

جزوه درس اقتصاد مهندسی
مخصوص مهندسان صنایع
بر اساس کتاب دکتر محمد مهدی اسکوتزاد

مهندسی صنایع در محیط دانشگاه

www.ieuni.ir

بخش ۱

- ۱ فصل یکم- مفاهیم اساسی در اقتصاد مهندسی
- ۳ فصل دوم- اصول و روابط پایه‌ای در اقتصاد مهندسی
- ۶ فصل سوم- معرفی و کاربرد
- ۹ فصل چهارم- حالت‌های خاص فرآیند مالی
- ۱۴ فصل پنجم- نرخ‌های اسمی و مؤثر

بخش ۲

- ۱۸ فصل ششم- روش ارزش فعلی
- ۲۱ فصل هفتم- روش یکنواخت سالیانه
- ۲۳ فصل هشتم- روش نرخ بازگشت سرمایه
- ۲۸ فصل نهم- روش نسبت منافع به مخارج
- ۳۳ فصل دهم- روش‌های دیگر اقتصاد مهندسی

بخش ۳

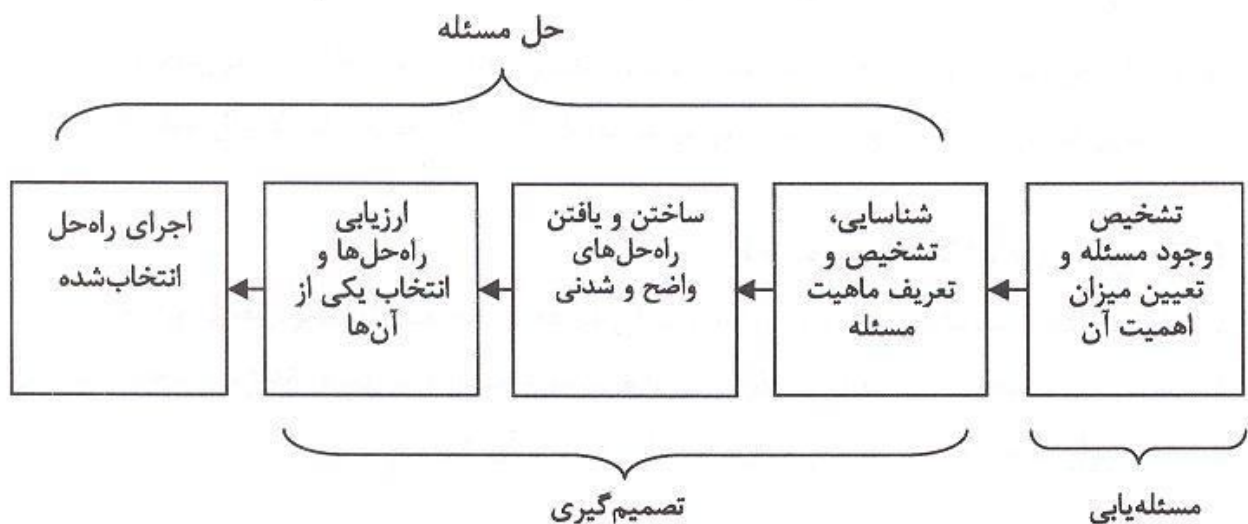
- ۳۶ فصل یازدهم- استهلاک
- ۴۳ فصل دوازدهم- تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات
- ۴۷ فصل سیزدهم- تجزیه و تحلیل جایگزینی (تعویض)

فصل یکم

مفاهیم اساسی در اقتصاد مهندسی

۱-۱- تصمیم‌گیری:

مدیر برای انجام وظایف چهارگانه خود در هر مرحله نیازمند تصمیم‌گیری است. به همین علت، برخی از صاحب‌نظران معتقدند که تصمیم‌گیری و مدیریت مترادفند. فرآیند تصمیم‌گیری، مسئله‌یابی و حل مسئله طبق نظریهٔ جرج هوبر^۱ در نمودار زیر نمایش داده شده است.



۱-۲- انواع موقعیت‌های تصمیم‌گیری:

- تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان: هیچ متغیر غیر قابل کنترلی در مسئله وجود ندارد.

- تصمیم‌گیری در شرایط مخاطره: مسئله شامل تعدادی متغیر غیر قابل کنترل است که احتمال وقوع آنها قابل پیش‌بینی است.
- تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان: مسئله شامل تعدادی متغیر غیر قابل کنترل است که اطلاعات کافی برای پیش‌بینی احتمال وقوع آنها در دسترس نیست.
- تصمیم‌گیری در شرایط تعارض: استراتژی‌های رقیب یا رقبا جایگزین متغیرهای غیرقابل کنترل مسئله می‌شود.

۱-۳- تعریف اقتصاد مهندسی:

- اقتصاد مهندسی، به کارگیری روابط ریاضی برای محاسبه ارزش زمانی پول و ایجاد تعادل بین هزینه/درآمدهای جاری و آتی است.
- اقتصاد مهندسی، مجموعه‌ای از فنون ریاضی برای ساده‌کردن مقایسه اقتصادی پروژه‌های صنعتی است.

فصل دوم

اصول و روابط پایه‌ای در اقتصاد مهندسی

۱-۲- ارزش زمانی پول^۱:

یک اصل علمی است که بر اساس آن، یک واحد پول امروز ارزشی بیش از یک واحد پول در آینده دارد.

نکته: اگر حرکت از زمان حال به آینده باشد، مقدار عددی پول افزایش می‌یابد و برعکس. بدین معنی که ۱۰۰ تومان امروز می‌تواند معادل ۱۴۰/۲۶ تومان در ۵ سال بعد باشد.

۲-۲- بهره^۲ (یا بازگشت سرمایه):

هزینه استفاده از سرمایه است و آن را با I نشان می‌دهند. به عبارت دیگر، مقدار پرداختی است که به سبب استفاده از سرمایه، از طرف آورنده سرمایه مطالبه می‌شود. اندازه پرداخت، بستگی به مقدار پول قرض گرفته شده و طول زمان استفاده از آن دارد.

۳-۲- نرخ بهره^۳ (یا نرخ بازگشت سرمایه):

درصدی از سرمایه است که به سبب استفاده از سرمایه، باید به سرمایه‌گذار بازگشت داده شود و آن را با i یا ROR نشان می‌دهند. نرخ بهره به دو صورت ساده و مرکب محاسبه می‌شود:

1- The time value of money

2- Interest (or Return)

3- Interest Rate or Rate of Return (ROR)

۲-۳-۱- نرخ بهره ساده: درصد معینی از سرمایه اصلی است. اگر سرمایه اصلی (یا ارزش فعلی) را با P و ارزش آینده آن در پایان سال n ام را با F_n نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$I = n \times i \times P \Rightarrow F_n = P(1 + n \times i)$$

۲-۳-۲- نرخ بهره مرکب: بهره، در پایان هر دوره زمانی و بر اساس ارزش دوره پیش از آن محاسبه می شود.

$$\text{ارزش در سال ۱: } I_1 = iP \Rightarrow F_1 = P + I_1 = P(1 + i)$$

$$\text{ارزش در سال ۲: } I_2 = iF_1 \Rightarrow F_2 = F_1 + I_2 = P(1 + i)^2 \Rightarrow F_n = P(1 + i)^n$$

⋮

$$\text{ارزش در سال } n: I_n = iF_{n-1} \Rightarrow F_n = F_{n-1} + I_n = P(1 + i)^n$$

نکته: در صورتی که قرار باشد نرخ بهره در یک سال محاسبه شود، می توان از رابطه زیر نیز استفاده کرد:

$$\text{نرخ بهره} = \frac{\text{مقدار سرمایه اولیه} - \text{مقدار اصل و فرع}}{\text{مقدار سرمایه اولیه}} \times 100$$

$$\text{نرخ بهره} = \frac{F_1 - P}{P} \times 100 \quad \text{یا به عبارت دیگر:}$$

که در آن F_1 ارزش آینده در پایان سال اول و P ارزش فعلی یا همان سرمایه اولیه است.

۲-۴- حداقل نرخ جذب کننده^۱ (MARR):

حداقل نرخ است که سرمایه دار در آن نرخ، به سرمایه گذاری تمایل می یابد. به عبارت دیگر، نرخ مناسب برای سرمایه گذاری است که باید بیشتر یا حداقل مساوی با نرخ بهره متعادل کننده (که معمولاً نرخ بهره بانک فرض می شود) باشد. بنابراین اگر نرخ بازگشت سرمایه پروژه ای از حداقل نرخ جذب کننده بیشتر باشد، می توان آن پروژه را اقتصادی در نظر گرفت.

1- Minimum Attractive Rate of Return (MARR)

۲-۵- جریان نقدی^۱ یا فرآیند مالی (CF):

جریان نقدی، تفاوت میان تمام دریافتها و پرداختهای نقدی را در یک بازه زمانی نشان می‌دهد. آسان‌ترین راه نمایش جریان نقدی، «نمودار جریان نقدی»^۲ است؛ که در آن، بردارهای عمودی رو به بالا و پایین روی یک محور زمانی افقی، به ترتیب نشان‌دهنده جریانهای نقدی مثبت و منفی است و طول هر بردار متناسب با بزرگی جریان نقدی رسم می‌شود. جریان نقدی را می‌توان در قالب «جدول جریان نقدی»^۳ نیز نمایش داد.

۲-۶- تعادل یا برابرسازی جریان نقدی^۴:

از طریق برقراری تعادل یا برابرسازی ارزشها، می‌توان هزینه اولیه را با مقدار پولی که در آینده پرداخت یا دریافت می‌شود، مقایسه کرد؛ یا می‌توان نتایج پیش‌بینی‌شده پروژه‌های مختلف را که از نظر زمانی متفاوتند، به یک مبدا مشترک مبدل ساخت. برای این کار، باید جریان نقدی هر پروژه را در ضرایب معینی ضرب کرد. این ضرایب (یا فاکتورها) در فصل سوم معرفی می‌شوند و روابط ریاضی مربوط به آنها مطرح می‌گردد.

۲-۷- معرفی پارامترها:

ردیف	پارامتر	اختصار
۱	بهره (بازگشت سرمایه)	I
۲	نرخ بهره (نرخ بازگشت سرمایه)	i (ROR)
۳	حداقل نرخ جذب‌کننده	MARR
۴	تعداد دوره	n
۵	ارزش فعلی	$P(PW)$
۶	ارزش آینده یا اصل و فرع	$F(FW)$
۷	هزینه/درآمد یکنواخت سالیانه ^۵	A

1-Cash Flow

2-Cash Flow Diagram

3- Cash Flow Table

4-Cash Flow Equivalence

5- Uniform Annual Cost/Income

نوع فاکتور	معادله	پارامتر	نوع فاکتور
فاکتور (ضریب)	$(1+i)^n$	F	ارزش فعلی یکبار پرداخت
فاکتور (ضریب)	$(1+i)^{-n}$	P	یکبار پرداخت

فصل سوم

معرفی و کاربرد فاکتورها

۳-۱-۱- معرفی فاکتورها (ضرایب):

فاکتورها در حقیقت، روابط بین پارامترهای معرفی شده در فصل دوم را بر اساس نرخ بهره مرکب نشان می دهند و بدین شرح اند:

۳-۱-۱-۱- فاکتورهای یکبار پرداخت:

پارامتر معلوم	پارامتر مجهول	فاکتور (ضریب)	نام فاکتور (ضریب)
P	F	$(1+i)^n$	ارزش فعلی یکبار پرداخت
F	P	$(1+i)^{-n}$	یکبار پرداخت

۳-۱-۲- فاکتورهای سری یکنواخت:

پارامتر مجهول	پارامتر معلوم	فاکتور (ضریب)	نام فاکتور (ضریب)
F	A	$\frac{(1+i)^n - 1}{i}$	پرداخت مساوی برای مقدار مرکب یا مرکب یک سری یکنواخت
A	F	$\frac{i}{(1+i)^n - 1}$	وجوه استهلاکی یا پرداخت منظم سالانه
A	P	$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	برگشت سرمایه یا باز یافت سرمایه
P	A	$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$	ارزش فعلی سری یکنواخت یا ارزش فعلی اقساط سالانه

۳-۲- جدول فاکتورها و درون‌یابی خطی:

برای جلوگیری از محاسبات مداوم و تکراری مقدار فاکتورها، جدول فاکتورها بر اساس فرم استاندارد فاکتورها تهیه شده که در انتهای کتاب موجود است. جداول بر اساس نرخهای بهره مرکب از ۰/۲۵٪ تا ۵۰٪ طی دوره‌های متفاوت تنظیم شده است.

