایید.

## 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 بر مبنای این فاکتورها بنا شده‌اند.

### روابط بین $F$ و $P$

فرض کنید می‌خواهیم ارزش آینده یا اصل و فرع ( $F$ ) برای مبلغ ( $P$ ) در مدت  $n$  دوره (سال) با نرخ بهره ( $i$ ) محاسبه نماییم. فرض می‌شود  $P$  در  $t = 0$  یا ابتدای دوره سرمایه‌گذاری شود، اگر  $F_1$  ارزش آینده مبلغ  $P$  پس از یکسال باشد، 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:

$$F_3 = F_2 + F_2 i$$

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

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

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

$$F_r = P(1+i)^r$$

و بطور کلی رابطه زیر بین  $P$  و  $F$  برقرار است:

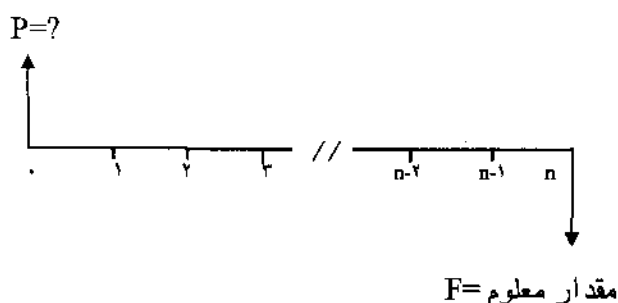
$$F = P(1+i)^n \quad (3-1)$$

فاکتور  $(1+i)^n$  بنام «فاکتور یکبار پرداخت»<sup>۱</sup> معروف است. از فرمول (۳-۱) می توان نتیجه گرفت:

$$P = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (3-2)$$

رابطه فوق زمانی استفاده می شود که مقدار  $F$  معلوم و  $P$  مجهول باشد. فاکتور

بنام «فاکتور ارزش فعلی یکبار پرداخت»<sup>۲</sup> معروف است. فرآیند مالی زیر رابطه (۳-۲) را نشان می دهد.

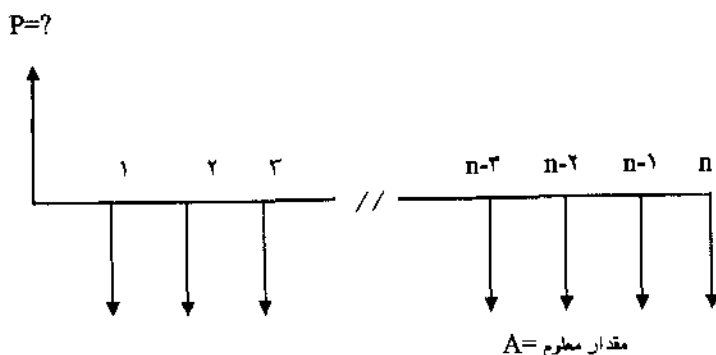


### روابط بین $P$ و $A$

فرآیند مالی زیر رابطه بین  $P$  و  $A$  را بهتر نمایان می سازد:

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 (۳-۲) تعیین کرد:

$$P = A \left[ \frac{1}{(1+i)^1} \right] + A \left[ \frac{1}{(1+i)^2} \right] + A \left[ \frac{1}{(1+i)^3} \right] + \dots$$

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

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

$$P = A \left[ \frac{1}{(1+i)^1} + \frac{1}{(1+i)^2} + \frac{1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{1}{(1+i)^{n-1}} + \frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (3-3)$$

معادله (۳-۳) را در  $\frac{1}{(1+i)}$  ضرب می‌نمائیم:

$$\frac{P}{(1+i)} = A \left[ \frac{1}{(1+i)^2} + \frac{1}{(1+i)^3} + \frac{1}{(1+i)^4} + \dots + \frac{1}{(1+i)^n} + \frac{1}{(1+i)^{n+1}} \right] \quad (3-4)$$

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

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

از P فاکتور گرفته، رابطه فوق را مرتب می کنیم:

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

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

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

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

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

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (3-5)$$

فاکتور  $\left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$  «فاکتور ارزش فعلی سری یکپوخت»<sup>۱</sup> نامیده می شود و مقدار

ارزش فعلی یک سری یکنواخت درآمد یا هزینه مساوی که در پایان هر دوره اتفاق می افتند را با نرخ بهره (  $i$  ) تعیین می کند.

رابطه ۳-۵ را می توان برای محاسبه مقدار پرداخت یکسان (  $A$  ) با داشتن ارزش فعلی (  $P$  ) بصورت زیر تغییر داد:

$$A = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3-6)$$

فاکتور  $\left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$  «فاکتور بازافت سرمایه»<sup>۱</sup> نامیده می شود و در حقیقت

سرمایه (  $P$  ) را با توجه به نرخ بهره (  $i$  ) در مدت (  $n$  ) دوره به پرداخت های مساوی یکنواخت توزیع می کند.

### روابط بین $A$ و $F$

اگر به جای (  $P$  ) در رابطه (۳-۶) مقدار رابطه (۳-۲) را قرار دهیم رابطه بین (  $A$  ) و (  $F$  ) حاصل می شود:

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

$$A = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3-7)$$

فاکتور  $\left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$  «فاکتور وجوه استهلاکی»<sup>۲</sup> نامیده می شود و مقدار ارزش

آینده یا اصل و فرع (F) را با توجه به نرخ بهره (i) در مدت (n) دوره به پرداختهای مساوی توزیع می‌کند. رابطه زیر بسادگی از رابطه (۳-۷) بدست می‌آید:

$$F = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (3-8)$$

فاکتور  $\left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$  «فاکتور پرداخت مساوی برای مقدار مرکب»<sup>۱</sup> 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 دوره دهم یافت که مقدار آن، ۷/۷۲۱۷، را همچنین می‌توان از فرمول (۳-۵) به طریق زیر نیز بدست آورد.

$$\begin{aligned} (P/A, 5\%, 10) &= \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \\ &= \frac{(1+0/05)^{10} - 1}{0/05(1+0/05)^{10}} = 7/7217 \end{aligned}$$

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

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

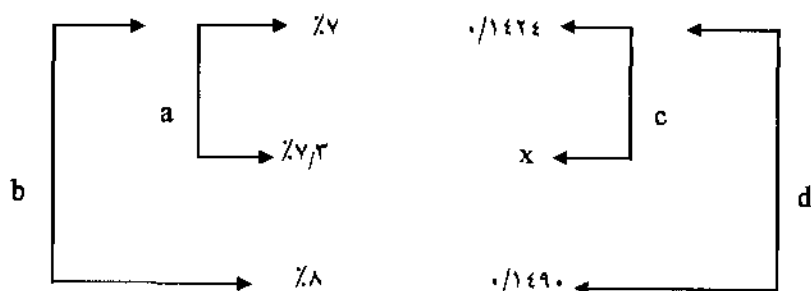
| فرمول                | فرم استاندارد   | پارامتر<br>معلوم | پارامتر<br>مجهول |
|----------------------|-----------------|------------------|------------------|
| $P = F(P/F, i\%, n)$ | $(P/F, i\%, n)$ | F                | P                |
| $F = P(F/P, i\%, n)$ | $(F/P, i\%, n)$ | P                | F                |
| $P = A(P/A, i\%, n)$ | $(P/A, i\%, n)$ | A                | P                |
| $A = P(A/P, i\%, n)$ | $(A/P, i\%, n)$ | P                | A                |
| $A = F(A/F, i\%, n)$ | $(A/F, i\%, n)$ | F                | A                |
| $F = A(F/A, i\%, n)$ | $(F/A, i\%, n)$ | A                | F                |

جدول ۳-۱

### درون‌یابی خطی

گاهی برای یک مقدار مشخص  $i$ ، یا یک دوره مشخص  $n$ ، مقدار فاکتور در جدول موجود نیست. مثلاً فاکتور  $(A/P, 7/3\%, 10)$  که نرخ  $i = 7/3\%$  در جدول موجود نیست. برای نرخهای  $7\%$  و  $8\%$  در مدت ۱۰ سال فاکتور  $A/P$  را می‌توان از جدول بدست آورد. مقدار  $(A/P, 7/3\%, 10)$  را نمی‌توان از جدول یافت مگر با «درون‌یابی»<sup>۱</sup> خطی بین نرخهای بیشتر و کمتر از  $7/3\%$  که  $7\%$  و  $8\%$  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  $(A/P, 7/3\%, 10)$  بدین ترتیب است که ابتدا مقادیر فاکتورهای  $(A/P, 7\%, 10)$  و  $(A/P, 8\%, 10)$  را از جدول بدست آورده و تناسب زیر را

تشکیل می دهیم:



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

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

$$c = \frac{a}{b} d \quad (3-9)$$

$$c = \frac{7/3-7}{8-7} (0.1490 - 0.1424)$$

$$c = \frac{0.3}{1} (0.0066)$$

$$c = 0.00198$$

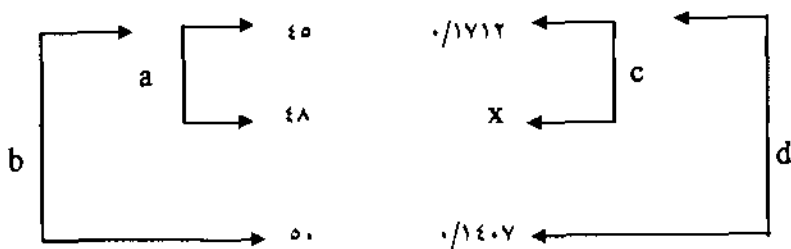
از آنجا که مقدار فاکتور  $A/P$  از ۷٪ به ۸٪ در حال افزایش است (از ۰/۱۴۲۴ به ۰/۱۴۹۰) مقدار  $C$  باید به مقدار فاکتور در ۷٪، یعنی ۰/۱۴۲۴ اضافه شود تا مقدار فاکتور مجهول  $X$  به دست آید:

$$X = 0.1424 + 0.00198 = 0.14438$$

بدیهی است که همیشه امکان محاسبه این گونه فاکتورها از طریق روابط ارائه شده بین پارامترها با قراردادن  $i$  و  $n$  میسر می باشد.

● مثال ۳-۱- مقدار  $(P/F, 4\%, 48)$  را از جدول بدست آورید:

حل: فاکتور فوق در  $n = 48$  در جدول موجود نیست ولی در  $n = 45$  و  $n = 50$  مقدار  $P/F$  مشخص است. تناسب زیر پس از یافتن مقادیر  $(P/F, \%, 45)$  و  $(P/F, \%, 50)$  از جدول فاکتورها تشکیل می‌شود:



با استفاده از رابطه (۳-۹):

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

$$C = \frac{48 - 45}{50 - 45} (0/1712 - 0/1407)$$

$$C = 0/0183$$

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.

$$X = 0/1712 - 0/0183 = 0/1529$$

● مثال ۳-۲- مقدار فاکتور  $(P/A, \%, 13, 42)$  را از طریق جدول محاسبه کنید.

حل: از آنجا که مقادیر  $i = 13\%$  و  $n = 42$  در جدول وجود ندارند، یک درون‌یابی دوطرفه باید انجام شود. اولین مرحله محاسبه فاکتور مذکور، تشکیل تناسب زیر و محاسبه  $P/A$  در  $i = 13\%$  برای  $n = 40$  و  $n = 45$  است:

| $i$    | $n = 40$ | $n = 45$ |
|--------|----------|----------|
| $12\%$ | $8/2438$ | $8/2825$ |
| $13\%$ | $X40$    | $X45$    |
| $15\%$ | $6/6418$ | $6/6543$ |

محاسبات مربوط به  $X_{40}$  و  $X_{45}$  در ذیل آمده است:

$$C_{40} = \frac{1}{3} (1/6020) = 0/5340$$

$$X_{40} = 8/2438 - 0/5340 = 7/7098$$

$$C_{45} = \frac{1}{3} (1/6282) = 0/5427$$

$$X_{45} = 8/2825 - 0/5427 = 7/7398$$

حال مقدار فاکتور  $P/A$  در  $n = 42$  طبق تناسب زیر حاصل خواهد شد:

| $P/A$    | $n$ |
|----------|-----|
| $7/7098$ | 40  |
| $X_{42}$ | 42  |
| $7/7398$ | 45  |

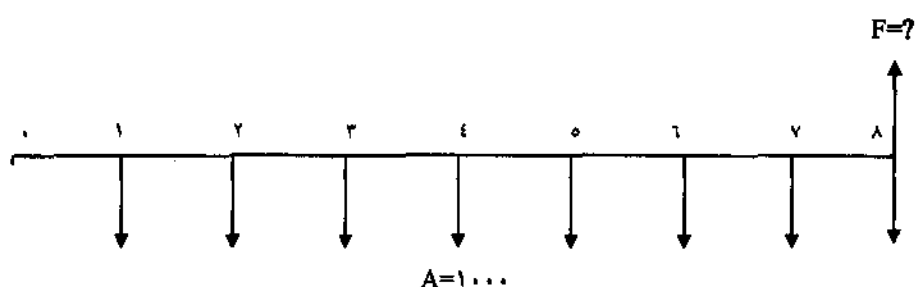
$$X_{42} = 7/7098 + \frac{2}{5} (0/030) = 7/7218$$

و بدین ترتیب بعد از یک درونیابی دو مرحله‌ای یا دو طرفه، به مقدار  $(P/A, \%, 13, 42)$ ، برابر با  $7/7218$  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 ۳-۳. چه مقدار پول در حساب بانکی شما خواهد بود، اگر شما از سال آینده، برای ۸ سال، هر سال ۱۰,۰۰۰ واحد پولی در حساب بانکی خود پس‌انداز نمایید. نرخ بهره برای پس‌انداز در بانک ۴٪ فرض می‌شود. شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:

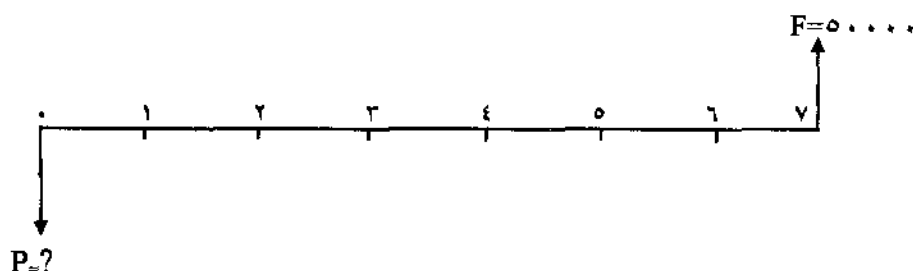


حل: از آنجا که اولین پرداخت در پایان سال اول و آخرین پرداخت در پایان سال هشتم قرار دارد، از فاکتور  $F/A$  بصورت زیر استفاده می شود:

$$F = 1,000 (F/A, \%, 4, 8) = 1,000 (9/214) = 9,214$$

● مثال ۳-۴: اگر در یک طرح، بعد از ۷ سال به شما ۵۰,۰۰۰ واحد پولی به عنوان اصل و فرع بپردازند، اکنون چه مقدار پول در این طرح سرمایه گذاری می کنید؟ حداقل نرخ جذب کننده ۵٪ در سال فرض می شود.