فرم استاندارد فاکتورها با فرض این که X پارامتر مجهول و Y پارامتر معلوم است، به صورت زیر خواهد بود:

$$(X/Y, i, n)$$

همچنین، گاهی برای یک مقدار مشخص i یا یک دوره مشخص n مقدار فاکتور در جدول موجود نیست و باید به وسیله درون‌یابی خطی، مقدار فاکتور مورد نظر را به دست آورد. به عنوان مثال برای به دست آوردن فاکتور $(A/P, ۷/۳, ۱۰)$ لازم است از درون‌یابی خطی^۱ دو فاکتور $(A/P, ۷, ۱۰)$ و $(A/P, ۸, ۱۰)$ با استفاده از نسبت زیر استفاده کرد.

		i	A/P
b a c d		۷	۰/۱۴۲۴
		۷/۳	x
		۸	۰/۱۴۹۰

$$\frac{a}{c} = \frac{b}{d} \Rightarrow c = \frac{7/3 - 7}{8 - 7} (0/1490 - 0/1424) = \frac{0/3}{1} (0/0066) \Rightarrow c = 0/00198$$

$$x = 0/1424 + 0/00198 = 0/14438$$

۳-۳- روابط اقتصاد مهندسی:

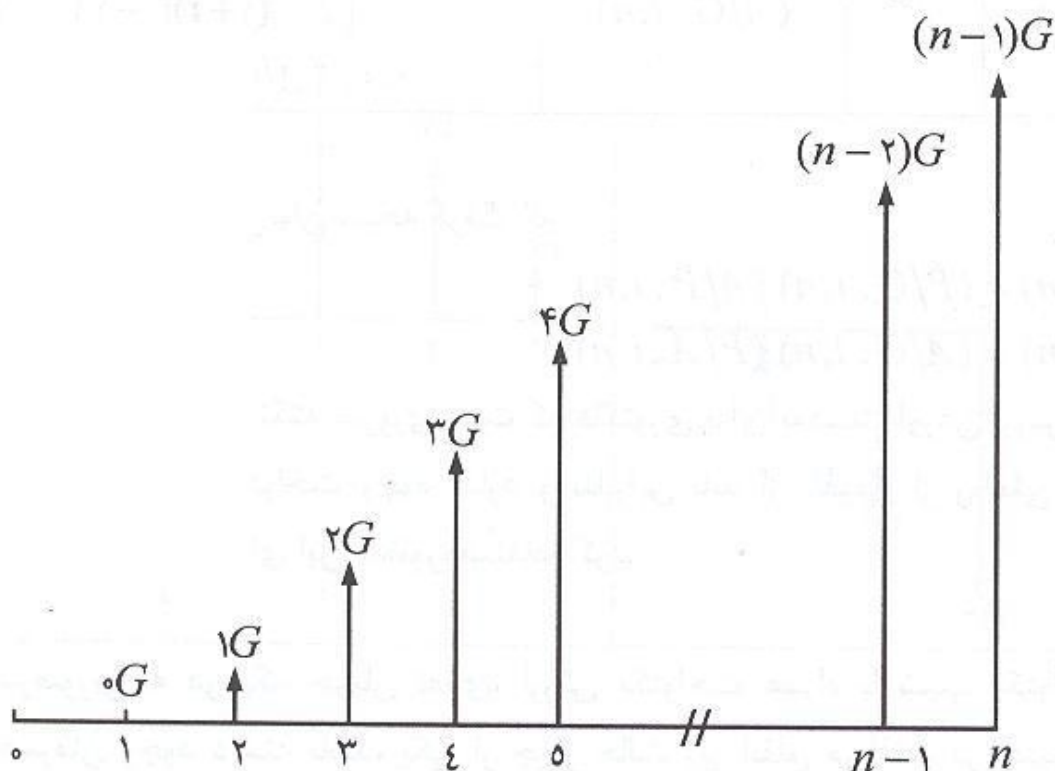
روابط یکبار پرداخت				
پارامتر مجهول	پارامتر معلوم	فرم استاندارد فاکتور (ضریب)	نام فاکتور (ضریب)	رابطه
F	P	$(F/P, i, n)$	ارزش فعلی یکبار پرداخت	$F = P(1+i)^n$ $= P(F/P, i, n)$
P	F	$(P/F, i, n)$	یکبار پرداخت	$P = F(1+i)^{-n}$ $= F(P/F, i, n)$
روابط سری یکنواخت				
پارامتر مجهول	پارامتر معلوم	فرم استاندارد فاکتور (ضریب)	نام فاکتور (ضریب)	رابطه
F	A	$(F/A, i, n)$	پرداخت مساوی برای مقدار مرکب یا مرکب یک سری یکنواخت	$F = A \frac{(1+i)^n - 1}{i}$ $= A(F/A, i, n)$
A	F	$(A/F, i, n)$	وجوه استهلاکی یا پرداخت منظم سالانه	$A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1}$ $= F(A/F, i, n)$
A	P	$(A/P, i, n)$	برگشت سرمایه یا بازیافت سرمایه	$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$ $= P(A/P, i, n)$
P	A	$(P/A, i, n)$	ارزش فعلی سری یکنواخت یا ارزش فعلی اقساط سالانه	$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$ $= A(P/A, i, n)$

فصل چهارم

حالاتهای خاص فرآیند مالی (جریان نقدی)

۴-۱- شیب یکنواخت^۱:

چنانچه در یک جریان نقدی، دریافتها یا پرداختها بهطور یکنواخت افزایش یا کاهش یابد، شیب یکنواخت به وجود می‌آید. مقدار ثابتی که در ارزش یک دوره نسبت به ارزش دوره قبل از آن تغییر می‌کند، مقدار شیب یکنواخت است که با G نشان داده می‌شود.



شکل ۴-۱- نمودار کلی جریان نقدی با شیب یکنواخت

۴-۱-۱- رابطه ارزش فعلی یک سری با شیب یکنواخت:

پارامتر مجهول	پارامتر معلوم	فاکتور(ضریب)	رابطه
P	G	$(P/G, i, n)$	$P = \frac{G}{i} \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - \frac{n}{(1+i)^n} \right]$ $= G (P/G, i, n)$

۴-۱-۲- رابطه ارزش یکنواخت یک سری با شیب یکنواخت:

پارامتر مجهول	پارامتر معلوم	فاکتور(ضریب)	رابطه
A	G	$(A/G, i, n)$	$A = G \left[\frac{1}{i} + \frac{n}{(1+i)^n - 1} \right]$ $= G (A/G, i, n)$

نکته: از دو رابطه فوق می‌توان نتیجه گرفت که:

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

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

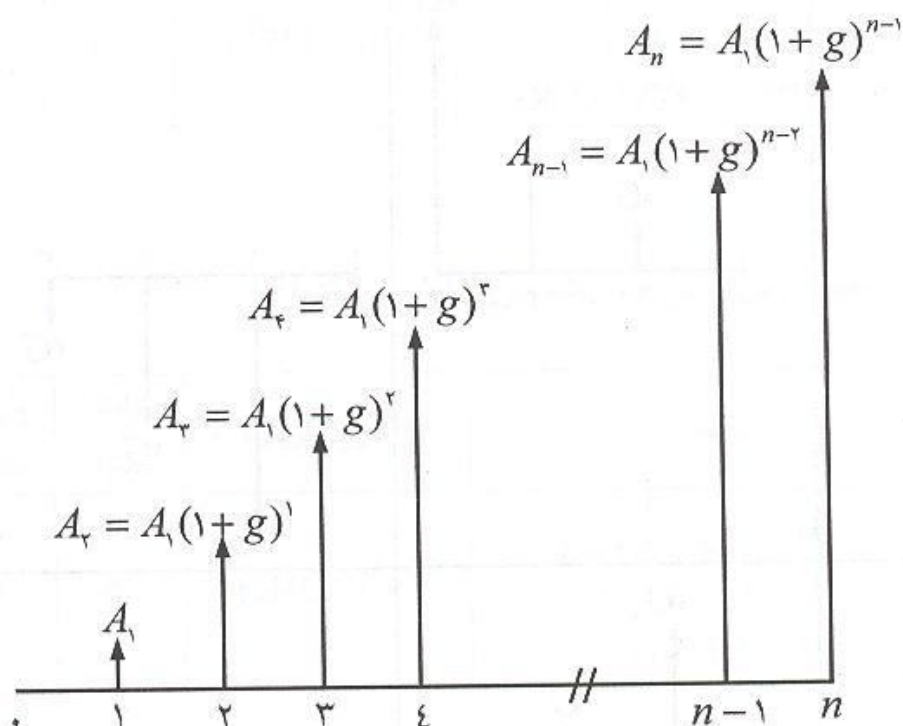
همچنین ذکر این نکته ضروری است که فاکتوری برای به‌دست آوردن ارزش آینده یک سری با شیب یکنواخت وجود ندارد و بنابراین باید از تلفیقی از روابطی که تاکنون مطرح شده است برای این منظور، استفاده کرد.

نکته: در صورتی که در یک جریان نقدی، ارزش یکنواخت همراه با شیب یکنواخت به‌طور همزمان وجود داشته باشد، یکی از چهار حالت زیر اتفاق می‌افتد. در چنین وضعیتی، برای محاسبه هر کدام از پارامترها، لازم است که ارزش یکنواخت و شیب یکنواخت از یکدیگر منفک شوند.

	$A > 0$	$A < 0$
$G > 0$		
$G < 0$		

۴-۲- سری هندسی:

در صورتی که در یک جریان نقدی، هر دریافت یا پرداخت نسبت به دوره قبل به اندازه درصد معینی افزایش یا کاهش یابد، سری هندسی رخ داده است که با g نشان داده می‌شود.



شکل ۳-۲- نمودار کلی جریان نقدی با سری هندسی

بنابر شکل ۳-۲، ارزش هر دوره را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$A_t = A_{t-1}(1+g) \quad \text{یا} \quad A_t = A_1(1+g)^{t-1}$$

$$t = 2, 3, \dots, n \quad \quad \quad t = 1, 2, \dots, n$$

در رابطه فوق، اگر $g > 0$ باشد، سری افزایشی و اگر $g < 0$ باشد، سری کاهشی خواهد بود.

۴-۲-۱- رابطه ارزش فعلی یک سری هندسی در صورتی که ارزش سال اول برابر با A_1 باشد:

پارامتر مجهول	پارامتر معلوم	رابطه
P	A_1	$P = A_1 \left[\frac{1 - (1+g)^n (1+i)^{-n}}{i-g} \right] ; i \neq g$
		$P = A_1 \left[\frac{1 - (F/P, g, n)(P/F, i, n)}{i-g} \right] ; i \neq g, g \geq 0$
		$P = \frac{nA_1}{1+i} = \frac{nA_1}{1+g} ; i = g$

۴-۲-۲- رابطه ارزش آینده یک سری هندسی در صورتی که ارزش سال اول برابر با A_1 باشد:

پارامتر مجهول	پارامتر معلوم	رابطه
F	A_1	$F = A_1 \left[\frac{(1+i)^n - (1+g)^n}{i-g} \right] ; i \neq g$
		$F = nA_1(1+i)^{n-1} = nA_1(1+g)^{n-1} ; i = g$

نکته: برای استفاده از جدول فاکتورها در انجام محاسبه‌ها، می‌توان روابط زیر را به کار برد.

$$P = \frac{A_1}{1+g} (P/A, g', n) ; g' = \frac{1+i}{1+g} - 1, g < i$$

$$P = \frac{A_1}{1+i} (F/A, g', n) ; g' = \frac{1+g}{1+i} - 1, g > i$$

$$P = \frac{A_1}{1+i} \times n = \frac{A_1}{1+g} \times n ; g = i$$

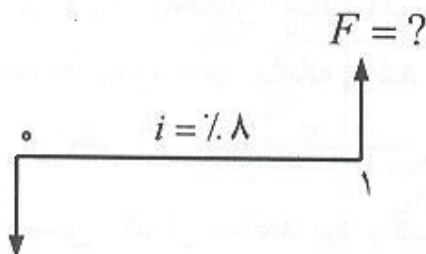
فصل پنجم

نرخ‌های اسمی^۱ و مؤثر^۲

نرخ بهره را غالباً به صورت سالانه بیان می‌کنند؛ درحالی‌که ممکن است محاسبه‌های نرخ بهره برای دوره‌های کمتر از یک سال صورت گیرد که به آن مرکب شدن^۳ می‌گویند. به عنوان مثال اگر نرخ بهره ۱٪ در ماه باشد، با ضرب کردن ۱٪ در عدد ۱۲ (تعداد ماههای سال)، نرخ بهره اسمی سالیانه به دست می‌آید؛ زیرا ارزش زمانی پول در حاصل ضرب $12 \times 1\% = 12\%$ در نظر گرفته نشده است. چنانچه ارزش زمانی پول با توجه به دوره مرکب شدن (ماه) منظور شود، به طور قطع نرخ بهره‌ای به دست می‌آید که بیش از ۱۲٪ است و به آن نرخ بهره مؤثر گفته می‌شود.