حل: شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:



$$P = 50,000 = (P/F, \%, 5, 7)$$

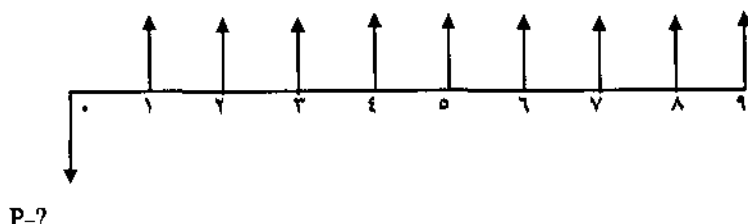
$$P = 50,000 (0/7107) = 35,535$$

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

شود، چه مقدار پول در این طرح سرمایه گذاری می کنید؟

حل: شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:

$$A = 6,000$$

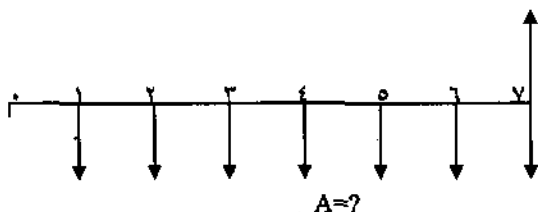


$$P = 6,000 (P/A, \%, 7, 9) = 6,000 (6/5152) = 39,091/2$$

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

حل: شکل فرآیند مالی به صورت زیر است:

$$F = 100,000$$

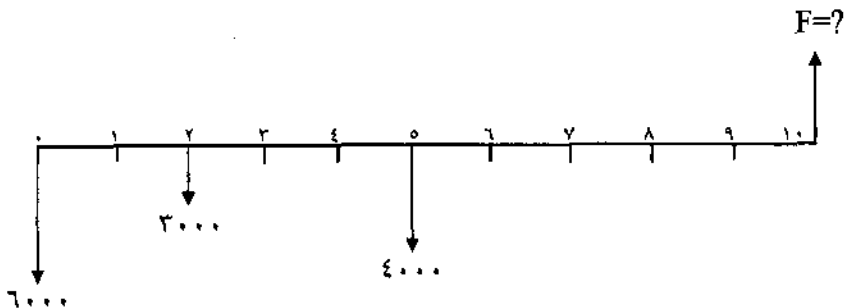


$$A = 100,000 (A/F, \%, 5, 7) = 100,000 (0/12282) = 12,282$$

● مثال ۳-۷- 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٪ پس انداز 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 پس انداز شده در حال، دو سال و پنج سال بعد بصورت  $P$ ، به  $F$  تبدیل خواهد شد:

$$F = 6,000 (F/P, \%, 5, 10) + 3,000 (F/P, \%, 5, 8) + 4,000 (F/P, \%, 5, 5)$$

$$F = 6,000 (1/6289) + 3,000 (1/4775) + 4,000 (1/2763)$$

$$F = 19311/1$$

مسئله فوق را می توانستیم از طریق دیگری حل نمائیم. ابتدا ارزش فعلی اقلام پس انداز شده را در سال مبدا (سال صفر) محاسبه می کنیم و سپس کل ارزش فعلی را برای تعیین ارزش آینده به سال دهم انتقال می دهیم:

$$P = 6,000 + 3,000 (P/F, \%, 5, 2) + 4,000 (P/F, \%, 5, 5)$$

$$P = 6,000 + 3,000 (0/9070) + 4,000 (0/7835)$$

$$P = 11,855$$

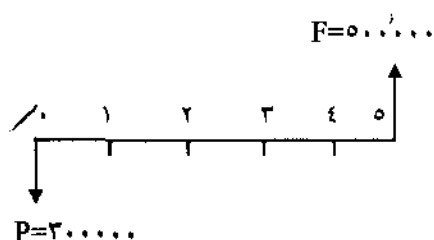
$$F = 11,855 (F/P, \%, 5, 10) = 11,855 (1/6289)$$

$$F = 19,310/6$$

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 ۳-۸- شرکت «گل بار» قصد دارد در یک پروژه تولیدی سرمایه‌گذاری نماید. نحوه سرمایه‌گذاری بدین ترتیب 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:



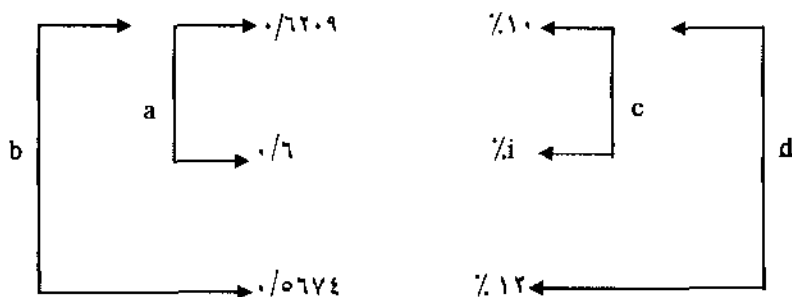
نرخ بازگشت سرمایه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

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

$$300,000 = 500,000 (P/F, i\%, 5)$$

$$(P/F, i\%, 5) = \frac{300,000}{500,000} = 0/6$$

با استفاده از جدول فاکتورها باید مقدار (i) را تعیین کرد. بدین ترتیب که باید در ستون P/F در سال پنجم، در جستجوی نرخ 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 ۱۲٪، ۱۰٪ وجود دارند. سپس تناسب زیر باید تشکیل گردد:



$$C = \left( \frac{0/6209 - 0/6}{0/6209 - 0/5674} \right) (12 - 10) = 0/7813$$

$$i = 10 + 0/78 = 10/78\%$$

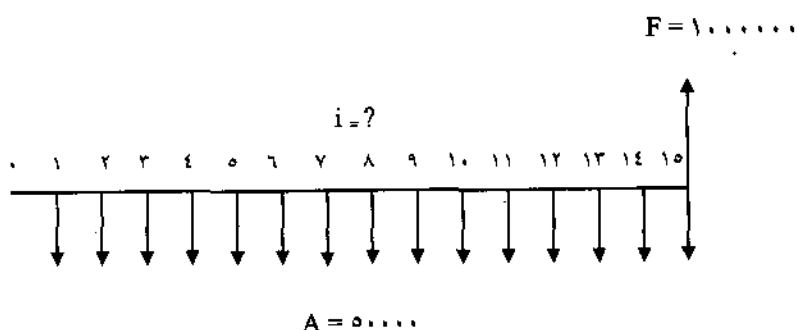
که معمولاً عبارت بالا به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$ROR = 10/78\%$$

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 جذب‌کننده 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:



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

$$50,000 = 1,000,000 (A/F, i\%, 15)$$

$$(A/F, i\%, 15) = 0.05$$

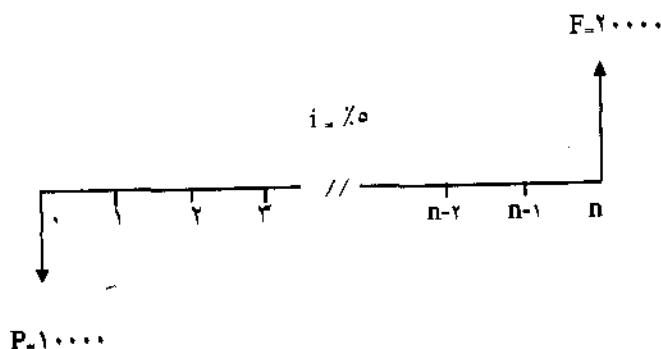
با استفاده از جدول و روش درونیابی، نرخ بازگشت سرمایه عبارت است از:

$$ROR = \%.3/98$$

از آنجا که حداقل نرخ جذب کننده شرکت  $\%.5$  در سال است، بنابراین این پیشنهاد اقتصادی نمی باشد.

● مثال ۱۰-۳ چه مدت طول می کشد تا  $10,000$  واحد پولی به  $20,000$  واحد پولی تبدیل شود، اگر نرخ بانک  $\%.5$  در سال فرض شود.

حل: شکل فرآیند مالی بصورت زیر است:



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

$$۱۰,۰۰۰ = ۲۰,۰۰۰ (P/F, \%, ۵, n)$$

$$(P/F, \%, ۵, n) = ۰/۵$$

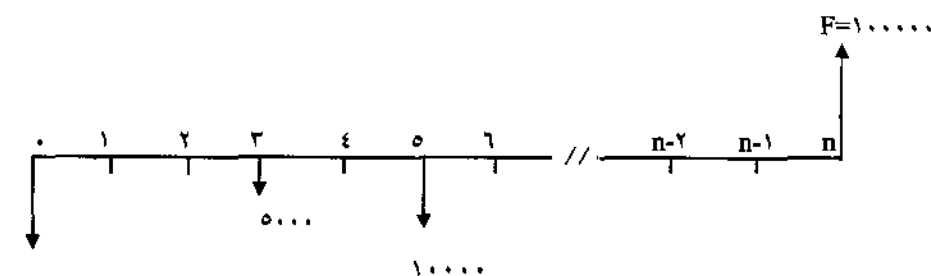
در جدول فاکتورها، در صفحه نرخ ۵٪ و در ستون P/F مشاهده می شود که ۰/۵، بین س‌الهای ۱۴ و ۱۵ واقع است.

با استفاده از روش درونیابی:

$$n = ۱۴/۲$$

● مثال ۱۱-۳- یک سرمایه گذار، 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 سرمایه گذاری می کند. از حالا چند سال طول می کشد تا اصل و فرع سرمایه گذاری های انجام شده توسط او به ۱۰۰,۰۰۰ واحد پولی برسد؟ نرخ بازگشت سرمایه در طرح ۶٪ پیش بینی شده است.

حل: شکل فرآیند مالی این طرح بصورت زیر است:



۲۰۰۰۰

یکی از راههای ساده حل این مسئله بدین ترتیب است که ارزش فعلی ۵,۰۰۰ در سال سوم و ۱۰,۰۰۰ در سال پنجم را در سال مبدا (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:

$$P = 20,000 + 5,000 (P/F, \%, 6, 3) + 10,000 (P/F, \%, 6, 5)$$

$$P = 20,000 + 5,000 (0/8396) + 10,000 (0/7473)$$

$$P = 31,671$$

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

$$31,671 = 100,000 (P/F, \%, 6, n)$$

$$(P/F, \%, 6, n) = 0/31,671$$

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

$$n = 19/73$$

راه دیگر حل این مسئله بدین ترتیب است که ارزش آینده هریک از اقسام سرمایه‌گذاری در حال، سال دوم و سال پنجم به طریق زیر پیدا شود. مقادیر  $P_1$  و  $P_2$  و  $P_3$  مقادیر سه بار سرمایه‌گذاری هستند:

$$F = P_1 (F/P, i\%, n) + P_2 (F/P, i\%, n-3) + P_3 (F/P, i\%, n-5)$$

$$F = 20,000 (F/P, \%, 6, n) + 5,000 (F/P, \%, 6, n-3) + 10,000 (F/P, \%, 6, n-5)$$

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:

$$n = 19 \quad F = 95,830$$

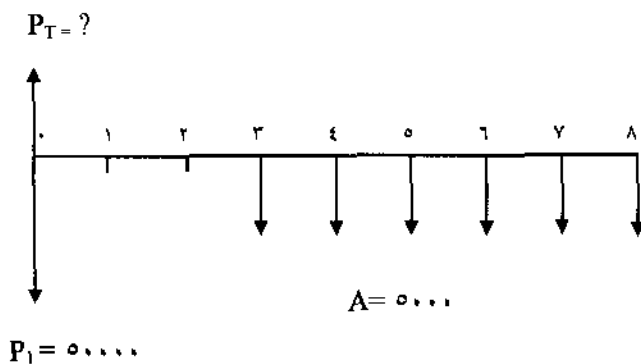
$$n = 20 \quad F = 101,575$$

با استفاده از روش درونیابی، مشاهده می‌گردد که قبل:  $n = 19/73$  خواهد شد. در مثالهای ۳-۱۱ تا ۳-۱۲ کلیه پرداختها از سال مبدا شروع و به سال آخر ختم می‌شد و یا چند پرداخت متفصل وجود داشت. در مثالهای بعد توجه خاص به مسائلی که مبدا دریافتها یا پرداختها از سالی غیر از سال صفر است معطوف می‌گردد.

● مثال ۱۲-۳. 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 کلی<sup>۱</sup> 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  $P_2$ ، مبدأ در سال دوم فرض می‌شود و سپس ارزش فعلی از سال دوم به سال مبدأ واقعی یعنی سال صفر انتقال می‌یابد:

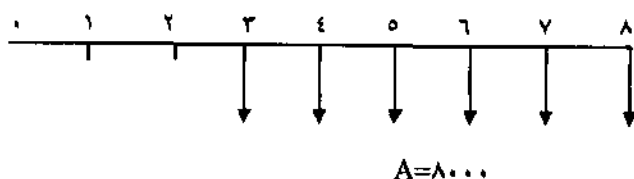
$$P_T = 50,000 + 5,000 (P/A, \%, 8, 6) (P/F, \%, 8, 2)$$

$$P_T = 50,000 + 5,000 (4/6229) (0/8573)$$

$$P_T = 69,816$$

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

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؟



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

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

$$P = 8,000 (P/A, \%, 6, 6) (P/F, \%, 6, 2)$$

$$P_T = 35,011/2$$

و سپس A از P محاسبه گردد:

$$A = P (A/P, \%, 6, 8)$$

$$A = 35,011/2 (0/16221)$$

$$A = 5,638/2$$

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

$$F = 8,000 (F/A, \%, 6, 6)$$

$$F = 55,800$$

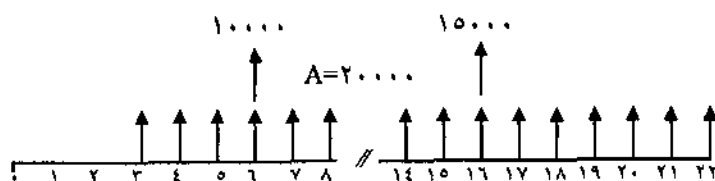
$$A = F (A/F, \%, 6, 8)$$

$$A = 55,800 (0/10104)$$

$$A = 5,638$$

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

شده است.



حل: متذکر می شود که مقدار  $A = 20,000$  از سال سوم تا سال بیست و دوم تکرار شده است. در سالهای ششم و شانزدهم نیز درآمد  $10,000$  و  $15,000$  وجود دارد. کلیه درآمدهای مساوی از سال سوم تا بیست و دوم ابتدا از طریق  $P/A$  به سال مبدا خود و سپس به مبدا واقعی یعنی سال صفر انتقال می یابد. ارزش فعلی کل ( $P_T$ ) عبارت خواهد بود از:

$$P_T = 20,000 (P/A, \%, 6, 20) (P/F, \%, 6, 2) + 10,000 (P/F, \%, 6, 6) \\ + 15,000 (P/F, \%, 6, 16) \\ P_T = 217,118$$

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

حل: درآمد مساوی یکنواخت را از دو طریق می توان بدست آورد:  
الف: از طریق ارزش فعلی

$$A = P_T (A/P, \%, 6, 22)$$

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

$$A = 217,118 (0.08305)$$

$$A = 18,032$$

ب: از طریق ارزش آینده

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

$$F_T = 20,000 (F/A, \%, 6, 20) + 10,000 (F/P, \%, 6, 16) + 15,000 (F/P, \%, 6, 6)$$

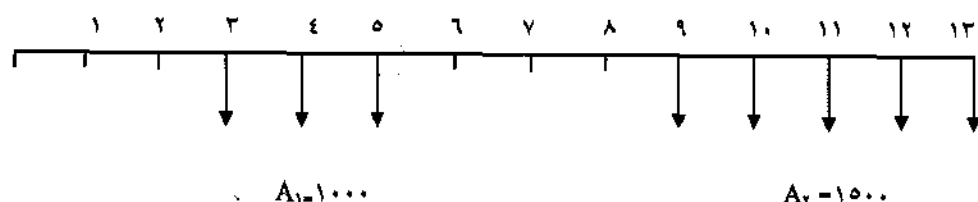
$$F_T = 782,381$$

$$A = F_T (A/F, \%, 6, 22)$$

$$A = 782,381 (0/02305)$$

$$A = 18,034$$

● 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 می تواند از طرق مختلف انجام شود که به توضیح دو طریق زیر می پردازیم:  
الف: از طریق ارزش فعلی

$$P_T = P_{A1} + P_{A2}$$

$$P_{A1} = A_1 (P/A, \%, 15, 3) (P/F, \%, 15, 2)$$

$$P_{A1} = 1,000 (2/283) (0/756)$$

$$P_{A1} = 1,726$$

$$P_{A2} = A_2 (P/A, \%, 15, 5) (P/F, \%, 15, 8)$$

$$P_{A2} = 1,500 (3/352) (0/327)$$

$$P_{A2} = 1,644$$

$$P_T = 3,370$$

ب: از طریق ارزش آینده

$$P_T = (F_{A1} + F_{A2}) (P/F, \%, 15, 13)$$

$$F_{A1} = 1,000 (F/A, \%, 15, 3) (F/P, \%, 15, 8)$$

$$F_{A1} = 10,621$$

$$F_{A2} = 1,500 (F/A, \%, 15, 5)$$

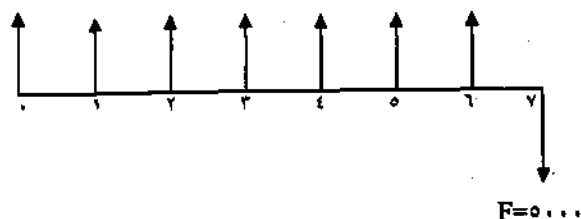
$$F_{A2} = 10,113$$

$$P_T = (10,621 + 10,113) (0/1625)$$

$$P_T = 3,370$$

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

$$A = 460$$



$$P_T = 460 + 460 (P/A, \%, 8, 6) - 5,000 (P/F, \%, 8, 7)$$

حل:

$$P_T = -331$$

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

## مسائل فصل سوم

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

a.  $(P/A, \%, ۸/۵, ۱۳)$  ● ۳-۱

b.  $(F/A, \%, ۳۷, ۲۴)$

c.  $(P/F, \%, ۷/۷, ۹)$

d.  $(A/F, \%, ۴۹, ۲۸)$

a.  $(F/P, \%, ۳, ۳۹)$  ● ۳-۲

b.  $(A/P, \%, ۱۰, ۹/۸)$

c.  $(A/F, \%, ۶, ۵۲)$

d.  $(P/F, \%, ۱۸, ۳۷)$

a.  $(P/F, \%, ۳/۸, ۷/۷)$  ● ۳-۳

b.  $(P/A, \%, ۹/۶, ۶۸)$

c.  $(F/A, \%, ۲۳, ۱۱/۶)$

d.  $(A/F, \%, ۱۷, ۲۳)$

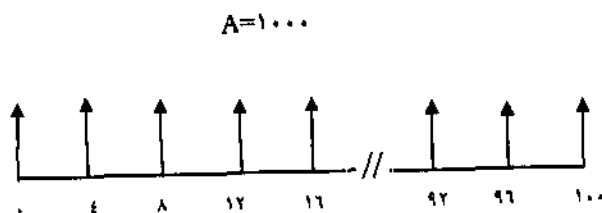
● ۳-۴ اگر شما مبلغ ۵,۰۰۰ واحد پولی را در بانکی با نرخ ۱۸٪ در سال، به مدت ۱۲ سال پس انداز نمایید، اصل و فرع پس از مدت مذکور چقدر خواهد بود؟

● ۳-۵ 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 نمایید.

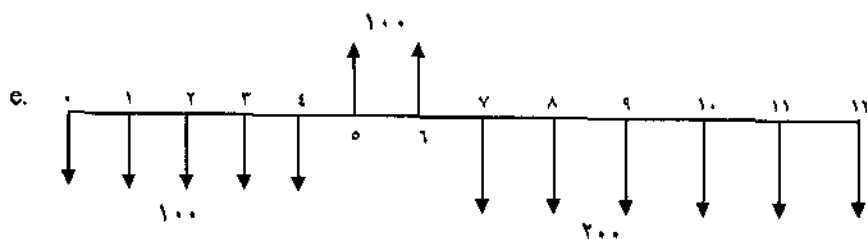
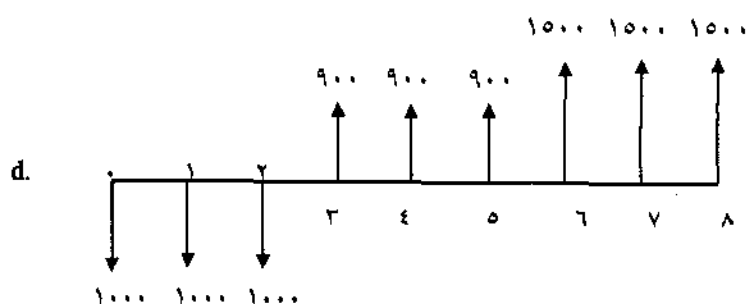
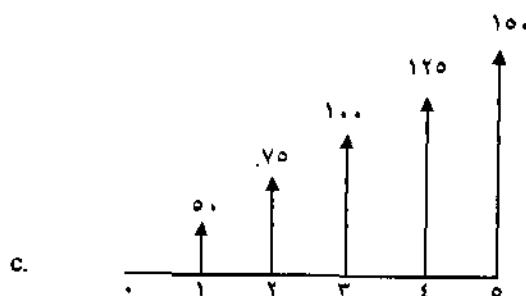
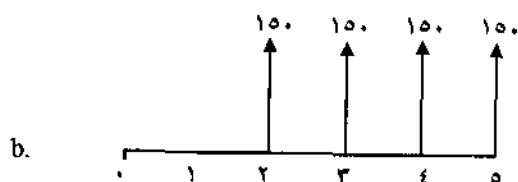
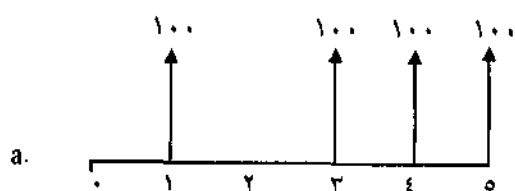
● ۳-۶. اگر شخصی ۸,۰۰۰ واحد پولی اکنون و ۱۶,۰۰۰ واحد پولی سه سال دیگر در چنین روزی در بانک پس انداز نماید، چند سال طول می کشد تا اصل و فرعی برابر با ۳۵,۰۰۰ واحد پولی از بانک دریافت نماید. نرخ بهره بانک ۱۰٪ در سال است.

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

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



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

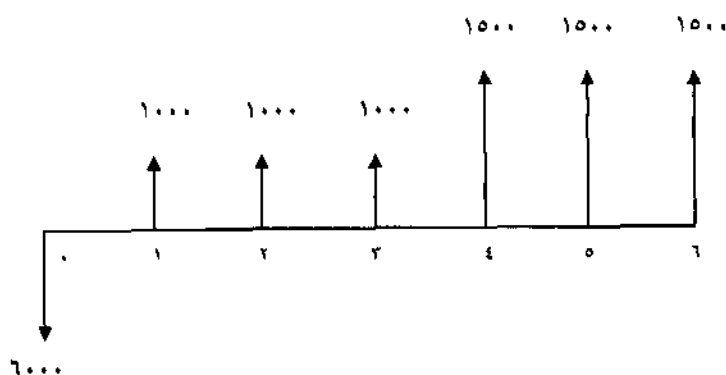


● ۳-۱۰ مقدار دریافت یکنواخت سالیانه را در مسئله شماره ۳-۸ معین نمایید.

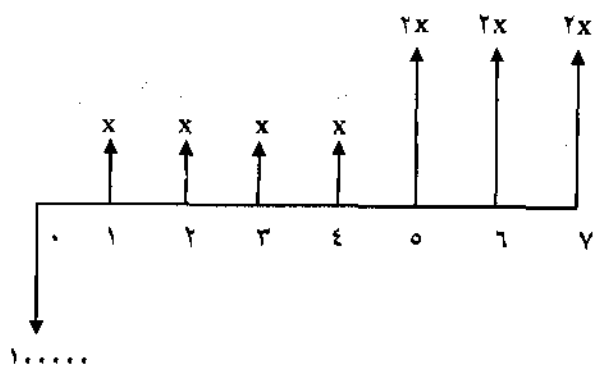
● ۳-۱۱ مقدار دریافت یکنواخت سالیانه را در مسئله شماره ۳-۹ قسمتهای  $a$  و  $b$  و  $c$  نمایید.