مثال:

الف) اگر $P = 1,000$ و $i = 8\%$ سالانه، ارزش آینده در پایان سال یکم چه قدر است؟



$$F_1 = 1,000(1 + 0/08)^1 = 1,080$$

$$F = 1,000$$

-
- 1 - Nominal Interest Rate
 - 2 - Effective Interest Rate
 - 3 - Compounding

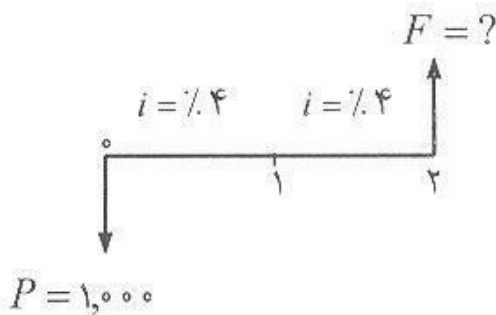
ب) اگر $P = 1,000$ ، $i = 8\%$ سالانه که هر شش ماه یکبار محاسبه می‌شود، ارزش آینده در پایان سال یکم چه قدر است؟

$$F_1 = 1,000(1 + 0/04)^1 = 1040$$

$$F_2 = F_{one\ year} = 1,040(1 + 0/04)^1 \\ = 1,081/6 > 1,080$$

یا در واقع:

$$F_{one\ year} = 1,000(1 + 0/04)^2 = 1,081/6$$



۵-۱- رابطه بین نرخ بهره اسمی و مؤثر:

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

i_e : نرخ بهره مؤثر دوره m

r : نرخ بهره اسمی دوره m

t : تعداد مرکب شدن در دوره m

بنابراین در قسمت ب مثال فوق، نرخ مؤثر سالیانه بیش از نرخ اسمی سالیانه (۸٪) است و بدین صورت به دست می‌آید:

$$i_{e-yearly} = \left(1 + \frac{0/08}{2}\right)^2 - 1 = 0/0816 \Rightarrow F_{one\ year} = 1000(1 + 0/0816)^1 = 1081/6$$

نکته: نرخ بهره مؤثر برای دوره‌ای تعیین می‌شود که براساس آن دوره، دریافت/پرداخت صورت می‌گیرد. به عنوان مثال اگر داده‌های جریان نقدی برحسب ماه باشد؛ یعنی دوره دریافت/پرداخت ماهانه باشد، نرخ بهره مؤثر ماهانه باید محاسبه گردد. در چنین شرایطی اگر دوره مرکب شدن نیز با دوره دریافت/پرداخت برابر باشد، نرخ بهره مؤثر و اسمی یکسان خواهد بود و از رابطه $\frac{r}{t}$ که در آن r ، نرخ بهره سالانه و t تعداد مرکب شدن در سال است، به دست می‌آید.

۵-۲- مرکب شدن پیوسته^۱:

می‌دانیم که هرچه تعداد مرکب شدن در سال بیشتر باشد، نرخ بهره مؤثر سالیانه افزایش می‌یابد تا جایی که دوره مرکب شدن به روز، ساعت یا لحظه برسد. در چنین موقعیتی که تعداد مرکب شدن بیش از ۳۰۰ بار در سال است و می‌توان فرض کرد که به سمت بی‌نهایت میل می‌کند، مرکب شدن را پیوسته می‌نامند. در مرکب شدن پیوسته، نرخ مؤثر مرکب پیوسته از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$i_e = e^r - 1$$

i_e : نرخ بهره مؤثر دوره m

r : نرخ بهره اسمی دوره m

همچنین در صورتی که بخواهیم بدون محاسبه نرخ بهره مؤثر پیوسته، روابط تعادلی را برقرار کنیم، فاکتورهای مختلف برای تعیین پارامترها به صورت زیر تغییر می‌یابند.

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

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

به عنوان مثال، رابطه تعادلی بین پارامترهای P و F به صورت زیر به دست آمده است:
در حالتی که مرکب شدن پیوسته باشد، $t \rightarrow \infty$ برقرار است. بنابراین داریم:

$$F = P(1 + i_e)^n$$

$$F = P \left[\lim_{t \rightarrow \infty} (1 + i_e)^n \right] = P \left[\lim_{t \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{r}{t}\right)^{t \cdot n} \right] = P e^{r \cdot n}$$

فصل ششم

روش ارزش فعلی^۱

روش ارزش فعلی، یکی از مهم‌ترین و در عین حال ساده‌ترین تکنیک‌های اقتصاد مهندسی است و بیشتر در حل مسائلی کاربرد دارد که هزینه اولیه در آن‌ها سهم به‌سزایی دارد یا دانستن ارزش جریان نقدی آن مسئله در شروع کار (سال صفر) حایز اهمیت است.

در این روش، جریان نقدی پیش‌بینی‌شده آینده، با استفاده از روابط مطرح‌شده در فصول ۲ و ۳، به معادل ارزش فعلی آن تبدیل می‌شود و سپس با هزینه اولیه پروژه جمع می‌گردد تا معیاری برای مقایسه اقتصادی پروژه‌ها به‌دست آید.

مطابق با این روش، بهترین پروژه، پروژه‌ای است که بیشترین ارزش فعلی مثبت یا کمترین ارزش فعلی منفی را داشته باشد.

۶-۱- ارزیابی یک پروژه:

چنانچه ارزش فعلی خالص^۲ از تفاضل ارزش فعلی هزینه‌ها^۳ و ارزش فعلی منافع^۴ و به‌ازای حداقل نرخ جذب‌کننده محاسبه شود، ارزیابی اقتصادی یک پروژه براساس روابط زیر صورت می‌گیرد:

1- Present Worth Method

2 -Net Present Worth(NPW)

3 -Present Worth of Cost(PWC)

4 - Present Worth of Benefit(PWB)

$$\begin{cases} NPW = PWB - PWC < 0 \Rightarrow & \text{غیراقتصادی} \\ NPW = PWB - PWC \geq 0 \Rightarrow & \text{اقتصادی} \end{cases}$$

نکته: در حالتی که $NPW = 0$ به دست می‌آید، چون حداقل نرخ جذب‌کننده تأمین شده است، پروژه را می‌توان اقتصادی تلقی کرد.

۶-۲- مقایسه چند پروژه:

همان‌طور که پیش از این هم مطرح شد، در مقایسه چند پروژه، اقتصادی‌ترین پروژه، پروژه‌ای است که بیشترین ارزش فعلی مثبت یا کمترین ارزش فعلی منفی را داشته باشد. بنابراین اگر مبنای مقایسه، فقط هزینه باشد، اقتصادی‌ترین پروژه، پروژه‌ای است که دارای کمترین ارزش فعلی هزینه (PWC) باشد. همین موضوع، در مورد ارزش فعلی درآمد نیز صادق است.

مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با استفاده از روش ارزش فعلی، بستگی به عمر مفید پروژه‌ها دارد. اگر عمر پروژه‌ها برابر نباشد، لازم است از عمر مفید مشترک برای مقایسه استفاده شود و بنابراین محاسبه ارزش فعلی دشوارتر می‌گردد. با توجه به عمر پروژه‌ها، سه حالت مختلف به وجود می‌آید که به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۶-۲-۱- مقایسه پروژه‌هایی با عمر برابر:

در این حالت، کافی است که ارزش فعلی خالص پروژه‌ها به‌طور جداگانه محاسبه شود و پروژه‌ای که بیشتری ارزش فعلی مثبت یا کمترین ارزش فعلی منفی را دارد، به عنوان بهترین پروژه انتخاب شود.

۶-۲-۲- مقایسه پروژه‌هایی با عمر نابرابر:

برای مقایسه پروژه‌ها در حالتی که عمرشان برابر نیست، مانند حالت قبل (بخش ۶-۲-۱) عمل می‌شود، با این تفاوت که محاسبه‌ها باید با در نظر گرفتن عمر مفید مشترک پروژه‌ها که کوچکترین مضرب مشترک عمرها است، انجام شود. بدین ترتیب، دوره تحلیل طولانی‌تر می‌شود و محاسبه‌ها دشوارتر می‌گردد. بنابراین توصیه می‌شود که در شرایط نابرابری عمر مفید پروژه‌ها، حتی‌الامکان از روش ارزش فعلی استفاده نشود.

۶-۲-۳- مقایسه پروژه‌هایی با عمر نامحدود:

گاهی در پروژه‌های دولتی، تأمین خدماتی معین و همیشگی برای مردم ضروری است مانند ساخت بزرگراه‌ها، سدها، پل‌ها، خطوط لوله و یا احداث نیروگاه‌ها. به این‌گونه پروژه‌ها اصطلاحاً پروژه‌های عام‌المنفعه گفته می‌شود؛ بدین معنی که باید به‌گونه‌ای احداث شوند که استفاده همیشگی مردم از آن‌ها امکان‌پذیر باشد. در چنین حالتی، عمر پروژه را نامحدود در نظر می‌گیرند و از رابطه زیر به‌عنوان رابطه بین دو پارامتر ارزش فعلی و ارزش یکنواخت استفاده می‌کنند:

$$P = A \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \frac{A}{i} \Rightarrow A = P \times i$$

مقدار ارزش فعلی حاصل از رابطه فوق را سرمایه هزینه شده^۱ می‌نامند.

فصل هفتم

روش معادل یکنواخت سالیانه^۱

بیشترین کاربرد روش معادل یکنواخت سالیانه در ارائه گزارش ارزیابی اقتصادی به مدیران عملیاتی (سرپرستان) است. در این روش، با استفاده از اصل ارزش زمانی پول، تمام جریان‌های نقدی حال و آینده به ارزش معادل یکنواخت سالانه آن تبدیل می‌شود. مطابق با این روش، بهترین پروژه، پروژه‌ای است که بیشترین معادل یکنواخت سالانه مثبت یا کمترین ارزش معادل یکنواخت سالانه منفی را داشته باشد. از مزایای روش معادل یکنواخت سالیانه این است که عمر پروژه‌ها تغییری در محاسبه‌ها نمی‌دهد و بنابراین نیازی به تعیین عمر مشترک پروژه‌ها نیست.

۷-۱- ارزیابی یک پروژه:

چنانچه ارزش معادل یکنواخت سالیانه خالص^۲ از تفاضل ارزش معادل یکنواخت سالیانه هزینه‌ها^۳ و ارزش معادل یکنواخت سالیانه منافع^۴ و به‌ازای حداقل نرخ جذب‌کننده محاسبه شود، ارزیابی اقتصادی یک پروژه براساس روابط زیر صورت می‌گیرد:

1 - Equivalent Uniform Annual

2 - Net Equivalent Uniform Annual (NEUA)

3 - Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC)

4 - Equivalent Uniform Annual Benefit (EUAB)

$$\begin{cases} NEUA = EUAB - EUAC < 0 \Rightarrow & \text{غیراقتصادی} \\ NEUA = EUAB - EUAC \geq 0 \Rightarrow & \text{اقتصادی} \end{cases}$$

نکته: در حالتی که $NEUA = 0$ به دست می‌آید، چون حداقل نرخ جذب‌کننده تأمین شده است، پروژه را می‌توان اقتصادی تلقی کرد.

۷-۲- مقایسه چند پروژه:

همان‌طور که پیش از این هم مطرح شد، در مقایسه چند پروژه، اقتصادی‌ترین پروژه، پروژه‌ای است که بیشترین ارزش معادل یکنواخت سالانه مثبت یا کمترین معادل یکنواخت سالانه منفی را داشته باشد. بنابراین اگر مبنای مقایسه، فقط هزینه باشد، اقتصادی‌ترین پروژه، پروژه‌ای است که دارای کمترین هزینه معادل یکنواخت سالانه ($EUAC$) باشد. همین موضوع، در مورد درآمد معادل یکنواخت سالیانه نیز صادق است.

مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با استفاده از روش معادل یکنواخت سالیانه، برخلاف روش ارزش فعلی، بستگی به عمر مفید پروژه‌ها ندارد. از این‌رو، لزومی به تعیین عمر مفید مشترک برای مقایسه پروژه‌ها نیست و در نتیجه، زمانی که عمر پروژه‌ها نابرابر است، استفاده از روش معادل یکنواخت سالیانه سریعتر و آسانتر از روش ارزش فعلی خواهد بود.

۷-۲-۱- مقایسه پروژه‌هایی با عمر نامحدود:

گاهی در پروژه‌های دولتی، تأمین خدماتی معین و همیشگی برای مردم ضروری است مانند ساخت بزرگراه‌ها، سدها، پل‌ها، خطوط لوله و یا احداث نیروگاه‌ها. به این‌گونه پروژه‌ها اصطلاحاً پروژه‌های عام‌المنفعه گفته می‌شود؛ بدین معنی که باید به‌گونه‌ای احداث شوند که استفاده همیشگی مردم از آن‌ها امکان‌پذیر باشد. در چنین حالتی، عمر پروژه را نامحدود در نظر می‌گیرند و از رابطه زیر به عنوان رابطه بین دو پارامتر ارزش فعلی و معادل یکنواخت استفاده می‌کنند:

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \frac{A}{i} \Rightarrow A = P \times i$$

بنابراین از روش معادل یکنواخت سالیانه 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.

فصل هشتم

روش نرخ بازگشت سرمایه^۱

معمولاً از روش نرخ بازگشت سرمایه برای ارزیابی وام‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها استفاده می‌شود؛ از این‌رو، روش مناسبی برای اعلام مسائل اقتصادی به مدیران ارشد سازمان و خصوصاً سرمایه‌گذاران است. بدین دلیل، افرادی که به تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری در یک واحد اقتصادی می‌پردازند، معمولاً پروژه‌های سرمایه‌گذاری را بر اساس نرخ بازده سرمایه ارزیابی می‌کنند و بیشتر مواقع، آشنایی چندانی با روش‌های دیگر ندارند.

نرخ بازده (یا بازگشت) سرمایه، نرخ بهره‌ای است که هر دو مقدار ارزش فعلی و ارزش یکنواخت سالانه جریان نقدی را برای یک پروژه معادل عدد صفر قرار می‌دهد. به بیان دیگر، نرخ است که در آن نرخ، بین هزینه‌ها و درآمدهای پروژه تعادل برقرار است. در واقع، می‌توان نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه را از یکی از روابط زیر به دست آورد.

$$NPW = 0 \quad \text{یا} \quad NEUA = 0$$

معمولاً نرخ بازگشت سرمایه‌ای که مختص یک پروژه باشد، نرخ بازده داخلی^۲ نامیده می‌شود. از آن‌جا که در ارزیابی‌های این روش، نرخ بازگشت سرمایه هر پروژه جداگانه محاسبه می‌شود و مبنای مقایسه‌ها قرار می‌گیرد، می‌توان برای اشاره دقیق‌تر به مفهوم نرخ بازگشت سرمایه یک پروژه، از لفظ نرخ بازده داخلی به جای نرخ بازگشت سرمایه استفاده کرد.

1- Rate Of Return

2 - Internal Rate Of Return(IRR)

۸-۱- ارزیابی یک پروژه:

محاسبه نرخ بازگشت سرمایه معمولاً با استفاده از دو رابطه $NEUA = 0$ یا $NPW = 0$ انجام می‌شود. از آنجا که برای یافتن نرخ بازده داخلی یا همان نرخ بازگشت سرمایه لازم است از روش سعی و خطا استفاده شود، نیاز به صرف وقت زیاد است. گرچه با روی کار آمدن نرم افزارهایی مانند *excel* این مشکل تا حدودی برطرف شده است.

پس از به دست آوردن نرخ بازگشت سرمایه پروژه، نتیجه‌گیری در مورد اقتصادی بودن انجام پروژه با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد.

$$\begin{cases} RoR < MARR \Rightarrow & \text{غیراقتصادی} \\ ROR \geq MARR \Rightarrow & \text{اقتصادی} \end{cases}$$

۸-۲- مقایسه چند پروژه:

در این روش، برخلاف روش‌هایی که در دو فصل پیش تشریح شد، تنها با دانستن نرخ بازده داخلی هر پروژه نمی‌توان به مقایسه پروژه‌ها پرداخت. انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه از میان پروژه‌های ناسازگار با استفاده از تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی امکان‌پذیر است.

۸-۲-۱- روش تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی:

همواره عبارت زیر بین دو پروژه ناسازگار که دارای هزینه‌های اولیه متفاوت هستند، برقرار است:

$$\text{تفاوت هزینه اولیه دو پروژه} + \text{پروژه با هزینه اولیه کمتر} = \text{پروژه با هزینه اولیه بیشتر}$$

به‌طور کلی هر پروژه به‌تنهایی دارای نرخ بازده داخلی است. اگر از بین دو پروژه، پروژه‌ای با هزینه اولیه بیشتر به‌عنوان اقتصادی‌ترین پروژه انتخاب شود، بدین معناست که نه تنها نرخ بازده داخلی آن پروژه برابر یا بیشتر از حداقل نرخ جذب‌کننده است، بلکه تفاوت بین دو پروژه نیز نرخی برابر یا بیشتر از $MARR$ خواهد داشت.

ذکر این نکته ضروری است که تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی می‌تواند به‌تنهایی و جدا از روش نرخ بازگشت سرمایه، به‌عنوان روشی مستقل برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. هر کدام از روابط زیر می‌تواند ابزاری برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها با روش تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی^۱ باشد.

1- Extra Investment Analysis (or Incremental Analysis)

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta NPW < 0 \Rightarrow \text{پروژه کوچکتر با هزینه اولیه کمتر، اقتصادی تر است.} \\ \Delta NPW \geq 0 \Rightarrow \text{پروژه بزرگتر با هزینه اولیه بیشتر، اقتصادی تر است.} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta NEUA < 0 \Rightarrow \text{پروژه کوچکتر با هزینه اولیه کمتر، اقتصادی تر است.} \\ \Delta NEUA \geq 0 \Rightarrow \text{پروژه بزرگتر با هزینه اولیه بیشتر، اقتصادی تر است.} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta IRR < MARR = \text{پروژه کوچکتر با هزینه اولیه کمتر، اقتصادی تر است.} \\ \Delta IRR \geq MARR = \text{پروژه بزرگتر با هزینه اولیه بیشتر، اقتصادی تر است.} \end{array} \right.$$

۸-۲-۲- گام‌های مقایسه چند پروژه با روش نرخ بازگشت سرمایه:

برای مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه، باید گام‌های زیر طی شود:

گام ۱- محاسبه نرخ بازده داخلی هر پروژه.

گام ۲- حذف پروژه‌های غیراقتصادی (پروژه‌هایی که $IRR < MARR$ دارند).

گام ۳- مرتب کردن صعودی پروژه‌های اقتصادی (آن‌هایی که $IRR \geq MARR$ دارند). برحسب ارزش فعلی هزینه.

گام ۴- مقایسه دوجه‌دوی پروژه‌ها از کوچک به بزرگ به صورت زیر:

با استفاده از روش تحلیل سرمایه‌گذاری اضافی، نرخ بازده داخلی تفاوت جریان نقدی پروژه کوچکتر از پروژه بزرگتر را از طریق یکی از معادله‌های $\Delta NPW = 0$ یا $\Delta NEUA = 0$ محاسبه کنید و اقتصادی‌ترین پروژه را طبق رابطه زیر انتخاب کنید. تمام پروژه‌های اقتصادی، باید بر اساس این رابطه با یکدیگر مقایسه شوند تا درنهایت بهترین پروژه انتخاب گردد.

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta IRR < MARR \Rightarrow \text{پروژه کوچکتر با هزینه اولیه کمتر، اقتصادی تر است.} \\ \Delta IRR \geq MARR \Rightarrow \text{پروژه بزرگتر با هزینه اولیه بیشتر، اقتصادی تر است.} \end{array} \right.$$

۸-۲-۳- گام‌های مقایسه چند پروژه به روش ترسیمی:

برای مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با روش ترسیمی، باید گام‌های زیر طی شود:

گام ۱- رسم نمودار منفعت- هزینه و نمایش هر پروژه روی این نمودار.

در این نمودار، ارزش فعلی منفعت هر پروژه نسبت به ارزش فعلی هزینه آن با یک نقطه مشخص می‌شود. خطی که با زاویه ۴۵ درجه رسم می‌شود، خطی است که روی آن ارزش فعلی منفعت با ارزش فعلی هزینه برابر است.

$$\text{یعنی } NPW = 0 \text{ یا } \frac{B}{C} = 1 \text{ یا } NEUA = 0.$$

گام ۲- نادیده گرفتن پروژه‌های غیراقتصادی.

- پروژه‌هایی که روی خط یا در قسمت چپ و بالای خط قرار می‌گیرند، اقتصادی و در غیر این صورت، غیراقتصادی‌اند.
- خطی که از مبدا به هر پروژه (نقطه) رسم می‌شود، خط نرخ بازده آن پروژه است.

گام ۳- مقایسه دوبه‌دوی پروژه‌ها از نقاط سمت چپ به نقاط سمت راست به صورت زیر:

- ابتدا خطی بین دو پروژه موردنظر رسم می‌شود.
- اگر شیب خط بیش از ۴۵ درجه باشد، پروژه‌ای که انتهای خط است و اگر شیب خط کمتر از ۴۵ درجه باشد، پروژه‌ای که ابتدای خط است به عنوان پروژه اقتصادی‌تر انتخاب می‌شود.
- این مقایسه بین دوبه‌دوی پروژه‌ها صورت می‌گیرد؛ به طوری که تمام پروژه‌های اقتصادی، مقایسه شوند و درنهایت بهترین پروژه انتخاب گردد.

۸-۳- مشکلات محاسبه نرخ بازگشت سرمایه:

در محاسبه نرخ بازگشت سرمایه، علاوه بر این که به دلیل استفاده از سعی و خطا در رسیدن به نرخ بازگشتی که معادله‌های $NEUA = 0$ یا $NPW = 0$ را برقرار نماید، وقت زیادی صرف می‌شود، دو مشکل دیگر نیز می‌تواند رخ دهد. در قسمت ۸-۳-۱ و ۸-۳-۲، به تشریح این دو مشکل و راه حل آن‌ها پرداخته می‌شود.

۸-۳-۱- مشکل چندنرخی بودن:

در برخی موارد از حل یکی از معادله‌های $NEUA = 0$ یا $NPW = 0$ ، بیش از یک نرخ بازگشت حاصل می‌شود. چنین وضعیتی زمانی رخ می‌دهد که در جریان نقدی پروژه موردنظر بیش از یک تغییر علامت وجود داشته باشد. برای حل این مشکل کافی است با سرمایه‌گذاری درآمدهای مازاد در پروژه‌های خارجی، تعداد تغییر علامت در جریان نقدی را به یک برسانیم.

در صورتی که در پروژه‌ای خارج از مؤسسه یا در مؤسسه‌های مالی دیگر، سرمایه‌گذاری شود، نرخ بازگشت سرمایه‌ای از خارج از مؤسسه کسب می‌شود که نرخ بازگشت سرمایه خارجی^۱ نامیده می‌شود. نرخ بازگشت سرمایه خارجی می‌تواند بزرگ‌تر، کوچک‌تر یا مساوی نرخ بازگشت سرمایه داخلی باشد.

۸-۳-۲- مشکل نامشخص بودن حداقل نرخ جذب‌کننده

در صورتی که حداقل نرخ جذب‌کننده مشخص نباشد، می‌توان از روشی که جرال اسمیت در کتاب خود برای مقایسه پروژه‌های ناسازگار ارائه کرده است، استفاده نمود. طبق روش مذکور، باید گام‌های زیر طی شود:

- ۱- پروژه‌ها را بر اساس هزینه اولیه به صورت صعودی مرتب کنید.
- ۲- نرخ بازده داخلی هر یک از پروژه‌ها را محاسبه نمایید و ذیل ستونی به نام 0 قرار دهید.
- ۳- تفاوت نرخ بازده پروژه‌ها را دوبه‌دو به دست آورید.
- ۴- جدولی را برای درج اطلاعات فوق، ترسیم کنید.
- ۵- بر اساس جدول بند ۴، شبکه‌ای از پروژه‌ها را رسم کنید و روی میله‌های رابط، مقدار تفاوت نرخ بازده هر دو پروژه را بنویسید.
- ۶- روی شبکه، از پروژه‌ای با کم‌ترین هزینه اولیه به سمت پروژه‌ای با بیشترین هزینه اولیه و در مسیری با بیشترین مقدار ΔROR حرکت کنید.
- ۷- در هر مسیر انتخابی، شرایطی را برای انتخاب پروژه‌های آن مسیر بنویسید. مطابق با این شرایط که همگی بر حسب $MARR$ نوشته می‌شوند، می‌توان به انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه اقدام کرد.