● ۳-۱۲ در مسئله ۳-۹ قسمت  $c$ ، هزینه یکنواخت سالیانه (هزینه سالیانه از سال ۱ تا ۱۲) را بدون در نظر گرفتن درآمدهای سال پنجم و ششم محاسبه نمایید.

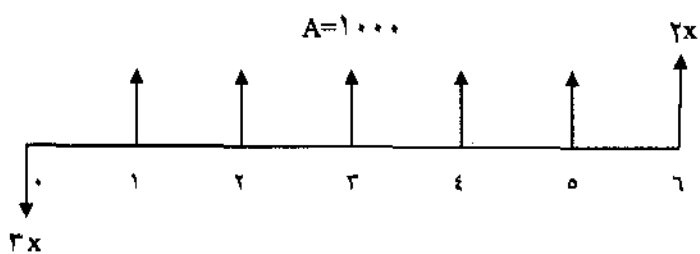
● ۳-۱۳ پروژه‌ای با فرآیند مالی زیر به شرکت «گلپر» پیشنهاد شده است. حداقل نرخ جذب کننده شرکت برابر ۸٪ در سال است. آیا اجرای این پروژه را به شرکت توصیه می‌نمایید.



● ۳-۱۴ در فرآیند مالی زیر مقدار  $X$  را تعیین کنید. نرخ بهره سالیانه ۲۰٪ است.



● ۳-۱۵- در فرآیند مالی زیر مقدار  $X$  را محاسبه نمایید. نرخ بهره سالانه ۱۵٪ است.



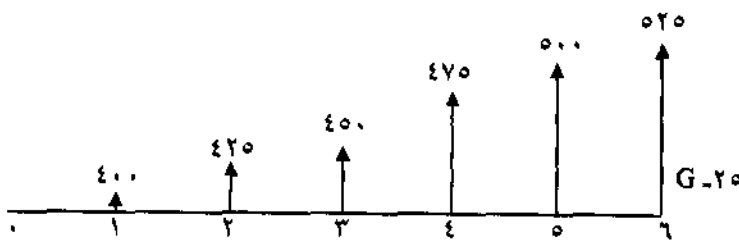
## فصل چهارم

### 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<sup>۱</sup>

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.

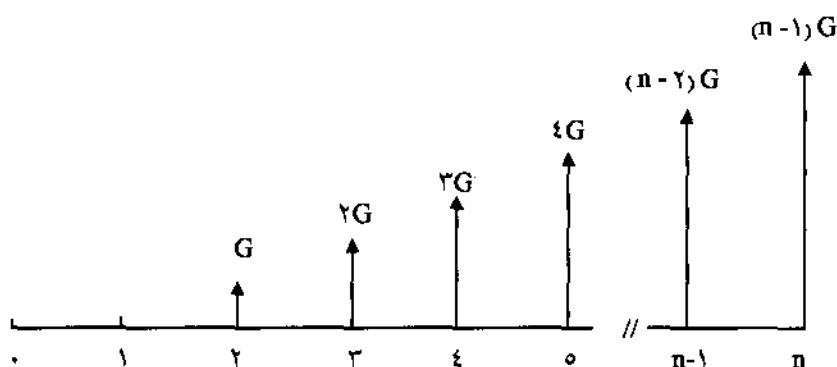


در شکل فوق مقدار ثابتی که هر سال نسبت به سال قبل افزایش می‌یابد، ۲۵ می‌باشد. این مقدار ثابت را با  $G$  نشان می‌دهند. حالت شیب کاهشی را در شکل فرآیند مالی زیر می‌توان دید. مقدار ثابتی که هر سال نسبت به سال قبل کاهش داشته برابر با ۵۰

یا  $G = ۵۰$  می باشد.



شکل کلی سری شیب یکنواخت بصورت زیر می باشد:



شکل فوق، استاندارد می باشد و  $G$  از سال دوم آغاز می گردد. فاکتورهای  $P/G$  و  $A/G$  را می توان از شکل فوق تعیین کرد.

### رابطه بین $P$ و $G$

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

$$P = G (P/F, i\%, 2) + 2G (P/F, i\%, 3) + 3G (P/F, i\%, 4) + \dots \\ + [(n-2)G] (P/F, i\%, n-1) + [(n-1)G] (P/F, i\%, n)$$

از مقدار  $G$  فاکتور می‌گیریم:

$$P = G (P/F, i\%, 2) + 2 (P/F, i\%, 3) + 3 (P/F, i\%, 4) + \dots \\ + [(n-2) (P/F, i\%, n-1) + (n-1) (P/F, i\%, n)]$$

بجای مقادیر  $P/F$  در سال‌های مختلف از رابطه (۳-۲) استفاده می‌شود و رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P = G \left[ \frac{1}{(1+i)^2} + \frac{2}{(1+i)^3} + \frac{3}{(1+i)^4} + \dots + \frac{n-2}{(1+i)^{n-1}} + \frac{n-1}{(1+i)^n} \right] \quad (۴-۱)$$

دو طرف رابطه بالا را در  $(1+i)$  ضرب می‌کنیم و رابطه (۴-۲) بدست می‌آید:

$$P(1+i) = G \left[ \frac{1}{(1+i)^1} + \frac{2}{(1+i)^2} + \frac{3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{n-2}{(1+i)^{n-2}} + \frac{n-1}{(1+i)^{n-1}} \right] \quad (۴-۲)$$

با کسر کردن رابطه (۴-۱) از (۴-۲) رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P(1+i) - P = G \left[ \frac{1}{(1+i)^1} + \frac{(2-1)}{(1+i)^2} + \frac{3-2}{(1+i)^3} + \dots + \frac{(n-1) - (n-2)}{(1+i)^{n-1}} - \frac{(n-1)}{(1+i)^n} \right]$$

بعد از ساده کردن دو طرف رابطه فوق خواهیم داشت:

$$P_i = G \left[ \frac{1}{(1+i)^1} + \frac{1}{(1+i)^2} + \frac{1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{1}{(1+i)^{n-1}} + \frac{(1-n)}{(1+i)^n} \right]$$

آخرین عبارت داخل کروشه یعنی  $\frac{1-n}{(1+i)^n}$  بصورت  $\frac{1}{(1+i)^n} - \frac{n}{(1+i)^n}$  تفکیک شده و رابطه زیر حاصل می شود:

$$P_i = G \left[ \frac{1}{(1+i)^1} + \frac{1}{(1+i)^2} + \frac{1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{1}{(1+i)^{n-1}} + \frac{1}{(1+i)^n} \right] - \frac{Gn}{(1+i)^n}$$

مقدار  $\frac{1}{i}$  را در دو طرف رابطه فوق ضرب می کنیم:

$$P = \frac{G}{i} \left[ \frac{1}{(1+i)^1} + \frac{1}{(1+i)^2} + \frac{1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{1}{(1+i)^{n-1}} + \frac{1}{(1+i)^n} \right] - \frac{Gn}{i(1+i)^n}$$

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

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

$$P = \frac{G}{i} \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - \frac{n}{(1+i)^n} \right] \quad (۴-۳)$$

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 $A$ و $G$

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

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

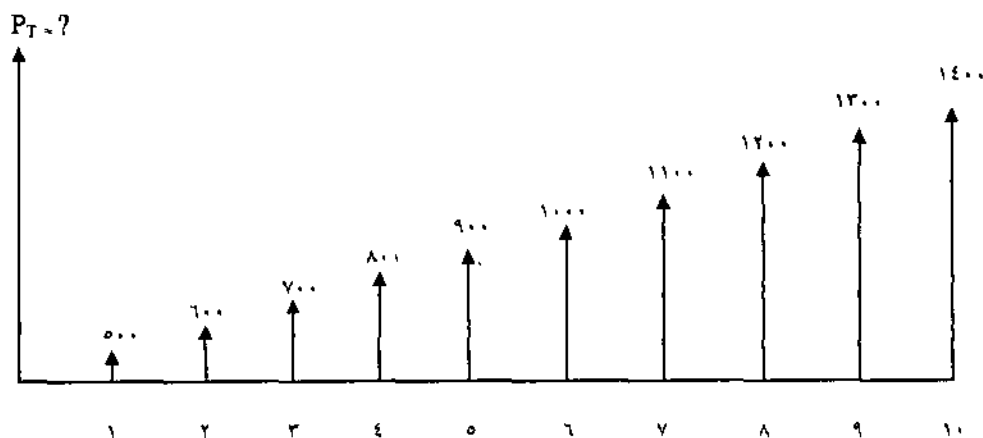
در حقیقت روابط زیر برقرار است:

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

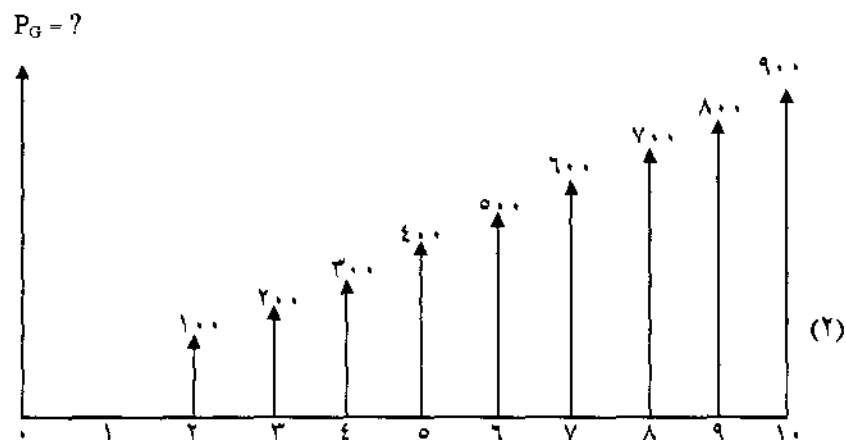
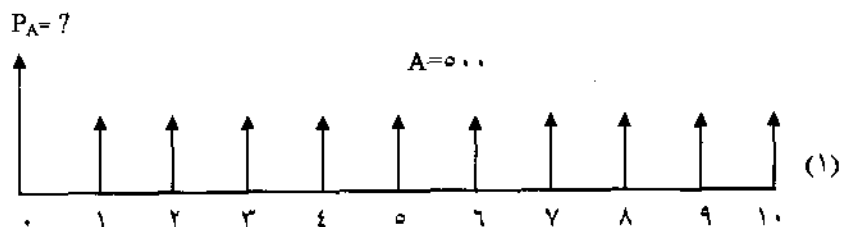
$$(P/G, i\%, n) = (A/G, i\%, n) (P/A, i\%, n)$$

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 دوره در نظر گرفته شده است.



حل: همانطور که مشاهده می‌شود یک شیب یکنواخت، که هر دوره نسبت به دوره قبل  $(G=100)$  افزایش دارد قابل تشخیص می‌باشد. شکل فوق را می‌توان به دو شکل زیر تقسیم کرد:



$$P_T = P_A + P_G$$

$$P_A = 500 (P/A, \%, 5, 10) + 100 (P/G, \%, 5, 10)$$

$$P_A = 500 (7/7217) + 100 (31/625)$$

$$P_A = 7,026/05$$

● مثال ۴-۲- مقدار درآمد سالیانه یکنواخت (A) را در مثال ۴-۱ محاسبه کنید؟

$$A = A_1 + A_G$$

حل: در رابطه

$A_1 =$  درآمد یکنواخت در شکل (۱)

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

$$A = 500 + 100 (A/G, \%, 5, 10)$$

$$A = 500 + 100 (4/099)$$

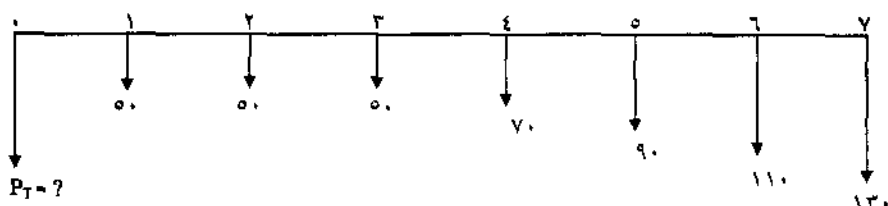
$$A = 90.9/90$$

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

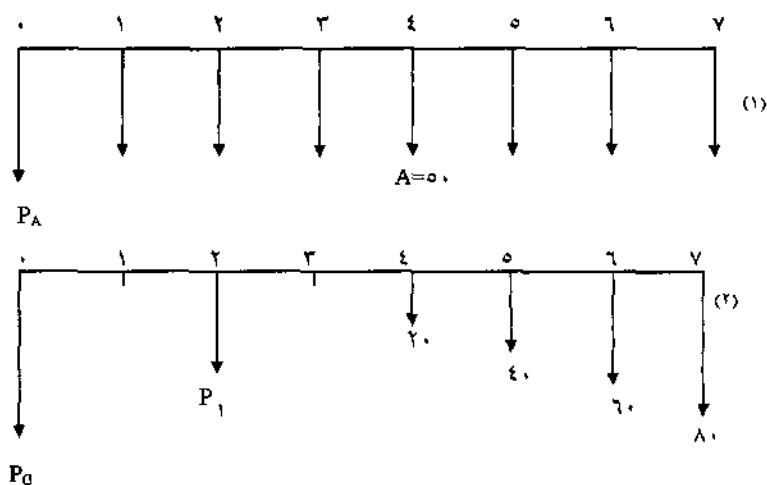
$$A = P_T (A/P, \%, 10)$$

$$A = 7,026/0.5 (0/1295) = 90.9/87$$

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



حل: شکل فوق به دو شکل زیر تقسیم می‌شود:



در شکل (۲) شیب افزایشی یکنواختی که از سال چهارم با  $G = 20$  شروع می‌شود را می‌توان مشاهده کرد. مبداء این سری هزینه، سال دوم بوده و بسادگی می‌توان ارزش فعلی را در سال دوم بدست آورد.

$$P_1 = 20 (P/G, \%, 5, 5) \\ = 20 (8/237) = 164/74$$

مقدار  $P_1$  باید به سال مبداء اصلی یعنی سال صفر منتقل شود:

$$P_G = 164/74 (P/F, \%, 5, 2) \\ P_G = 164/74 (0/9070) = 149/42$$

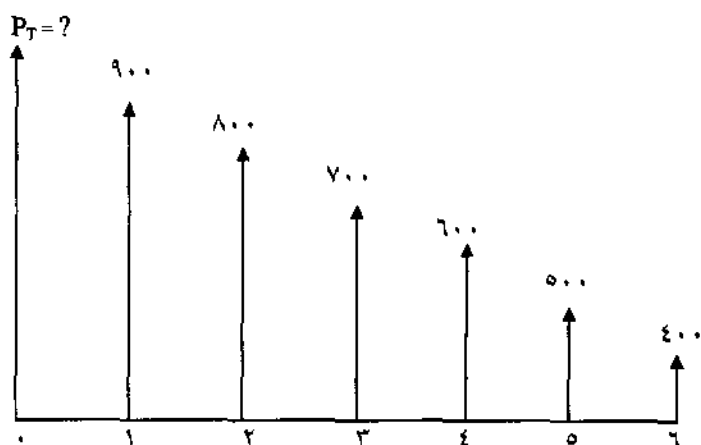
مقدار ارزش فعلی کل عبارت است از:

$$P_T = P_A + P_G \\ P_T = 50 (P/A, \%, 5, 7) + P_G \\ P_T = 50 (5/7864) + 149/42 \\ P_T = 438/74$$

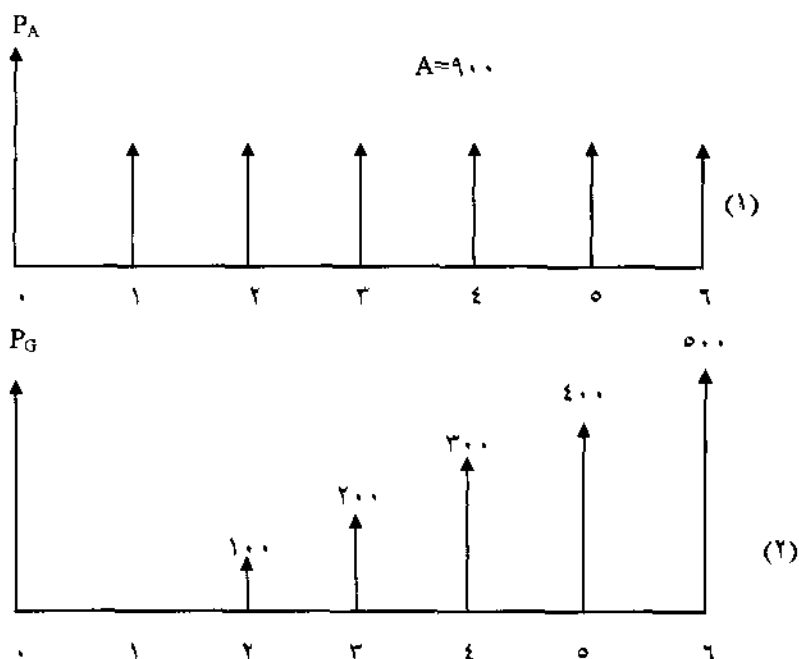
### شیب یکنواخت کاهش

چنانچه یک فرآیند مالی دارای شیب یکنواخت کاهش بود می‌توان با تبدیل شکل کاهش 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  $7\%$  در سال محاسبه نمایید.



حل: فرآیند مالی یک شیب کاهشی با  $G = 100$  را نشان می دهد. شکل فوق را می توان 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 می دهد. به بیان دیگر ارزش فعلی مسئله عبارت از تفاوت ارزش فعلی شکل (۲) با شکل (۱) است:

$$P_T = P_A - P_G$$

$$P_T = 900 (P/A, \%, 7, 6) - 100 (P/G, \%, 7, 6)$$

$$P_T = 900 (4/7665) - 100 (10/978)$$

$$P_T = 3,192/05$$

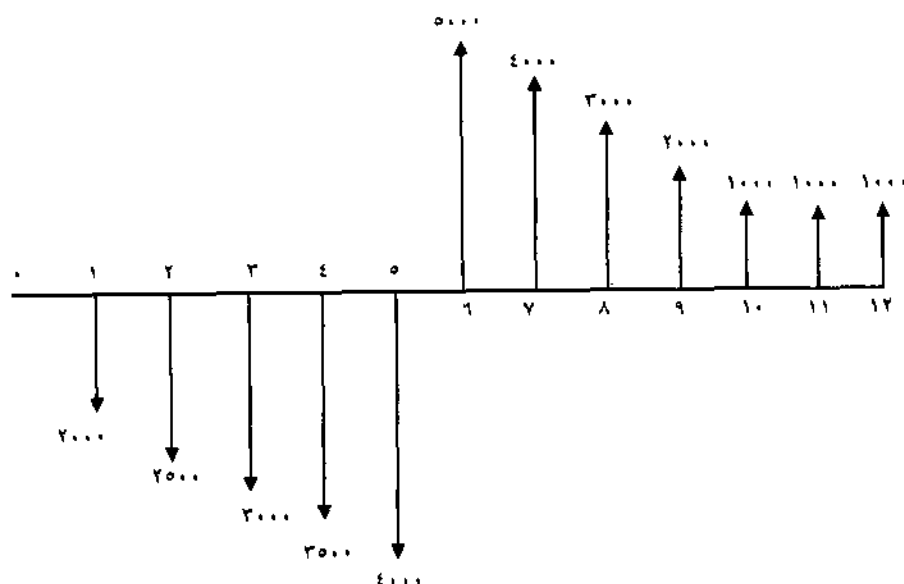
چنانچه درآمد یکنواخت سالیانه (A) مورد نظر باشد می‌توان آنرا به راحتی محاسبه کرد:

$$A = 900 - 100 (A/G, \%, 7, 6)$$

$$A = 900 - 100 (2/303)$$

$$A = 669/7$$

● مثال ۴-۵- طرح تولید میز تحریر خاصی به شرکت «گل‌بزار» پیشنهاد شده است. فرآیند مالی محصول عبارت از سرمایه‌گذاریهای متعدد در ۵ دوره و سپس فروش محصول و کسب درآمد در ۷ دوره 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:

$$P_1 = 2,000 (P/A, \%, 7, 5) + 500 (P/G, \%, 7, 5)$$

$$P_1 = 2,000 (4/1002) + 500 (7/646)$$

$$P_1 = 12,023/40$$

$$P_2 = [5,000 (P/A, \%, 7, 5) - 1,000 (P/G, \%, 7, 5)] (P/F, \%, 7, 5)$$

$$+ 1,000 (P/A, \%, 7, 2) (P/F, \%, 7, 10)$$

$$P_2 = [5,000 (4/1002) - 1,000 (7/646)] (0/7130)$$

$$= 1,000 (1/808) (0/5084)$$

$$P_2 = 10,084/80$$

$$P_T = P_2 - P_1$$

$$P_T = 12,023/40 - 10,084/80$$

$$P_T = -1,938/6$$

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

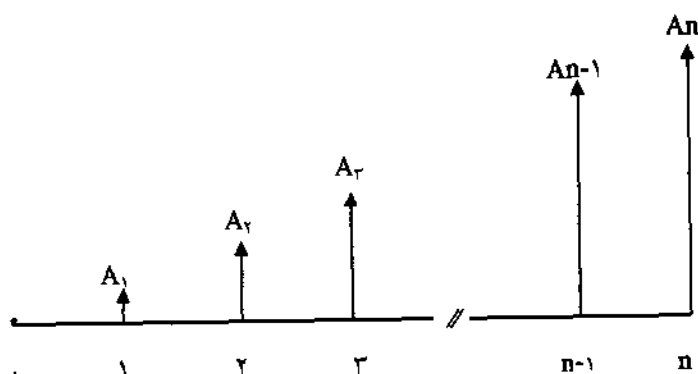
$$A = -1,938/6 (A/P, \%, 7, 12)$$

$$A = -1,938/6 (0/1259)$$

$$A = -244/07$$

سری هندسی<sup>۱</sup>

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



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

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

و یا بطور کلی:

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

برای محاسبه ارزش فعلی فرآیند مالی فوق، هر یک از دریافتها را  $F$  فرض نموده، با استفاده از رابطه  $P$  و  $F$ ، رابطه (۳-۲)، رابطه زیر را برقرار می‌کنیم:

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

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

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

$$P = A_1 \left[ \frac{1 - (1+j)^n (1+i)^{-n}}{i - j} \right] \quad i \neq j \quad (4-4)$$

$$P = \frac{nA_1}{1+i} \quad i = j \quad (4-5)$$

روابط فوق زمانی استفاده می‌شود که مقدار  $A_1$  (اولین پرداخت یا دریافت)،  $j$  (درصد تغییرات هر دوره 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.

$$P = A_1 (P/A, i, j, n) \quad (4-6)$$

برای حالتی که  $i \geq 0$  و  $j \neq i$  باشد رابطه (4-4) می‌تواند بصورت زیر بیان شود:

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

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

● مثال ۴-۶- 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:

$$A_1 = 50,000 \quad j = 8\% \quad i = 10\% \quad n = 5$$

طبق رابطه (۴-۶) داریم:

$$P = A_1 (P/A, 10, 8, 5)$$

$$P = 50,000 (4/3831)$$

$$P = 219,155$$

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

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

$$P = \frac{5(50,000)}{1/10} = 227,272/73$$

ارزش آینده یک سری هندسی را نیز می‌توان بسادگی بدست آورد.

چنانچه روابط (۴-۴) و (۴-۵) را در فاکتور  $(F/P, i\%, n)$  ضرب کنیم، روابط زیر

حاصل خواهند شد:

$$F = A_1 \left[ \frac{(1+i)^n - (1+j)^n}{i-j} \right] \quad i \neq j \quad (4-7)$$

$$F = nA_1 (1+j)^{n-1} \quad i = j \quad (4-8)$$

روابط فوق بصورت فرمول ذیل نوشته می شود:

$$F = A_1 (F/A_1, i, j, n) \quad (4-9)$$

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

$$A_1 = 50,000 \quad i = 8\% \quad j = 10\% \quad n = 10$$

حل: با استفاده از فرمول (۴-۹) داریم:

$$F = A_1 (F/A_1, 8, 10, 10)$$

$$F = 50,000 (21/74.09)$$

$$F = 1,087,045$$

## مسائل فصل چهارم

● ۴-۱. مقدار فاکتورهای زیر را از طریق درونیابی خطی محاسبه نمایید.

- a.  $(P/G, \%, ۱۰, ۸)$   
 b.  $(A/G, \%, ۱۷, ۱۳)$   
 c.  $(P/G, \%, ۲۸, ۴۱)$

● ۴-۲. 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 - فرآیند مالی را رسم نمایید و مقدار افزایش سالیانه را نشان دهید. ثانیاً - ارزش فعلی این سری دریافت را محاسبه نمایید. نرخ را ۱۵٪ فرض کنید.

● ۴-۳. شرکت «گل‌نام» دارای فرآیند مالی زیر است. ارقام در فرآیند مالی، نشان‌دهنده سود شرکت در سالهای آتی است، ارزش فعلی را محاسبه نمایید. نرخ ۱۰٪ در سال فرض می‌شود:



● ۴-۴. 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،

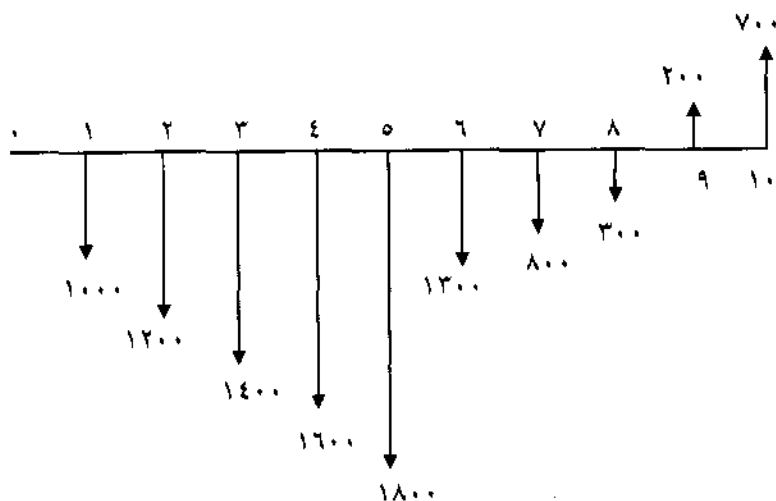
درآمد یکنواخت سالیانه را محاسبه نمایید.