1 - External Rate of Return (ERR)

فصل نهم

روش نسبت منفعت به هزینه^۱

روش‌هایی که پیش از این در فصول ۶، ۷ و ۸ مرور شد، بیشتر برای ارزیابی طرح‌ها (پروژه‌ها)ی خصوصی به کار برده می‌شوند؛ درحالی‌که روش نسبت منفعت به هزینه، علاوه بر این که قابلیت بررسی اقتصادی طرح‌های سرمایه‌گذاری خصوصی را دارد، یک روش بسیار کاربردی و معروف در ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری دولتی است. از آن‌جا که طرح‌های دولتی (مانند ساختن بزرگراه، سدسازی، بیمارستان‌سازی و...) عموماً عام‌المنفعه هستند، پیش‌بینی منافع و هزینه‌های آن‌ها از پیچیدگی خاصی برخوردار است. در طرح‌های عام‌المنفعه، سرمایه‌گذار سود نمی‌برد، بلکه عایدی نصیب مردم خواهد شد.

در حالت کلی نسبت منفعت به هزینه، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\frac{B}{C} = \frac{B - D}{C} = \frac{\text{سودنبردن‌ها - منافع}}{\text{هزینه‌ها}}$$

منافع^۲: خروجی‌های مثبت یک پروژه یا خروجی‌های مورد انتظار که توسط دولت دریافت می‌شود؛ مانند تأمین برق، آب آشامیدنی، تفریحات، رفاه عمومی یا کاهش زمان سفر، کاهش تعداد تصادفات، کاهش خسارات و هزینه‌ها یا اضافه درآمد.

1-Benefit-Cost Ratio (BCR or B/C)

2 -Benefits

- سود نبردن‌ها^۱: خروجی‌های منفی که در صورت امکان، باید از بروز آن‌ها اجتناب کرد. مانند:
- از دست دادن امکان قایق‌سواری با کایاک در رودخانه‌ای که سد روی آن ایجاد شده است.
 - از بین رفتن حاصل‌خیزی زمین‌های کشاورزی به علت وقوع سیل.
 - از دست دادن امکان زراعت در زمین‌های کشاورزی به علت احداث بزرگراه روی زمین‌ها.
 - ایجاد ترافیک به علت بازسازی آسفالت خیابان‌ها.

هزینه‌ها^۲: پرداخت‌هایی که توسط دولت برای راه‌اندازی (شامل کل هزینه‌های راه‌اندازی و هزینه استفاده از سرمایه که همان بهره است) و اجرای طرح‌ها (شامل بهره‌برداری و نگهداری) صورت می‌گیرد.

مثال- شهری بزرگ در نزدیکی ساحل دریا قرار دارد و پیشنهاد شده است که بزرگراه جدیدی بین این شهر و ساحل دریا کشیده شود.

منافع این بزرگراه عبارتند از:

- برقراری تجارت بین شهر و ساحل دریا: ۵۰ میلیون تومان در سال
- اضافه درآمد از سال دوم و در محدوده‌ای ۱۰ ساله (به علت رشد اقتصادی): ۵ میلیون تومان
- کاهش در تصادفات جانی: ۰/۸ میلیون تومان در سال

سود نبردن‌ها شامل:

- خرابی کشتزارها: ۱/۳ میلیون تومان در سال
- کاهش درآمد (به علت کاهش فعالیت‌های بازرگانی): ۰/۷ میلیون تومان در سال

و هزینه‌ها مشتمل بر:

- ساخت: ۲۸۰ میلیون تومان
- نگهداری و تعمیرات: ۱/۵ میلیون تومان در سال

1-Disbenefits

2-Costs

نکته: در این روش که از نسبت منافع به هزینه‌ها استفاده می‌شود، لازم است هم منفعت و هم هزینه پروژه‌ها تعیین شود. به عبارت دیگر، چنان‌چه یکی از دو متغیر منفعت یا هزینه تعیین نشده باشد، ارزیابی پروژه(ها) با این روش امکان‌پذیر نیست.

۹-۱- ارزیابی یک پروژه:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{B}{C} = \frac{PWB}{PWC} = \frac{EUAB}{EUAC} < 1 \Rightarrow \text{غیراقتصادی} \\ \frac{B}{C} = \frac{PWB}{PWC} = \frac{EUAB}{EUAC} \geq 1 \Rightarrow \text{اقتصادی} \end{array} \right.$$

در واقع در این روش، نسبت ارزش فعلی منافع احتمالی به ارزش فعلی هزینه‌ها یا نسبت معادل یکنواخت منافع به معادل یکنواخت هزینه‌ها محاسبه می‌شود. در صورتی که این نسبت بزرگتر یا مساوی عدد ۱ باشد، گزینه موردنظر، اقتصادی و در غیر این صورت، غیر اقتصادی خواهد بود.

۹-۲- مقایسه چند پروژه با روش نسبت منفعت به هزینه:

برای مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با این روش، باید گام‌های زیر طی شود:

گام ۱- محاسبه نسبت منفعت به هزینه برای هر پروژه.

گام ۲- حذف پروژه‌های غیراقتصادی (پروژه‌هایی که $\frac{B}{C} < 1$ دارند).

گام ۳- مرتب کردن صعودی پروژه‌های اقتصادی (آن‌هایی که $\frac{B}{C} \geq 1$ دارند). برحسب

هزینه اولیه.

گام ۴- مقایسه دوبه‌دوی پروژه‌ها از کوچک (با هزینه اولیه کم‌تر) به بزرگ (با هزینه اولیه

بیشتر) به صورت زیر:

$$\text{محاسبه} \quad \frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{\Delta PWB}{\Delta PWC} = \frac{\Delta EUAB}{\Delta EUAC} \quad \text{برای دو پروژه، به طوری که؛}$$

$$\Delta B = B_{\text{(پروژه کوچکتر)}} - B_{\text{(پروژه بزرگتر)}}$$

$$\Delta C = C_{\text{(پروژه کوچکتر)}} - C_{\text{(پروژه بزرگتر)}}$$

صورت کسر	مخرج کسر	نسبت $\frac{\Delta B}{\Delta C}$	انتخاب پروژه با هزینه اولیه بیشتر	انتخاب پروژه با هزینه اولیه کمتر
+	+	≥ 1	✓	
		< 1		✓
+	-	هر مقدار	✓	
-	+	هر مقدار		✓
-	-	≥ 1		✓
		< 1	✓	

۹-۳- مقایسه چند پروژه با روش ترسیمی:

روش نسبت منافع به مخارج مانند روش نرخ بازگشت سرمایه، با استفاده از روش ترسیمی نیز قابل انجام است؛ بنابراین لازم است گام‌های زیر برای انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه طی شود:

گام ۱- رسم نمودار منفعت- هزینه و نمایش هر پروژه روی این نمودار.

در این نمودار، ارزش فعلی منفعت هر پروژه نسبت به ارزش فعلی هزینه آن با یک نقطه مشخص می‌شود. خطی که با زاویه ۴۵ درجه رسم می‌شود، خطی است که روی آن ارزش فعلی منفعت با ارزش فعلی هزینه برابر است. یعنی $NPW = 0$ یا

$$NEUA = 0 \text{ یا } \frac{B}{C} = 1$$

گام ۲- نادیده گرفتن پروژه‌های غیراقتصادی.

پروژه‌هایی که روی خط یا در قسمت چپ و بالای خط قرار می‌گیرند، اقتصادی و در غیراین صورت، غیراقتصادی‌اند.

خطی که از مبدأ به هر پروژه (نقطه) رسم می‌شود، خط $\frac{B}{C}$ آن پروژه است.

گام ۳- مقایسهٔ دوبه‌دوی پروژه‌ها از نقاط سمت چپ به نقاط سمت راست به صورت زیر:

- ابتدا خطی بین دو پروژه مورد نظر رسم می‌شود.
- اگر شیب خط بیش از ۴۵ درجه باشد، پروژه‌ای که انتهای خط است و اگر شیب خط کمتر از ۴۵ درجه باشد، پروژه‌ای که ابتدای خط است به عنوان پروژه اقتصادی‌تر انتخاب می‌شود.
- این مقایسه بین دوبه‌دوی پروژه‌ها صورت می‌گیرد؛ به طوری که تمام پروژه‌های اقتصادی، مقایسه شوند و در نهایت بهترین پروژه انتخاب گردد.

فصل دهم

تکنیک‌های دیگر اقتصاد مهندسی

روش‌هایی که در این فصل مطرح می‌شوند، روش‌های جانبی در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها هستند و بهتر است نه به صورت مستقل، بلکه در کنار روش‌های اصلی به کار گرفته شوند. همچنین ممکن است استفاده از این روش‌های فرعی، به نتایجی منجر شوند که با نتایجی که از روش‌های اصلی ارزیابی شامل روش ارزش فعلی، روش ارزش یکنواخت سالیانه، روش نرخ بازگشت سرمایه و روش نسبت منفعت به هزینه به دست می‌آیند، یکسان نباشد.

۱-۱۰- روش دوره بازگشت سرمایه:

تحلیل‌گر با استفاده از این روش، در جستجوی دوره یا مدت زمانی است که سرمایه اولیه بتواند توسط درآمدهای سالیانه جبران شود. به عبارت دیگر در این روش، رابطه زیر برقرار است:

$$-P + \sum_{j=1}^{n'} (CF)_j = 0$$

جریان نقدی در پایان سال j ام: $(CF)_j$

دوره بازگشت سرمایه: n'

همچنین در صورتی که درآمدهای سالیانه تشکیل یک سری یکنواخت را بدهند، بدین معنی که درآمدهای سالیانه در پایان هر سال مساوی فرض شوند، n' از رابطه زیر به دست می‌آید.

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

برای تعیین اقتصادی‌ترین پروژه نیز لازم است حداکثر دوره بازگشت سرمایه جذب‌کننده^۱ یا *MAPP* سرمایه‌گذار تعیین شود. در صورتی که دوره بازگشت سرمایه پروژه‌ای از *MAPP* کوچکتر باشد، آن پروژه اقتصادی است و از میان چند پروژه اقتصادی، پروژه‌ای بهترین است که دوره بازگشت سرمایه کوچکتری داشته باشد.

موارد زیر پیش از استفاده از این روش باید در نظر گرفته شود:

- ۱- این روش، یک روش تقریبی است و دقت لازم را در محاسبات ندارد.
- ۲- هزینه‌ها و درآمدها بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول، مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- ۳- از تمام منافع پس از زمان بازگشت سرمایه، چشم‌پوشی می‌شود و فقط جریان نقدی پیش از زمان بازگشت سرمایه در نظر گرفته می‌شود.
- ۴- برخی پارامترهای مهم مانند ارزش اسقاطی، استهلاک و مالیات در این روش مطرح نمی‌شوند.
- ۵- با توجه به موارد فوق، نتایج این روش قابل استناد نیست و با نتایج روش‌های دقیق ارزیابی گزینه‌ها، مغایرت دارد.

۱۰-۲- روش تجزیه و تحلیل عمر خدمت^۲:

اگر در روش دوره بازگشت سرمایه، ارزش زمانی پول رعایت گردد و عمر مفید واقعی طرح محاسبه شود، روش تحلیل عمر خدمت مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش، منظور از عمر خدمت، همان عمر مفید واقعی یا عمر اقتصادی است.

$$-P + \sum_{j=1}^{n'} (CF)_j (P/F, i, j) = 0$$

در این روش نیز باید حداکثر دوره بازگشت سرمایه جذب‌کننده تعیین شود. چنانچه عمر خدمت پروژه‌ای از حداکثر دوره بازگشت سرمایه جذب‌کننده کمتر باشد، آن پروژه را اقتصادی می‌دانیم. برای مقایسه چند پروژه اقتصادی، کافی است که نقطه سربه‌سر یا در واقع عمر

1 - Maximum Attractive Payback Period (MAPP)

2 - Service-Life Analysis

خدمتی که ارزش پروژه‌ها برابرند، محاسبه شود و این عمر خدمت به عنوان مبنایی برای انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه قرار گیرد.

نکته: در این روش برخلاف روش دوره بازگشت سرمایه، حداقل نرخ جذب‌کننده و پارامترهای دیگری نظیر ارزش اسقاطی در نظر گرفته می‌شود. و نتایج آن به نتایج روش‌های اصلی ارزیابی، نزدیک است.

۱۰-۳- روش ارزش آینده^۱:

در این روش، ارزش دریافت‌ها و پرداخت‌ها با توجه به حداقل نرخ جذب‌کننده محاسبه می‌شود و مبنایی برای تعیین اقتصادی بودن پروژه‌ها و انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه از میان چند پروژه اقتصادی قرار می‌گیرد. رابطه ارزش آینده خالص^۲ به صورت زیر است:

$$NFW = -P(F/P, i, n) \pm A(F/A, i, n) + SV$$

فصل یازدهم

استهلاک

استهلاک^۱، نقش اساسی در محاسبه مالیات و ارزیابی‌های اقتصادی بعد از مالیات دارد. از این رو در این فصل به شناخت استهلاک، روش‌های تعیین مقدار استهلاک و بررسی نقش این پارامتر مهم در ارزیابی‌های اقتصادی پرداخته می‌شود.

۱-۱۱- تعریف استهلاک:

استهلاک برای دارایی‌های ثابت محاسبه می‌شود. اگر دارایی ثابت را اموال و اجناس یک مؤسسه بدانیم که به منظور فروش خریداری نشده و فقط به خاطر پیشبرد فعالیت‌های جاری مؤسسه تهیه شده است، استهلاک را می‌توانیم به چند شیوه تعریف کنیم:

۱- کاهش ارزش یک دارایی (ارزش بازاری^۲ آن) در طول زمان.

۲- توزیع هزینه اولیه یک دارایی منهای ارزش اسقاطی در طول عمر مفید دارایی.

$$P - SV = \sum_{j=1}^n D_j$$

۳- تفاوت ارزش یک دارایی موجود که قبلاً خریداری شده با یک دارایی فرضی که به عنوان استاندارد مقایسه در نظر گرفته می‌شود؛ بدین معنی که اگر با پیشرفت فناوری، پدیده‌های جدیدی به وجود آیند، ارزش دارایی موجود در مؤسسه با آن پدیده‌های

1-Depreciation

2-Market Value

جدید مقایسه می‌شود و تفاوت به‌دست‌آمده، به عنوان مقدار استهلاک دارایی منظور می‌شود.

با توجه به تعاریف فوق، دارایی (چه مشهود باشد و چه غیر مشهود) زمانی قابل استهلاک است که سه ویژگی داشته باشد:

۱- در اثر کار کردن، فرسوده شود؛ بنابراین، زمین که در اثر کار کردن فرسوده نمی‌شود، دارایی غیر قابل استهلاک است.

۲- در امور تجاری و تولیدی به کار رود. به عنوان مثال وسیله نقلیه‌ای که فقط برای تفریح مدیر یک مؤسسه استفاده می‌شود و در تولید یا بازرگانی نقشی ندارد، نباید مستهلک شود.

۳- عمر مفید آن قابل تشخیص و بیش از یک سال باشد.

۱۱-۲- محاسبه استهلاک:

۱۱-۲-۱- اجزای محاسبه استهلاک:

۱- عمر دارایی یا مدت استهلاک

۲- هزینه اولیه

۳- ارزش اسقاطی

۱۱-۲-۲- ارزش دفتری^۱:

ارزش سرمایه در پایان هر سال را ارزش دفتری گویند. ارزش دفتری در هر دوره زمانی، از تفاوت ارزش یا هزینه اولیه یک دارایی و مجموع مبالغ استهلاک تا آن دوره به‌دست می‌آید.

$$BV_m = P - \sum_{j=1}^m D_j$$

از سوی دیگر، در صورتی که ارزش دفتری سال قبل در دسترس باشد، می‌توان ارزش

$$BV_m = BV_{m-1} - D_m \quad \text{دفتری هر سال را از رابطه روبه‌رو نیز به‌دست آورد:}$$

$$BV_n = SV \quad \text{همچنین، همیشه رابطه روبه‌رو برقرار است:}$$

۱۱-۲-۳- روش‌های محاسبه استهلاک:

برای محاسبه استهلاک روش‌های متنوعی وجود دارد. در این بخش، برای جلوگیری از گستردگی مطلب، به روش‌های متداول و پرکاربرد در صنعت و تولید پرداخته می‌شود. ضمناً باید توجه داشت که برای محاسبه استهلاک یک دارایی، لازم است که تنها از یک روش محاسبه در تمام طول عمر مفید دارایی استفاده شود.

الف- روش خط مستقیم^۱ (SL):

در این روش که ساده‌ترین و در عین حال متداول‌ترین روش محاسبه استهلاک است، مقدار استهلاک سالیانه، ثابت است و از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

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

P : هزینه اولیه

SV : ارزش اسقاطی یا ارزش دارایی در پایان عمر مفید

n : عمر مفید یا عمر استهلاک

$$BV_m = P - m.D \quad ; \quad m = 1, 2, \dots, n$$

ب- روش جمع ارقام سنوات^۲ (SOYD):

بسیاری از دارایی‌ها (مانند ماشین‌آلات و ابزار) به‌طور یکنواخت مستهلک نمی‌شوند؛ بنابراین، استهلاک آن‌ها می‌تواند به روش‌هایی محاسبه شود که مقدار استهلاک در سال‌های نخست بیشتر است و به تدریج کاهش می‌یابد.

$$D_m = \frac{n - m + 1}{SYD} (P - SV) \quad ; \quad SYD = \frac{n(n+1)}{2}$$

سال‌های باقیمانده از عمر: $n - m + 1$

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

1- Straight Line

2- Sum Of the Years Digits (SOYD)

ج- روش موجودی نزولی $(DB)^1$ و روش موجودی نزولی دوبل $(DDB)^2$:

در روش موجودی نزولی، مقدار استهلاک سالیانه بر حسب یک نرخ یکنواخت و ثابت (d) کاهش می‌یابد. حداکثر این نرخ ثابت، $\frac{2}{n}$ یا در واقع دو برابر نرخ خط مستقیم است.

$$D_m = BV_{m-1} \times d \quad ; \quad d \leq \frac{2}{n}$$

با توجه به این که در این روش، ارزش اسقاطی نقشی در محاسبه مقادیر استهلاک ندارد، دلیلی برای برابر شدن ارزش دفتری سال آخر با ارزش اسقاطی وجود ندارد مگر آن که یک نرخ ثابت مناسب انتخاب شود. مطلوب‌ترین مقدار d که منجر به برابر شدن ارزش دفتری سال آخر با ارزش اسقاطی می‌شود، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d^* = 1 - \left(\frac{SV}{P}\right)^{\frac{1}{n}} \quad ; \quad d^* < \frac{2}{n}, \quad SV > 0$$

چنانچه $d = \frac{2}{n}$ یا دو برابر نرخ خط مستقیم شود، روش استهلاک، نزولی دوبل می‌شود. در روش نزولی دوبل، رابطه استهلاک به صورت زیر تغییر می‌کند:

$$D_m = BV_{m-1} \times \frac{2}{n}$$

در روش موجودی نزولی دوبل انتظار داریم ارزش دفتری در پایان عمر مفید با ارزش اسقاطی برابر نشود ($BV_n \neq SV$). چنانچه چنین حالتی رخ دهد، باید از یک مقطع زمانی مناسب، روش استهلاک به روش خطی تبدیل شود.

• اگر $BV_n < SV$ به دست آید، لازم است مقدار استهلاک و ارزش دفتری در اولین سالی که مقدار ارزش دفتری کمتر از مقدار ارزش اسقاطی شده است، طبق روابط زیر تصحیح شود. بدیهی است مقدار استهلاک در سال‌های بعد از آن، صفر می‌شود.

$$D_j = BV_{j-1} - SV \quad \text{و} \quad BV_j = SV \quad \text{و}$$

اولین سالی که مقدار ارزش دفتری، کمتر از مقدار ارزش اسقاطی شده است: j

1 - Declining Balance (DB)

2 - Double Declining Balance (DDB)

• اگر $BV_n > SV$ به دست آید، لازم است ابتدا مقدار استهلاک خطی هر سال از رابطه زیر محاسبه شود:

$$SL_m = \frac{BV_m - SV}{n - (m - 1)} \quad ; \quad m = 1, 2, \dots, n$$

سپس، سال تصحیح (j)، سالی در نظر گرفته می‌شود که در آن سال $SL_j > D_j$ به دست آمده باشد. به منظور تغییر روش استهلاک و اعمال تصحیح، کافی است SL_j جایگزین D_j, D_{j+1}, \dots, D_n گردد.

د- روش وجوه استهلاکی^۱ (SF):

در روش وجوه استهلاکی، برخلاف روش‌های قبل، مقدار استهلاک در سال اول کمترین مقدار است و به تدریج در سال‌های بعد افزایش می‌یابد. شاید این روش منطقی‌تر به نظر برسد؛ اما قطعاً اقتصادی نیست.

$$D_m = (P - SV)(A/F, i, n)(1 + i)^{m-1}$$

$$D_m = (P - SV)(A/F, i, n)(F/P, i, m - 1) \quad \text{یا}$$

$$A = (P - SV)(A/F, i, n) \quad \text{را مقدار سپرده یکنواخت می‌نامند.}$$

ه - روش تعداد تولید^۲ (UP):

در این روش، مقدار ثابتی استهلاک برای هر واحد تولیدشده در نظر گرفته می‌شود.

$$D_m = (P - SV) \frac{U_m}{U}$$

U_m : تولید در سال m

U : کل تولید مورد انتظار

روش تعداد تولید، روشی مناسب برای محاسبه استهلاک ماشین‌آلات و تجهیزات معدن، نفت، گاز و چوب است.

1 - Sinking Fund (SF)

2 - Units of Production (UP)

و- روش مدت عملیات^۱ (OT):

در این روش، مقدار ثابتی استهلاک برای هر روز یا ساعت عملیات در نظر گرفته می‌شود.

$$D_m = (P - SV) \frac{Q_m}{Q}$$

Q_m : مدت عملیات (روز یا ساعت) در سال m

Q : کل مدت عملیات (روز یا ساعت) در طول عمر مفید

۱۱-۳- گزینش روش مناسب استهلاک:

در حسابداری، معمولاً از روش استهلاک خطی استفاده می‌شود که محاسبات ساده‌تری دارد؛ اما در اقتصاد مهندسی، روشی انتخاب می‌شود که استهلاک پیش‌بینی‌شده تا حد ممکن با کاهش ارزش دارایی در طول عمر آن متناسب باشد.

برای گزینش میان روش‌های استهلاک، باید از صرفه‌جویی مالیاتی^۲ (TS) استفاده کرد. صرفه‌جویی مالیاتی، حاصل ضرب مقدار استهلاک سالیانه در نرخ مالیات است. زمانی می‌توان از این صرفه‌جویی مالیاتی بیشترین استفاده را برد که با توجه به ارزش زمانی پول، بیشترین مقادیر استهلاک در سال‌های نخست (نیمه اول عمر مفید) متمرکز باشد. همچنین، از آن‌جا که مقدار کل استهلاکی که از درآمد کسر می‌شود، در تمام روش‌های استهلاک برابر است، زمان کسر کردن استهلاک می‌تواند تعیین‌کننده روش مناسب برای محاسبه استهلاک باشد.

در واقع، یک شرکت خصوصی به عنوان پرداخت‌کننده مالیات، معمولاً ترجیح خواهد داد دارایی خود را هر چه سریع‌تر و در سال‌های نخست مستهلک کند تا بیشترین استفاده را از صرفه‌جویی مالیاتی ببرد؛ بنابراین، در شرکت‌های خصوصی اگر حق انتخاب روش مناسب برای استهلاک وجود داشته باشد، بهترین روش، روشی است که ارزش فعلی مقادیر استهلاک بیشتری داشته باشد.

$$PW_D = \sum_{m=1}^n D_m (P/F, i, m)$$

1- Operating Time (OT)

2- Tax Saving (TS)

نکته: برای دارایی‌هایی که عمرشان طولانی است و به طور یکنواخت مستهلک می‌شوند (مانند ساختمان) بهتر است از روش استهلاک خطی استفاده شود؛ گرچه برخی از دارایی‌ها مانند ماشین‌آلات و ابزار تولید به طور یکنواخت مستهلک نمی‌شوند و بنابراین برای محاسبه استهلاک آن‌ها از روش‌هایی استفاده می‌شود که استهلاک در سال‌های نخست بیشتر و به مرور کاهش یابد.