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

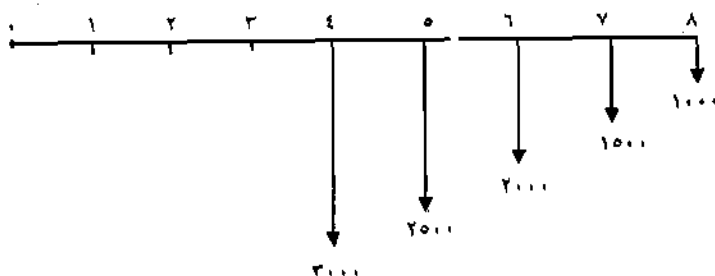


- ۴-۶. مقدار دریافت یکنواخت را در مسئله ۴-۵ محاسبه نمایید. نرخ بهره ۱۵٪ در سال است.

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



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



● ۴-۹- 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  | $۳,۰۰۰ + ۵X$ |

● ۴-۱۰- 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     |

- ۴-۱۱- 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 |

- ۴-۱۲- شخصی علاقمند است برای فرزندش سالانه مبلغی در بانک پس انداز 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 می گذارد و همه ساله از رابطه  $A_t = 1/10 A_{t-1}$  استفاده می نماید. میزان ارزش آینده این مبلغ (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  $A_t = 0.9 A_{t-1}$  پیش‌بینی می‌شود. ارزش فعلی سود او در آغاز سال بهره‌برداری چقدر بوده است؟ نرخ جذب‌کننده برای این شخص حداقل ۲۰٪ می‌باشد و عمر مفید شرکت ۱۰ سال فرض می‌شود.

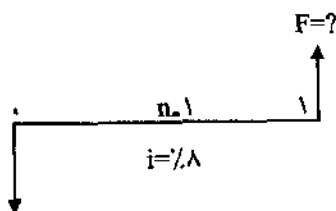
## فصل پنجم

### 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 می گرفت. وقتی دوره مرکب شدن کمتر و یا بیشتر از یکسال باشد، بحث نرخهای اسمی و موثر پیش می آید. مثلاً اگر نرخ بهره ۱٪ در ماه باشد تفاوت نرخهای اسمی و موثر را بهتر می توان 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 می شود مسئله ارزش زمانی پول در حاصل ضرب  $12\% = 1\% \times 12$  در نظر گرفته نشده است.

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

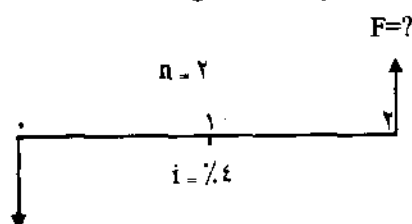
برای تشخیص رابطه بین نرخهای اسمی و موثر به مثال زیر می پردازیم. فرض کنید در جستجوی تعیین ارزش مبلغ ۱,۰۰۰ واحد پولی در یک سال بعد با نرخ ۸٪ در سال هستید. شکل فرآیند مالی زیر رابطه P و F را نشان می دهد و محاسبه F بطریق زیر انجام می شود:



$$P = 1,000$$

$$F = P (1+i)^n = 1,000 (1/0.8)^1 = 1,080$$

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



$$P=1,000$$

در شکل فوق مسئله نرخ بهره که هر شش ماه یکبار پرداخت می شود 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:

$$F = 1,000 (1/0.4)^2 = 1,000 (1.0816)$$

$$F = 1,081/6$$

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

$$F_1 = 1,000 (1/0.4) = 1,040$$

و در پایان دوره دوم:

$$F_2 = 1,040 (1/0.4) = 1,081/6$$

همانطور که مشاهده می شود در پایان دوره دوم، روی بهره حاصله در پایان دوره اول، که مقدار آن ۴۰ می باشد نیز بهره تعلق گرفته است و مفهوم متفاوت بودن جوابها را بهتر می توان مشاهده کرد. جواب  $1,081/6$  را می توانستیم از طریق دیگری هم بدست آوریم. اگر نرخ را  $8/16$ ٪ در سال فرض می کردیم:

$$F = 1,000 (1/0.816) = 1,081/6$$

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

$$(1 + i_e) = (1 + \frac{r}{t})^t$$

$$i_e = (1 + \frac{r}{t})^t - 1 \quad (51)$$

در رابطه (51) پارامترها عبارتند از:

$i_e$  = نرخ موثر در دوره <sup>1</sup>

$r$  = نرخ اسمی در دوره <sup>2</sup>

$t$  = تعداد مرکب شده در دوره <sup>3</sup>

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:

$$i_e = (1 + \frac{0.08}{2})^2 - 1$$

$$i_e = 0.0816 \text{ یا } 8.16\%$$

و همانطور که نشان داده شد می‌توان به ارزش آینده  $F = 1,081/6$  با استفاده از  $i_e = 8.16\%$  رسید. با حل چند مثال به رابطه این دو نرخ، بیشتر پی می‌بریم:

● مثال ۱۵- 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٪ بدمست می آید.

$$\text{نرخ اسمی سالیانه } ۱۲\% = ۱۲ \times ۱\%$$

با استفاده از فرمول (۵۱) داریم:

$$i_e = \left(1 + \frac{0.12}{12}\right)^{12} - 1$$

$$i_e = ۱۲\% / ۶۸ \text{ نرخ موثر سالیانه}$$

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

$$i_e = (1 + 0.01)^{12} - 1$$

$$i_e = ۱۲\% / ۶۸$$

● مثال ۵۲- شرکت «گل ابزار» 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 می باشد. شرکت باید مبلغ فوق را در مدت سه سال به اقساط ماهیانه پرداخت نماید. قسط ماهیانه شرکت چقدر خواهد بود.

$$\text{حل:} \quad \text{نرخ ماهیانه} = \frac{۱۲\%}{12} = ۱\%$$

$$36 = 12 \times 3 = \text{دوره پرداخت بر حسب ماه}$$

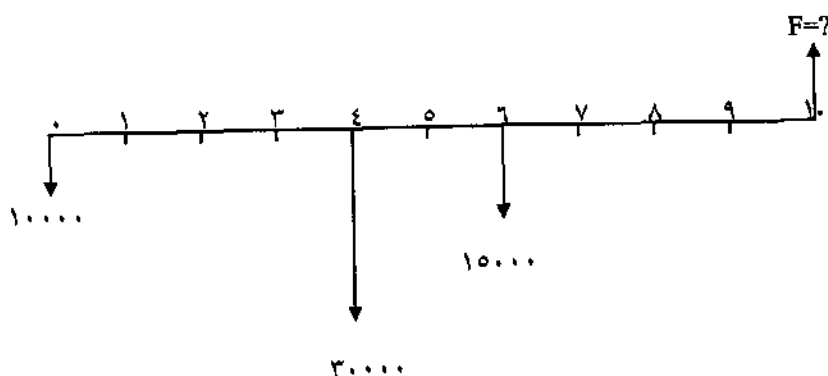
$$A = 45,000 (A/P, 1\%, 36)$$

$$A = 1,494/9$$

از آنجا که بهره، بصورت ماهیانه پرداخت می‌گردید و قسط ماهیانه مجهول بود، نرخ ماهیانه محاسبه شده، می‌تواند بعنوان نرخ موثر ماهیانه نیز محسوب شود. (دوره پرداخت مساوی با دوره 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 بهره سالانه 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 سالانه:

$$i_e = \left(1 + \frac{0.06}{2}\right)^2 - 1$$

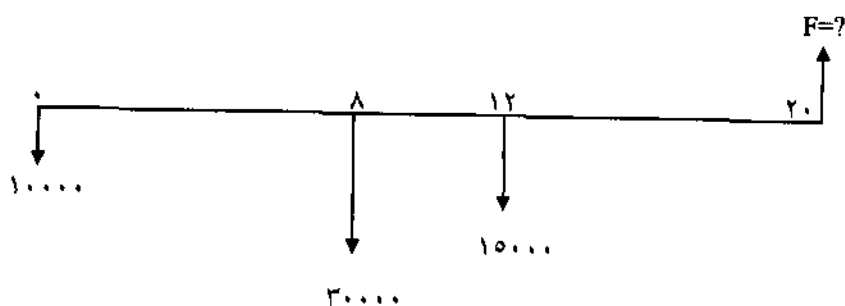
$$i_e = 0.0609 \text{ یا } 6.09\%$$

$$F = 10,000 (F/P, 6.09\%, 10) + 30,000 (F/P, 6.09\%, 6) + 15,000 (F/P, 6.09\%, 4)$$

$$F = ۷۹,۸۳۷$$

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 بدین ترتیب 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 ۵-۴ 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.

$$i_e = (1 + \frac{0.08}{365})^{365} - 1$$

حل: نرخ موثر سالیانه:

$$i_e = 0/08325 \text{ یا } 8/325\%$$

نرخ موثر شش ماهه:

$$i_e = (1 + \frac{0/04}{182/5})^{182/5} - 1$$

$$i_e = 0/04081 \text{ یا } 4/081\%$$

در رابطه فوق نرخ اسمی شش ماهه عبارت از:  
و روزهای دوره شش ماهه برابر:

$$t = \frac{365}{2} = 182/5$$

می باشد.

### 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 می تواند باشد که مرکب شدن پیوسته<sup>۱</sup> را بوجود می آورد. بخصوص در کشورهای غربی بعضی از مراکز مالی یا بانکها دارای چنین نرخي برای متقاضیان هستند. در مرکب شدن پیوسته، سال به تعداد بی نهایت دوره تقسیم می شود.

رابطه  $F/P$  را بصورت کلی:  $F = (1 + \frac{r}{t})^{nt}$  می نویسیم که در آن:

$r$  = نرخ اسمی سالیانه

$t$  = تعداد مرکب شدن در سال

$n$  = تعداد سال

اگر تعداد مرکب شدن ( $t$ ) به سمت  $\infty$  میل کند خواهیم داشت:

$$F = P \lim_{t \rightarrow \infty} \left( 1 + \frac{r}{t} \right)^{tn}$$

و چون

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left( 1 + \frac{r}{t} \right)^{tn} = e^{rn}$$

بنابراین رابطه زیر برقرار است:

$$F = Pe^{rn} \quad (52)$$

بدیهی است که مقدار  $e = 2/71828$  می باشد.

فرمول کلی رابطه (52) بصورت زیر است:

$$F = P (F/P, r, n)^\infty$$

رابطه (53) را می توان از رابطه (52) نتیجه گرفت:

$$P = F e^{-r.n} \quad (53)$$

این رابطه دارای فرمول کلی زیر نیز می باشد:

$$P = F (P/F, r, n)^\infty$$

در رابطه (52) فاکتور  $(F/P, r, n)^\infty$  بنام «فاکتور ارزش آینده یکبار پرداخت با مرکب شدن پیوسته»<sup>۱</sup> و فاکتور  $(P/F, r, n)^\infty$  بنام «فاکتور ارزش فعلی یکبار با مرکب شدن پیوسته»<sup>۲</sup> معروف است. نرخ موثر مرکب پیوسته از رابطه زیر تعیین می شود.

$$i_e = e^r - 1 \quad (54)$$

1 - Continuous Compounding, Single Sum, Future Worth Factor

2 - Continuous Compounding, Single Sum, Present Worth Factor

بطورکلی جدول (۵-۱) فاکتورهای مختلف را برای تعیین پارامترهای مختلف معین نموده است:

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

جدول ۵-۱

● مثال ۵-۵. 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 ۵۶. 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 نمایید.

$$P = A (P/F, \%, ۱۲, ۱۰)^{\infty} \quad \text{حل:}$$

$$P = ۱۰,۰۰۰ (۵/۴۸۱۰)$$

$$P = ۵۴,۸۱۰$$

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

$$F = ۱۰,۰۰۰ (۱۸/۱۹۷۴)$$

$$F = ۱۸۱,۹۷۴$$

## مسائل فصل پنجم

- ۵۱- نرخ اسمی سالیانه چقدر خواهد بود اگر نرخ بهره هر دو هفته (پانزده روز)  $5/0\%$  باشد.
- ۵۲- نرخ اسمی و موثر سالیانه را اگر نرخ بهره  $5/1\%$  در ماه باشد محاسبه کنید.
- ۵۳- نرخ اسمی و موثر سالیانه را اگر نرخ بهره  $8\%$  در هر شش ماه باشد محاسبه کنید.
- ۵۴- شرکت «گلدر» یک ماشین سواری را به قیمت  $55,000$  واحد پولی می خرد. قرار است شرکت مبلغ  $2,000$  واحد پولی در ماه برای مدت ۳۶ ماه بپردازد تا کل قیمت سواری پرداخت شود. نرخ اسمی و موثر سالیانه چقدر است؟
- ۵۵- اگر انتظار برود که ارزش آینده یک سری پرداختهای یکنواخت ماهیانه  $5,000$  واحد پولی باشد، مقدار هزینه ماهیانه چقدر خواهد بود. نرخ بهره سالیانه  $18\%$  در سال و بهره بصورت روزانه پرداخت می شود.
- ۵۶- اگر خانواده ای  $5,000$  واحد پولی را اکنون،  $2,000$  واحد پولی را در پایان سال سوم و  $3,000$  واحد پولی را در پایان سال پنجم برای فرزندشان پس انداز نمایند و نرخ سالیانه  $20\%$  و بهره هر سه ماه یکبار پرداخت گردد، اصل و فرع در سال ششم چقدر خواهد بود.
- ۵۷- شرکت صنایع چوبی «گلرنگ» مبلغ  $140,000$  واحد پولی برای خرید یک ماشین تجاری پرداخت کرده است. این ماشین با سرعت عمل خود قادر است هر ماه از هزینه های کارگری مبلغی را کاهش دهد. این کاهش هزینه یا صرفه جویی در پرداخت حقوق و دستمزد کارگردان باید چقدر در ماه باشد تا مبلغ کل ماشین تجاری خریداری

شده تامین شود. نرخ موثر سالیانه  $12/68\%$  است و مدتی که شرکت علاقمند است مبلغ اولیه ماشین بوسیله صرفه جوئی های سالیانه جبران شود  $2/5$  سال است.