(m) سال	(D) استهلاک	(BV) ارزش باقیمانده
1	100,000	900,000
2	100,000	800,000
3	100,000	700,000
4	100,000	600,000
5	100,000	500,000

(m) سال	(D) استهلاک	(BV) ارزش باقیمانده
1	100,000	900,000
2	100,000	800,000
3	100,000	700,000
4	100,000	600,000
5	100,000	500,000

فصل دوازدهم

مالیات

در فصل‌های ششم تا دهم که تکنیک‌های اصلی اقتصاد مهندسی برای مقایسه اقتصادی پروژه‌های صنعتی تشریح شدند، دو پارامتر استهلاک و مالیات منظور نشده بودند، اما از آن‌جاکه مؤسسات تجاری و صنعتی، ملزم به پرداخت مالیات بر درآمد هستند، تحلیل اقتصادی پروژه‌ها با در نظر گرفتن نقش استهلاک و مالیات باید صورت گیرد. در این فصل، با ترکیب تکنیک‌های اصلی اقتصاد مهندسی و دو پارامتر مذکور، تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱۲-۱- محاسبه درآمد خالص یا جریان نقدی خالص پس از کسر مالیات:

برای محاسبه درآمد خالص بعد از کسر مالیات لازم است به ترتیب روابط زیر استفاده شود. این روابط بر حسب سال ارائه شده‌اند.

۱) $CFBT = GI - OC$ هزینه‌های عملیاتی - درآمد ناخالص = جریان نقدی قبل از مالیات

۲) $IT = CFBT - D$ استهلاک - جریان نقدی قبل از مالیات = درآمد مشمول

۳) $TX = IT \times TR$ نرخ مالیات \times درآمد مشمول مالیات = مالیات

۴) $CFAT = CFBT - TX$ مالیات - جریان نقدی قبل از مالیات = جریان نقدی بعد از مالیات

یا به عبارت دیگر برای محاسبه درآمد خالص می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

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

۱۲-۱-۱- اگر قسمتی از هزینه‌های اولیه طرحی را یک مؤسسه مالی با نرخ بهره ساده i_B تأمین کند، باید هر سال مبلغی به عنوان قسط به مؤسسه مالی پرداخت شود. قسط سالیانه از دو قسمت تشکیل می‌شود: اصل قسط (PR) و بهره $(I = PR \cdot i_B)$. در چنین حالتی، روابط مربوط به محاسبه درآمد خالص به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$۱) CFBT = GI - OC$$

$$۲) IT = CFBT - D - I$$

$$۳) TX = IT \times TR$$

$$۴) CFAT = CFBT - TX - I - PR$$

نکته: چنانچه قسمتی از هزینه‌های اولیه طرح از مؤسسه‌های مالی مانند بانک با نرخ بهره ساده مشخصی وام گرفته شود، نرخ بازگشت سرمایه و ارزش فعلی، بیشتر از زمانی خواهد بود که کل هزینه اولیه توسط صاحب طرح تأمین شود. زیرا بهره پرداختی برای وام اخذشده، مانند استهلاک نقش صرفه‌جویی در مالیات را دارد. البته این نرخ بهره نباید از حداقل نرخ جذب‌کننده طرح بیشتر باشد.

نکته: در صورتی که مؤسسه مالی (یا بانک) بخشی از هزینه‌های اولیه طرح را با نرخ بهره مرکب وام دهد، روابط به صورت زیر تغییر می‌کنند.

$$I_t = [n \cdot PR - (t-1)PR] i_B$$

$$IT = CFBT - D - I_t$$

$$CFAT = \underbrace{CFBT(1-TR) + D \cdot TR}_{CFBT-TX} - I_t(1-TR) - PR$$

۱۲-۲- ارزیابی یک پروژه بعد از کسر مالیات:

اگر برای تحلیل اقتصادی از روش ارزش فعلی استفاده شود، رابطه زیر باید محاسبه شود:

$$NPW = -P + \sum_{j=1}^n CFAT_j(P/F, i, j) < 0 \Rightarrow \text{غیراقتصادی است.}$$

$$NPW = -P + \sum_{j=1}^n CFAT_j(P/F, i, j) \geq 0 \Rightarrow \text{اقتصادی است.}$$

اگر قرار باشد از روش‌های دیگری برای ارزیابی اقتصادی استفاده شود، مقدار $CFAT$ هر سال ملاک محاسبات خواهد بود.

۱۲-۳- مقایسه چند پروژه بعد از کسر مالیات:

برای مقایسه اقتصادی چند پروژه، کافی است مقدار $CFAT$ هر سال برای هر پروژه محاسبه شود و بر اساس آن، با استفاده از هر یک از چهار روش اصلی ارزیابی اقتصادی، مقایسه انجام شود.

۱۲-۴- نقش مالیات در بررسی‌های اقتصادی:

اصولاً مالیات، سوددهی طرح را کاهش می‌دهد؛ بنابراین پرداخت مالیات باعث می‌شود که جذابیت اقتصادی طرح‌ها نیز کمتر شود. همچنین طبق یک قاعده کلی، هرچه نرخ مالیات (TR) کمتر باشد، سوددهی طرح بیشتر و درنهایت، طرح اقتصادی‌تر خواهد بود.

۱۲-۵- اثر روش‌های استهلاک در بررسی‌های اقتصادی:

روش‌های مختلف محاسبه استهلاک، به طور غیرمستقیم و از طریق صرفه‌جویی مالیاتی^۱ در ارزیابی‌های اقتصادی مؤثرند. صرفه‌جویی مالیاتی در هر سال عبارت از حاصل ضرب مقدار استهلاک در نرخ مالیاتی است که در رابطه زیر می‌توان آن را مشخص کرد.

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

در حقیقت، $TS = D \times TR$ مقداری است که در پرداخت مالیات صرفه‌جویی شده، به درآمد خالص اضافه شده است. برای محاسبه مقدار صرفه‌جویی مالیاتی در طول عمر یک پروژه، می‌توان از روش ارزش فعلی کمک گرفت.

همان‌طور که در بخش ۱۱-۳ از فصل ۱۱ نیز به آن اشاره شد، مناسب‌ترین روش استهلاک روشی است که بیشترین صرفه‌جویی مالیاتی را حاصل کند؛ بنابراین برای انتخاب مناسب‌ترین روش استهلاک، کافی است ارزش فعلی صرفه‌جویی مالیاتی برای روش‌های مختلف استهلاک طبق رابطه زیر محاسبه شود.

$$PW_D = \sum_{m=1}^n D_m(P/F, i, m) \Rightarrow PW_{TS} = \sum_{m=1}^n D_m(P/F, i, m) \times (TR)$$

نکته: در صورتی که برای محاسبه استهلاک از روش خط مستقیم استفاده شود، رابطه ارزش فعلی صرفه‌جویی مالیاتی به صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$PW_{TS} = \frac{TR \times (P - SV)}{n} (P/A, i, n)$$

فصل سیزدهم

تجزیه و تحلیل تعویض

هدف این فصل، مقایسه دو دارایی است که یکی از آنها در حال حاضر موجود است، به نام مدافع^۱ و دیگری که کاندیدای تعویض با آن است، به نام رقیب^۲. از رده خارج کردن یک دارایی، بازنشستگی^۳ و به کارگرفتن یک دارایی که همان کار را انجام دهد، تعویض^۴ نام دارد. معمولاً بحث تعویض یا بازنشستگی مدافع، زمانی مطرح می‌شود که عمر آن رو به پایان باشد و ادامه کار آن فقط برای مدت کوتاهی (مثلاً یک سال) میسر باشد. طرح رقیب نیز طرحی جدید و دارای عمری طولانی است.

۱۳-۱- تفکیک هزینه‌های مدافع:

- ۱- قیمت اصلی: قیمت اولیه مدافع
- ۲- قیمت فعلی: قیمتی که در حال حاضر می‌توان مدافع را فروخت
- ۳- قیمت دفتری: تفاضل هزینه اولیه و جمع مقادیر استهلاک در دوره استهلاک مدافع
- ۴- قیمت یا ارزش بازاری
- ۵- قیمت مبادله‌ای

1 -Defender

2 -Challenger

3 -Retirement

4 -Replacement

معمولاً از ارزش بازاری^۱ مدافع، به عنوان هزینه اولیه آن در ارزیابی‌های اقتصادی استفاده می‌شود.

۱۳-۲- تعیین عمر اقتصادی (n):

عمر فیزیکی، مدت زمانی است که پس از گذشت آن، دارایی به علت فرسودگی قادر به انجام وظایف عادی خود نخواهد بود؛ درحالی که یک دارایی ممکن است پیش از پایان عمر فیزیکی، از نظر اقتصادی دیگر قابل استفاده نباشد یا به اصطلاح از رده خارج شده باشد که به آن دوره، عمر اقتصادی گفته می‌شود. چنانچه دارایی موردنظر، طرح مدافع باشد، مقدار عمر اقتصادی به دست آمده را «عمر باقیمانده مدافع»^۲ می‌نامند و در صورتی که آن دارایی، طرح رقیب باشد، مقدار عمر اقتصادی به دست آمده را «عمر اقتصادی موردانتظار رقیب»^۳ می‌نامند. عمر اقتصادی با حداقل هزینه، سالی است که در آن، حداقل مقدار $EUAC$ حاصل شده است.

۱۳-۳- تجزیه و تحلیل تعویض با توجه به دوره تحلیل (یا افق برنامه ریزی):

دوره تحلیل، تعداد سال‌هایی (در آینده) است که باید طی آن از مدافع یا رقیب استفاده شود. در طی دوره تحلیل و برای مقایسه مدافع و رقیب، دو حالت ممکن است رخ دهد: ۱- عمر باقیمانده مدافع با عمر مفید رقیب برابر باشد. ۲- عمر مفید رقیب بیشتر از عمر باقیمانده مدافع باشد.

۱۳-۳-۱- عمر باقیمانده مدافع با عمر مفید رقیب برابر است.

در چنین حالتی، با استفاده از هر یک از چهار روش اصلی ارزیابی اقتصادی، می‌توان اقتصادی‌ترین طرح را از بین طرح مدافع و طرح رقیب شناسایی کرد.

۱۳-۳-۲- عمر مفید رقیب بیشتر از عمر باقیمانده مدافع است.

در فصول ششم و هفتم برای مقایسه طرح‌ها با عمر متفاوت، دو فرض را در نظر می‌گرفتیم: ۱- وقتی طرحی به پایان عمر مفیدش می‌رسد، می‌توان آن را با طرحی مشابه (با همان هزینه و کارایی) تعویض کرد.

1 - Market Value

2 - Remaining Life of the Defender

3 - Expected Life

۲- دوره تحلیل، کوچکترین مضرب مشترک طرح‌ها است.

در تجزیه و تحلیل تعویض، فرض‌های فوق، در مورد طرح رقیب قابل قبول است و برای طرح مدافع، زمانی که عمر مفیدش به پایان می‌رسد، واقعی به نظر نمی‌رسد؛ زیرا طرح مدافع، کارکرده و قدیمی است و بنابراین علاوه بر کارایی، قیمتش نیز کاهش یافته است.

در چنین حالتی، مسئله این خواهد بود که آیا همچنان به استفاده از طرح مدافع ادامه دهیم یا طرح رقیب را جایگزین آن کنیم؟ در صورتی که تشخیص داده شود به تعویض نیاز است، باید به دو سؤال پاسخ داده شود: ۱- چه موقع، تعویض صورت گیرد؟ و ۲- از میان طرح‌های رقیب، کدام یک گزینه بهتری برای جایگزینی است.

۱۳-۴- بررسی چند رقیب برای جایگزینی مدافع:

تاکنون فرض بر آن بوده است که برای جایگزینی طرح مدافع، تنها یک رقیب (به عنوان بهترین گزینه) وجود دارد، اما ممکن است با گذشت زمان و در آینده، گزینه‌های بهتری نسبت به رقیب فعلی وجود داشته باشند. انتظار رقیب بهتر در آینده، باعث می‌شود که در مواردی، گزینه رقیب فعلی را رد کنیم و از طرح مدافع، تا زمان تعویض با رقیب بهتر، استفاده نماییم. در چنین شرایطی، برای انتخاب استراتژی مناسب، لازم است کل حالات ممکن در دوره‌های مختلف بررسی شوند.