● ۵-۸ خانواده ای دارای یک فرزند ۳ ساله هستند و علاقمندند وقتی او به سن ۱۸ سالگی رسید و وارد دانشگاه شد مبلغ  $100,000$  واحد پولی در حساب بانکی فرزندشان باشد تا مخارج تحصیلی دانشگاهی او پرداخت شود. این خانواده هم اکنون چه مبلغی را باید در بانک پس انداز نماید تا ارزش آینده این پس انداز  $100,000$  واحد پولی شود. نرخ بانک  $18\%$  در سال و بهره بصورت ماهیانه پرداخت می شود.

● ۵-۹ اگر شخصی همه ماهه مبلغ  $7,500$  واحد پولی در بانک پس انداز نماید پس از ده سال چه مقدار در حساب او خواهد بود. نرخ بهره  $12\%$  در سال و بهره بصورت ماهیانه پرداخت می شود.

● ۵-۱۰ شخصی سالانه مبلغ  $10,000$  واحد پولی در بانک پس انداز می نماید. ارزش آینده این پس اندازها پس از ۱۰ سال چقدر خواهد شد اگر نرخ بهره سالیانه  $15\%$  و بهره بطور مرکب پیوسته پرداخت شود.

● ۵-۱۱ شخصی هر شش ماه یکبار مبلغ  $5,000$  واحد پولی را در بانک پس انداز می کند و نرخ بانک  $12\%$  مرکب پیوسته می باشد. ارزش آینده این مبلغ پس از ۱۰ سال چقدر خواهد بود.

● ۵-۱۲ شخصی چهار پرداخت را به میزان  $1,000$  در دوره های ۱، ۲، ۳، ۴ (دوره برحسب سه ماه تنظیم شده) با نرخ  $8\%$  مرکب پیوسته پس انداز می نماید و می خواهد هم در دوره  $t=7$  و هم در  $t=10$  دریافت معین و ثابت  $X$  را داشته باشد. طول این پس انداز در  $t=10$  پایان می پذیرد. مقدار  $X$  را معین نمایید.

## **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»<sup>۱</sup> 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»<sup>۲</sup> پروژه‌هایی 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 - یک»<sup>۳</sup> استفاده می‌شود.

همانطور که در فصل‌های گذشته توضیح داده شد، محاسبه ارزش فعلی یک فرآیند مالی، تبدیل ارزش آینده کلیه دریافتها و پرداختها به ارزش فعلی در زمان حال یا مبدا پروژه می‌باشد. اگر عمر پروژه‌ها برابر باشند، محاسبه روش ارزش فعلی ساده‌ترین حالت خود را دارد. چنانچه «ارزش فعلی خالص»<sup>۴</sup> به ازای حداقل نرخ جذب‌کننده (MARR) برای یک پروژه، کوچکتر از صفر باشد ( $NPW < 0$ )، آن پروژه غیراقتصادی خواهد بود.  $NPW < 0$  مشخص‌کننده این حقیقت است که ارزش فعلی هزینه‌ها<sup>۵</sup> 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<sup>۱</sup> می باشد و چنانچه  $NPW > 0$  باشد، ارزش فعلی هزینه ها کمتر از ارزش فعلی درآمد بوده و پروژه اقتصادی است.

اگر  $NPW = 0$  باشد پروژه اقتصادی است، زیرا حداقل نرخ جذب کننده برای سرمایه گذاری تامین گشته است. در مقایسه اقتصادی چند پروژه اقتصادی به طریق ارزش فعلی، پروژه ای که دارای ارزش فعلی خالص بیشتری باشد اقتصادی ترین خواهد بود. اگر مبنای روش، ارزش فعلی هزینه ها باشد، یعنی فقط هزینه های مختلف پروژه ها در اختیار باشد، اقتصادی ترین پروژه، پروژه ای است که دارای کمترین ارزش فعلی هزینه ها باشد.

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

### حالت اول: عمر پروژه ها برابرند

● مثال ۱-۶. دو ماشین A و B را با اطلاعات زیر از طریق ارزش فعلی مقایسه نمائید. حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ در سال فرض می شود.

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

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

محاسبه ارزش فعلی دو ماشین بر اساس هزینه ها عبارت خواهد بود از:

$$PW_A = 2,500 + 900 (P/A, \%, 10, 5) - 200 (P/F, \%, 10, 5)$$

$$PW_A = 5,788$$

$$PW_B = 3,500 + 700 (P/A, \%, 10, 5) - 350 (P/F, \%, 10, 5)$$

$$PW_B = 5,936$$

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

● مثال ۶-۲: یک کارخانه سازنده ماشین های لباسشویی، خرید یک جرثقیل سقفی را بررسی می کند. هزینه اولیه این جرثقیل ۴۸,۰۰۰ با ارزش اسقاطی ۵,۰۰۰ بعد از ۴ سال می باشد. درآمد سالیانه حاصل از این جرثقیل ۱۵,۰۰۰ واحد پولی و هزینه های تعمیرات و نگهداری سالیانه ۳,۵۰۰ واحد پولی پیش بینی شده است. اگر کارخانه در جستجوی نرخ بازگشت سرمایه ۲۰٪ در سال باشد آیا خرید این جرثقیل را توصیه می کنید؟

حل: ارزش فعلی این جرثقیل بر اساس درآمد عبارت است از:

$$NPW = -48,000 - 3,500 (P/A, \%, 20, 4) + 15,000 (P/A, \%, 20, 4)$$

$$+ 5,000 (P/F, \%, 20, 4)$$

$$NPW = -15,820$$

از آنجا که  $NPW < 0$  می باشد خرید جرثقیل توصیه نمی شود. 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 می شود.

### 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.

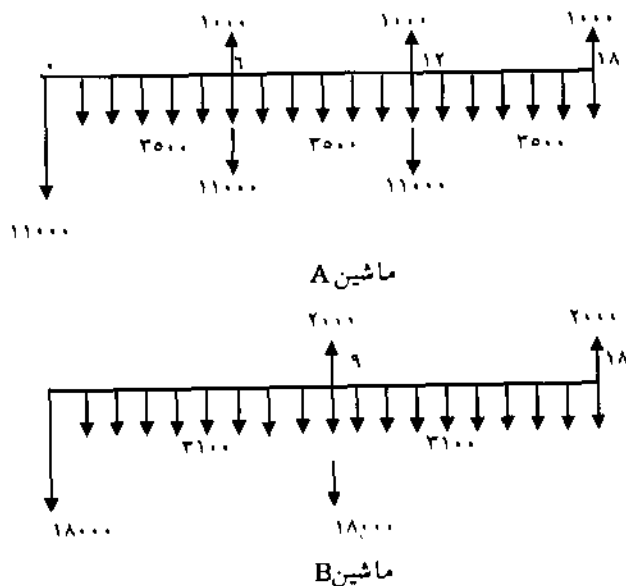
● مثال ۳-۶. یک کارخانه تولیدی دز مورد انتخاب یکی از دو ماشین A و B با مشخصات زیر در حال تصمیم‌گیری است:

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

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

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:



$$PW_A = 11,000 + 11,000 (P/F, \%, 15, 6) - 1,000 (P/F, \%, 15, 6) \\ + 11,000 (P/F, \%, 15, 12) - 1,000 (P/F, \%, 15, 12) \\ - 1,000 (P/F, \%, 15, 18) + 3,500 (P/A, \%, 15, 18)$$

$$PW_A = 38,559$$

$$PW_B = 18,000 + 18,000 (P/F, \%, 15, 9) - 2,000 (P/F, \%, 15, 9) \\ - 2,000 (P/F, \%, 15, 18) + 3,100 (P/A, \%, 15, 18)$$

$$PW_B = 41,384$$

ارزش فعلی دو ماشین با عمر مشترک براساس هزینه‌ها نشان می‌دهد که  $PW_A < PW_B$  است. ماشین A اقتصادی‌تر از ماشین B می‌باشد. بنابراین ماشین A باید خریداری گردد.

● مثال ۴-۶ 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 نقاله مکانیکی است. اطلاعات مربوط به دو طرح در جدول زیر نشان داده شده است:

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

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 پالته‌ها برای دو دوره و لیفت‌تراک‌ها برای سه دوره تکرار خواهند شد. ارزش فعلی دو طرح در ذیل محاسبه شده است:

طرح I

$$PW_I = PW_P + PW_L$$

$$PW_P = 28,000 + 28,000 (P/F, \%, 15, 12) - 2,000 (P/F, \%, 15, 12)$$

$$-2,000 (P/F, \%, 15, 24) + 300 (P/A, \%, 15, 24)$$

$$PW_P = 34,719/74$$

$$PW_L = 2(45,000) [1 + (P/F, \%, 15, 8) + (P/F, \%, 15, 16)]$$

$$-2(5,000) [(P/F, \%, 15, 8) + (P/F, \%, 15, 16) + (P/F, \%, 15, 24)] \\ + 2(6,000) (P/A, \%, 15, 24)$$

$$PW_L = 201,560/8$$

$$PW_I = 236,280/54$$

طرح II

$$PW_{II} = 175,000 - 10,000 (P/F, \%, 15, 24) + 2,500 (P/A, \%, 15, 24)$$

$$PW_{II} = 190,735/5$$

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. سد‌ها، 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  $n \rightarrow \infty$  میل می‌کند عبارت است از:

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

$$n \rightarrow \infty$$

$$A = Pi$$

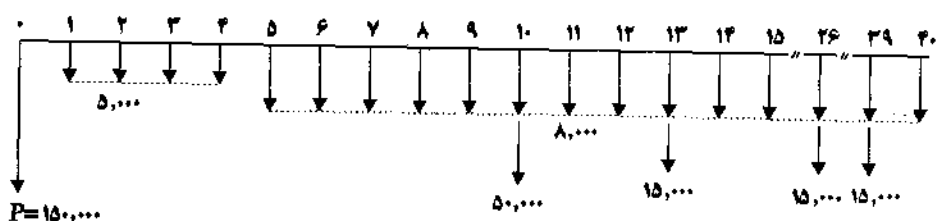
(۶-۱)

از رابطه فوق می‌توان نتیجه گرفت:

$$P = \frac{A}{i} \quad (۶-۲)$$

که  $P$  ارزش فعلی یا هزینه اولیه و  $A$  می‌تواند پرداخت یا دریافت یکنواخت سالیانه باشد. مقدار ارزش فعلی حاصل از رابطه (۶-۲) را «سرمایه هزینه شده»<sup>۱</sup> می‌نامند.

● مثال ۶-۵- یک سد 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:

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

$$PWB = \frac{20,000}{0.05} = 400,000$$

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:

$$P_1 = 150,000 + 50,000 (P/F, \%, 5, 10)$$

$$P_1 = 180,695$$

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

$$P_2 = \frac{150,000 (A/F, \%, 5, 13)}{0.5} = 16,940$$

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:

$$P_2 = \frac{5,000}{0.5} + \frac{3,000}{0.5} (P/F, \%, 5, 4)$$

$$P_2 = 149,362$$

ارزش فعلی هزینه‌ها از جمع سه هزینه فوق بدست می‌آید:

$$\begin{aligned} PWC &= P_1 + P_2 + P_3 \\ &= 180,695 + 16,940 + 149,362 \end{aligned}$$

$$PWC = 346,997$$

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 ۶-۶: 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 مورد نیاز 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 (۶-۱) ارزش فعلی را بدست آورد:

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

ارزش فعلی هزینه‌های ایجاد سد عبارت است از:

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

$$\text{سد } PW = ۸,۵۰۰,۰۰۰$$

از آنجا که  $PW < \text{سد } PW$  چاهها) می باشد، حفر ۱۰ چاه در هر ۵ سال یکبار اقتصادی تر می باشد. محاسبه ارزش فعلی چاهها از طریق زیر نیز امکان پذیر است:

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

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

## مسائل فصل ششم

● ۶-۱ یک شرکت پروفیل سازی دو ماشین A و B را جهت خرید بررسی می نماید. شرکت علاقمند است اقتصادی ترین 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؟

● ۶-۲ یک شرکت ساختمانی برای انتخاب دو نوع لوله آب، ۱۰ اینچ و ۱۲ اینچ که برای آبرسانی مورد استفاده قرار می گیرد در حال تصمیم گیری است. لوله ۱۰ اینچ دارای هزینه اولیه ۳۵,۰۰۰ واحد پولی و لوله ۱۲ اینچ دارای هزینه اولیه ۵۵,۰۰۰ واحد پولی است. پیش بینی می شود که صرفه جویی در هزینه آبرسانی توسط لوله ۱۲ اینچ برابر با ۳,۰۰۰ واحد پولی در سال نسبت به لوله ۱۰ اینچ باشد. اگر عمر مفید لوله ها را ۲۰ سال فرض کنیم با حداقل نرخ جذب کننده ۲۰٪ خرید و نصب کدام نوع لوله اقتصادی است.

● ۶-۳ دو طرح A و B را با  $MARR = 20\%$  از طریق ارزش فعلی مقایسه نمائید.

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

● ۶-۴ دو نوع پرس بصورت دو طرح جداگانه مورد بررسی اقتصادی قرار می گیرند. با

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

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

● ۶-۵- اگر در مسئله شماره ۳-۶ 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 اقتصادی تر است؟

● ۶-۶- اگر در مسئله شماره ۴-۶ 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 اقتصادی تر است؟

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

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

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

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

● 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 سالانه 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 سالانه 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 مهندسين 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 سالانه 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 سالانه ۱۵۰,۰۰۰ واحد پولی و هزینه تعمیرات اصلی هر ۵ سال یکبار ۵۰,۰۰۰ واحد پولی است. اگر نرخ بهره سالانه 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 همه ساله 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 همه ساله 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؟

● ۱۲-۶. دو طرح برای ایجاد تاتر شهر، در شهر اصفهان، توسط مهندسين 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 با توجه به اطلاعات طرح تحت نام «هزینه یکنواخت سالیانه»<sup>۱</sup> و یا تحت نام «درآمد یکنواخت سالیانه»<sup>۲</sup> 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 نمایم، 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 اسمی (SV) باشد. در روش اول محاسبه EUAC که ساده‌ترین روش است، مقدار P را با

---

1 - Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC)

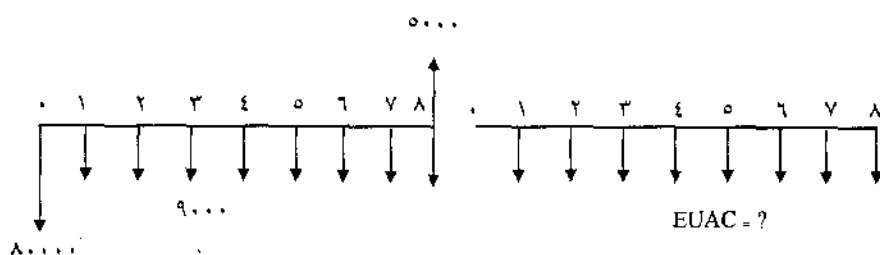
2 - Equivalent Uniform Annual Benefit (EUAB)

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:

$$EUAC = P (A/P, i\%, n) - SV (A/F, i\%, n) \quad (V-1)$$

● مثال V-1. 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:

$$EUAC = A_1 + A_2$$

$A_1$  عبارت است از هزینه یکنواخت سالیانه محاسبه شده از رابطه (V-1) و  $A_2$  هزینه عملیاتی سالیانه که برابر است با ۹,۰۰۰ واحد پولی.

$$A_1 = 80,000 (A/P, 6\%, 8) - 5,000 (A/F, 6\%, 8)$$

$$A_1 = 12,380$$

$$EUAC = 12,380 + 9,000 = 21,380$$

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 (۷-۲) روش دوم محاسبه EUAC را نشان می‌دهد:

$$EUAC = [P - SV (P/F, i\%, n)] (A/F, i\%, n) \quad (7-2)$$

● مثال ۷-۲ با استفاده از رابطه (۷-۲) مقدار EUAC را در مثال ۷-۱ بدست آورید:

$$\begin{aligned} EUAC &= [80,000 - 5,000 (P/F, \%, 6, 8)] (A/P, \%, 6, 8) + 9,000 \\ EUAC &= 21,380 \end{aligned} \quad \text{حل:}$$

### 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 جذب کننده را به آن اضافه می‌نمائیم. رابطه (۷-۳) روش سوم محاسبه EUAC را نشان می‌دهد:

$$EUAC = (P - SV) (A/P, i\%, n) + SV (i) \quad (7-3)$$

● مثال ۷-۳ با استفاده از رابطه (۷-۳) مقدار EUAC را در مثال ۷-۱ بدست آورید.

$$\begin{aligned} EUAC &= (80,000 - 5,000) (A/P, \%, 6, 8) + 5,000 (0/06) + 9,000 \\ EUAC &= 21,380 \end{aligned} \quad \text{حل:}$$

رابطه ۷-۳ 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 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 می توان بصورت زیر نوشت:

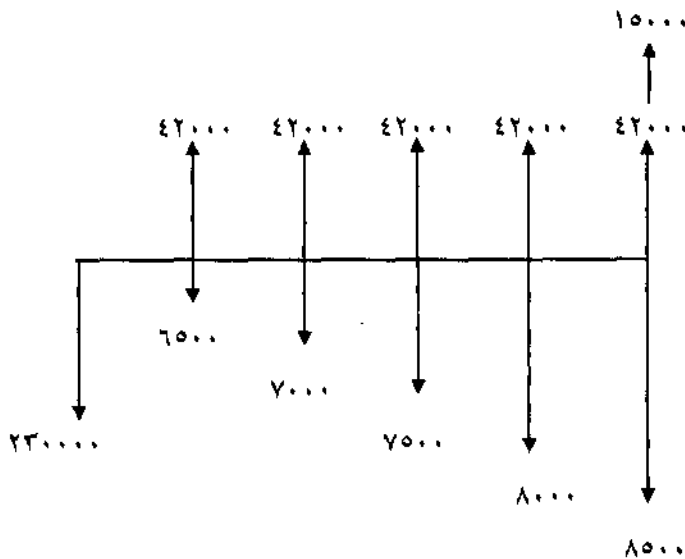
$$EUAC = P(A/P, i\%, n) - SV(A/F, i\%, n)$$

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

چنانچه مثال ۷-۱ براساس درآمد مطرح می شد،  $EUAB$  را از هریک از سه طریق فوق محاسبه می نمودیم.

● مثال ۷-۴- یک شرکت پخش کننده دارو برای توزیع داروها در سراسر شهر خرید ۵ وانت را بررسی می کند. قیمت اولیه هر وانت ۴۶,۰۰۰ واحد پولی و ارزش اسقاطی پس از ۵ سال ۳,۰۰۰ واحد پولی خواهد بود. هزینه های بیمه، تعمیرات، بنزین و غیره در سال اول ۶,۵۰۰ واحد پولی و همه ساله ۵۰۰ واحد پولی افزایش می یابد. درآمد سالیانه حاصل از وانتها ۴۲,۰۰۰ واحد پولی در سال پیش بینی می شود. اگر حداقل نرخ جذب کننده ۱۰٪ مورد نظر شرکت باشد آیا خرید وانت ها 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»<sup>۱</sup> محاسبه گردد. مقدار درآمد سالیانه عبارت است از:

$$EUAB = 42,000$$

مقدار هزینه سالیانه طبق رابطه زیر بدست می آید:

$$EUAC = +5(46,000)(A/P, \%, 10, 5) - 5(3,000)(A/F, \%, 10, 5) \\ + 6,500 + 500(A/G, \%, 10, 5)$$

$$EUAC = +65,625$$

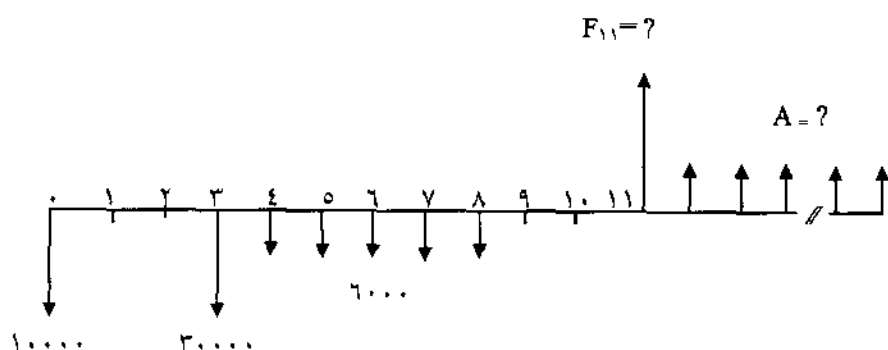
از آنجا که هزینه سالیانه، بیش از درآمد سالیانه است خرید و انت‌ها توصیه نمی شود به عبارت دیگر:

$$NEUA = 42,000 - 65,625 = -23,625$$

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

و ۶,۰۰۰ واحد پولی را از سال چهارم تا هشتم در بانکی پس انداز می کند. درآمد یکنواخت سالیانه حاصل از این سرمایه گذاری 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 سرمایه گذاری ها در پایان سال یازدهم محاسبه می شود:

$$F_{11} = 10,000 (F/P, \%, 8, 11) + 30,000 (F/P, \%, 8, 8) \\ + 6,000 (F/A, \%, 8, 5) (F/P, \%, 8, 3)$$

$$F_{11} = 123,190$$

$F_{11}$  در حقیقت برای درآمد یکنواخت سالیانه  $P$  محسوب می شود:

$$EUAB \approx P_i = 123,190 (0/08) = 9,860$$

### مقایسه چند پروژه از طریق هزینه یکنواخت سالیانه

همانطور که اشاره شد اگر پروژه ها دارای عمرهای نابرابر باشند بسادگی می توان از روش  $EUAC$  استفاده و اقتصادی ترین پروژه را انتخاب نمود. روش مقایسه چند پروژه، با استفاده از تکنیک هزینه سالیانه مانند تکنیک ارزش فعلی است. پروژه ای که دارای کمترین هزینه سالیانه باشد اقتصادی ترین پروژه خواهد بود.

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

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

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

$$EUAC_A = 26,000 (A/P, \%, 15, 6) - 2,000 (A/F, \%, 15, 6) + 11,000 + 800$$

$$EUAC_A = 18,442$$

$$EUAC_B = 36,000 (A/P, \%, 15, 10) - 3,000 (A/F, \%, 15, 10) + 9,600 + 300$$

$$EUAC_B = 16,925$$

از آنجا که  $EUAC_B < EUAC_A$  می باشد طرح B یا خرید پمپ B توصیه می شود.

● مثال ۷-۷. دو طرح I و II تشریح شده در مثال ۶-۴ را از طریق EUAC مقایسه نمائید. هزینه یکنواخت سالیانه طرح I شامل هزینه یکنواخت سالیانه پالتهای و هزینه یکنواخت سالیانه لیفت تراکها خواهد بود:

$$EUAC_P = 28,000 (A/P, \%, 15, 12) - 2,000 (A/F, \%, 15, 12) + 300 \quad \text{حل:}$$

$$EUAC_P = 5,396$$

$$EUAC_L = 2(45,000) (A/P, \%, 15, 8) - 2(5,000) (A/F, \%, 15, 8) + 2(6,000)$$

$$EUAC_L = 31,328$$

$$EUAC_I = 5,396 + 31,328$$

$$EUAC_I = 36,724$$

$$EUAC_{II} = 175,000 (A/P, \%, 15, 24) - 10,000 (A/F, \%, 15, 24) + 2,500$$

$$EUAC_{II} = 29,646$$

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 ۴-۶) در فاکتور  $(A/P, \%, 15, 24)$  نیز بدست آوریم:

$$EUAC_I = 236,280 / 54 (A/P, \%, 15, 24) = 36,724$$

$$EUAC_{II} = 190,735 / 5 (A/P, \%, 15, 24) = 29,646$$

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 ۷-۸- 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 اولیه 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:

$$A_1 = 30,800,000 (0/0.6) = 1,848,000$$

$$A_2 = 15,000$$

$$A_3 = 50,000 (A/F, \%, 6, 10) = 3,794$$

$$EUAC = A_1 + A_2 + A_3 = 1,866,797$$

هزینه سالیانه طرح پل فلزی عبارت است از:

$$A_1 = 22,300,000 (0/6) = 1,338,000$$

$$A_2 = 8,000$$

$$A_3 = 10,000 (A/F, \%, 6, 3) = 3,141$$

$$A_4 = 45,000 (A/F, \%, 6, 10) = 3,414$$

$$EUAC = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 1,352,555$$

پل فلزی اقتصادی تر است.

## مسائل فصل هفتم

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

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

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

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

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

- ۷-۳ 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 II  |         | طرح I  |                       |
|---------|---------|--------|-----------------------|
| ماشین B | ماشین A |        |                       |
| ۵,۰۰۰   | ۳۰,۰۰۰  | ۱۰,۰۰۰ | هزینه اولیه           |
| ۲۰۰     | ۱۰۰     | ۵۰۰    | هزینه عملیاتی سالیانه |
| -۲۰۰    | ۵,۰۰۰   | ۱,۰۰۰  | ارزش اسقاطی           |
| ۲۰      | ۴۰      | ۴۰     | عمر مفید              |

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

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

- ۷-۶ در مسئله شماره ۶-۱۰، 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.

- ۷-۸ هزینه اولیه سد 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 سد 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؟

● ۷-۹. در مسئله شماره ۶-۱۱، مقایسه اقتصادی یک پارک تفریحی را از طریق EUAC انجام دهید.

● ۷-۱۰. در مسئله شماره ۶-۱۲، مقایسه دو طرح ایجاد تاتر شهر را از طریق EUAC با حداقل نرخ جذب کننده ۱۵٪ انجام دهید.