بدین ترتیب، وجود یک سری طرح‌های رقیب پیشرفته‌تر، مسئله دوگزینه‌ای «مدافع-رقیب» را به یک مسئله چندگزینه‌ای با محاسبات زیاد تبدیل می‌کند. تکنیکی که معمولاً برای کاهش محاسبات استفاده می‌شود، کمتر در نظر گرفتن عمر رقیب با توجه به همان اطلاعات پایه است. به طور معمول، عمر رقیب به اندازه $\frac{1}{3}$ عمر مفید آن کوتاه می‌شود. گرچه این کار باعث می‌شود که محاسبات، دقت لازم را نداشته باشند، راهی کاربردی برای اجتناب از طولانی شدن محاسبات محسوب می‌شود.

۱۳-۵- ارزش تعویض مدافع:

تفاوت هزینه یکنواخت سالیانه مدافع و هزینه یکنواخت سالیانه رقیب را ارزش تعویض مدافع گویند.

تعویض اقتصادی است. $\Rightarrow EUAC_D - EUAC_C > 0$

فصل چهاردهم

آنالیز حساسیت و تحلیل نقطه سربه‌سر

در بسیاری از مسایل اقتصادی، تصمیم‌گیرنده تمایل دارد بداند اگر برخی از پارامترهای مهم اولیه، بر اثر پیشامدهای احتمالی آینده، تغییر نماید چه تأثیری بر نتایج اولیه می‌گذارد. همچنین ممکن است برای برخی از پارامترهای اساسی مسئله، داده‌های کافی وجود نداشته باشد و یا بنابر دلایلی مجهول باشند. در چنین شرایطی، برای کمک به تصمیم‌گیرنده می‌توان از ابزارهای کاربردی مانند تجزیه و تحلیل حساسیت^۱ و تحلیل نقطه سربه‌سر^۲ استفاده کرد که در این فصل، به تفکیک تشریح می‌شوند.

۱-۱۴- تجزیه و تحلیل حساسیت

تجزیه و تحلیل حساسیت با این سؤال که «آیا پس از شروع پروژه و در حین اجرای آن، تخمین‌های اولیه می‌توانند به‌خوبی نمایانگر شرایطی باشند که در آینده پیش خواهد آمد؟» به بازنگری ارزیابی اقتصادی می‌پردازد. این رویکرد یا ابزار، با به‌کارگیری هر یک از چهار روش اصلی، و استفاده از جریان نقدی (چه قبل و چه بعد از مالیات) درصدد بررسی اثر تغییر برخی از پارامترها، به‌خصوص پارامترهای مهم و بحرانی، بر نتایج ارزیابی اولیه است. تجزیه و تحلیل حساسیت را می‌توان در یک عبارت اینگونه تعریف کرد:

1 - Sensitivity Analysis

2 - Breakeven Point Analysis

تکرار محاسبات یک جریان نقدی با تغییر دادن پارامترهای اصلی و مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از اطلاعات اولیه.

در تجزیه و تحلیل حساسیت، چنانچه تغییر کوچکی در یک پارامتر منجر به تغییر چشمگیری در نتایج شود، می‌توان چنین برداشت کرد که طرح مورد نظر نسبت به آن پارامتر حساسیت دارد و باید تخمین‌های آن پارامتر با دقت بیشتری انجام شود. عکس این مطلب نیز صادق است؛ بدین معنی که اگر با ایجاد تغییری بزرگ در یک پارامتر، تغییر کوچکی در نتایج حاصل شود، می‌توان چنین برداشت کرد که طرح مورد نظر نسبت به آن پارامتر حساسیت ندارد و ضرورتی به برآورد مجدد و دقیق‌تر از آن پارامتر احساس نمی‌شود.

از سوی دیگر، چنانچه از نمودار هندسی حساسیت^۱ استفاده شود، صعود یا نزول بیشتر یک منحنی یا به تعبیری دیگر، شیب بیشتر منحنی، نشان‌دهنده حساسیت بیشتر طرح نسبت به پارامتر آن منحنی است و بالعکس.

۱۴-۱-۱- منحنی بی تفاوتی^۲

یک منحنی بی تفاوتی دلالت بر ترکیب‌های مختلف دو پارامتر مهم مسئله (یا طرح) دارد؛ به طوری که روی این منحنی، ارزش فعلی یا ارزش یکنواخت سالیانه طرح نه مثبت و نه منفی بلکه در شرایط بی تفاوتی (با ارزش صفر) باشد و سایر عوامل یا پارامترها ثابت فرض شوند. می‌دانیم که هر نموداری که بر مبنای بیش از یک پارامتر رسم گردد، از دو قسمت «پذیرش» و «رد» تشکیل شده است. با توجه به این که منحنی بی تفاوتی نیز بر اساس دو پارامتر مهم مسئله که ارزش یکی روی محور x و ارزش دیگری روی محور y نمایش داده می‌شود، رسم می‌گردد، دارای نواحی پذیرش و رد^۳ است. درصد تغییرات از اطلاعات اولیه که در یک طرف منحنی قرار می‌گیرد، بیانگر ارزش مثبت یا ناحیه پذیرش و تغییراتی که در طرف دیگر قرار می‌گیرد، بیانگر ارزش منفی یا ناحیه رد است.

نکته: معمولاً عمر مفید و درآمد سالیانه، حساسترین عوامل ارزیابی طرح‌ها هستند. بنابراین به طور معمول، منحنی بی تفاوتی بر اساس این دو پارامتر رسم می‌شود.

1 - Sensitivity Graph

2 - Isoquant Curve

3 - Acceptance-Rejection Zones

۱۴-۱-۲- بازه تخمین^۱

در مورد تخمین پارامترها، سه حالت را می‌توان در نظر گرفت:

۱- محتمل یا متوسط^۲: جریانی نقدی با بیشترین احتمال است و اگر قرار باشد تنها از یک حالت تخمین استفاده شود، حالت محتمل در نظر گرفته می‌شود.

۲- خوش بینانه^۳: ارزیابی خوش بینانه بر اساس تغییر سودمندانه شرایط آینده است. در واقع، تخمین خوش بینانه، بهترین حالتی است که ممکن است در جریان نقدی رخ دهد.

۳- بدبینانه^۴: ارزیابی بدبینانه از آینده که بر جریان نقدی تأثیر سوء دارد. در واقع، تخمین بدبینانه، بدترین حالتی است که ممکن است در جریان نقدی رخ دهد.

معمولاً رویکرد سه تخمینی، ارزیابی دقیق‌تری از رویکرد یک تخمینی ارائه می‌کند. میانگین و واریانس تخمین‌های فوق به شرح زیر است:

$$\text{میانگین (متوسط) تخمین‌ها} = \frac{O + 4M + P}{6}$$

$$\text{واریانس تخمین‌ها} = \left(\frac{O - P}{6}\right)^2$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در رابطه «میانگین تخمین‌ها»، حالت محتمل دارای بیشترین وزن یا ضریب است.

۱۴-۲- تحلیل نقطه سر به سر

تحت برخی شرایط محیطی، پارامتر غیرقطعی مسئله یا پارامتری که داده‌های کافی برای برآورد آن وجود ندارد را می‌توان به صورت یک متغیر یا یک عامل مجهول در نظر گرفت. مقدار این عامل مجهول از سر به سر قرار دادن دو طرح به ازای آن عامل، به دست می‌آید. در واقع، تحلیل سر به سر، در برگیرنده عنصر متغیری است که در هر دو طرح، مشترک است.

برای محاسبه نقطه سر به سر، ساده‌تر آن است که از روش جبری استفاده شود. بدین صورت که هزینه کل هر طرح، به صورت ارزش فعلی یا ارزش یکنواخت سالیانه بر حسب متغیر مورد نظر محاسبه شود. از مساوی قرار دادن ارزش دو طرح که هر کدام تابعی از متغیر مورد نظرند، نقطه

1 - Range of Estimate

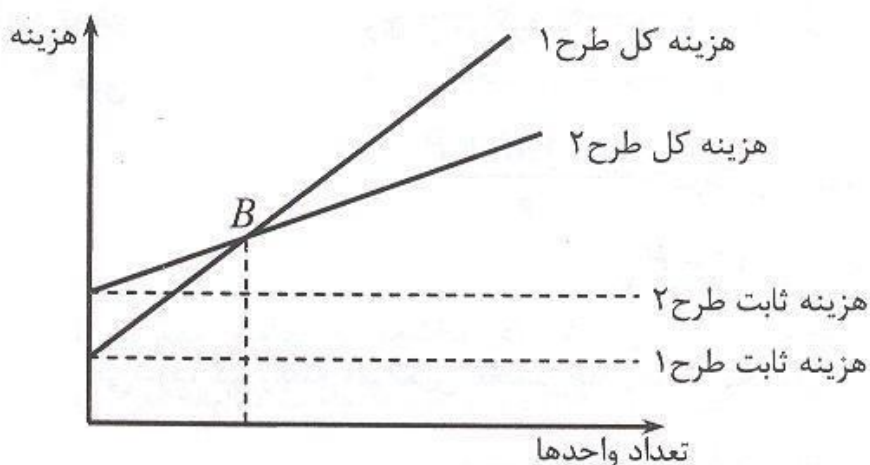
2 - Most Likely

3 - Optimistic

4 - Pessimistic

سربه‌سر (یا مقدار متغیر) به دست می‌آید. به منظور تحلیل سربه‌سر، کافی است مقادیر بیشتر و کمتر از مقدار متغیر در نقطه سربه‌سر بررسی شود.

در روش ترسیمی، خط مربوط به ارزش طرح‌ها بر حسب متغیر مورد نظر رسم می‌شود. محل تقاطع خطوط دو طرح، نقطه سربه‌سر است. همانطور که در شکل زیر نیز مشاهده می‌شود، تغییرات متغیر را می‌توان نسبت به مقدار سربه‌سر، تحلیل کرد. به عنوان مثال، در نمودار زیر، چنانچه مقدار متغیر بیشتر از مقدار سربه‌سر باشد، طرح ۲ با هزینه کل کمتر و اگر مقدار متغیر کمتر از مقدار سربه‌سر باشد، طرح ۱ با هزینه کل کمتر انتخاب می‌شود.



نکته: اگر مقایسه بیش از دو طرح، مورد نظر باشد، از دوبه‌دوی طرح‌ها، نقطه سربه‌سر به دست می‌آید. این نقاط، حدودی را تعیین می‌کنند که در هر یک از آن حدود، یکی از طرح‌ها اقتصادی‌تر خواهد بود.

نکته: نقطه سربه‌سر می‌تواند در یک طرح نیز مبنای انتخاب طرح باشد. جایی که ارزش فعلی یا ارزش یکنواخت سالیانه، صفر باشد را نقطه سربه‌سر در نظر می‌گیریم و اقتصادی یا غیراقتصادی بودن طرح را بر مبنای آن تحلیل می‌کنیم.

فصل پانزدهم

تورم

در تحلیل‌های اقتصادی، تاکنون فرض بر این بود که شرایط اقتصادی ثابت است و قیمت‌ها طی دوره تحلیل تغییر نمی‌کنند. این فرض، گرچه تحلیل اقتصادی را آسان می‌کند، ولی با واقعیت همخوانی ندارد. در واقع، با گذشت زمان قیمت‌ها عموماً سیر صعودی می‌یابند و بنابراین مقدار کالا و خدمات کمتری را می‌توان با یک مقدار ثابت پول خریداری کرد. در اصطلاح، به افزایش قیمت‌ها و ازدست‌دادن قدرت خرید در گذر زمان، تورم^۱ گویند و لازم است اثر احتمالی آن بر نتایج اقتصادی بررسی شود. از سوی دیگر، چنانچه دستمزدها و قیمت‌ها با یک نرخ، رشد کنند، تورم به‌وجود نخواهد آمد؛ اما اگر روند افزایش قیمت‌ها و نرخ افزایش دستمزدها متفاوت باشند، تورم باعث فرسایش قدرت خرید، پس‌اندازها و درآمدها می‌گردد و بر تحلیل اقتصادی تأثیر می‌گذارد.

۱-۱۵- تعاریف اولیه

نرخ تورم^۲ (f) - نرخ افزایش سالانه در واحد پول (ریال) است که برای خرید مقدار ثابتی کالا و خدمات نیاز است.

نرخ بهره حقیقی^۱ (i) - نرخ بهره‌ای است که درصد رشد واحد پول (ریال) را بدون در نظر گرفتن تورم اندازه‌گیری می‌کند.

1 - Inflation

2 - Inflation Rate

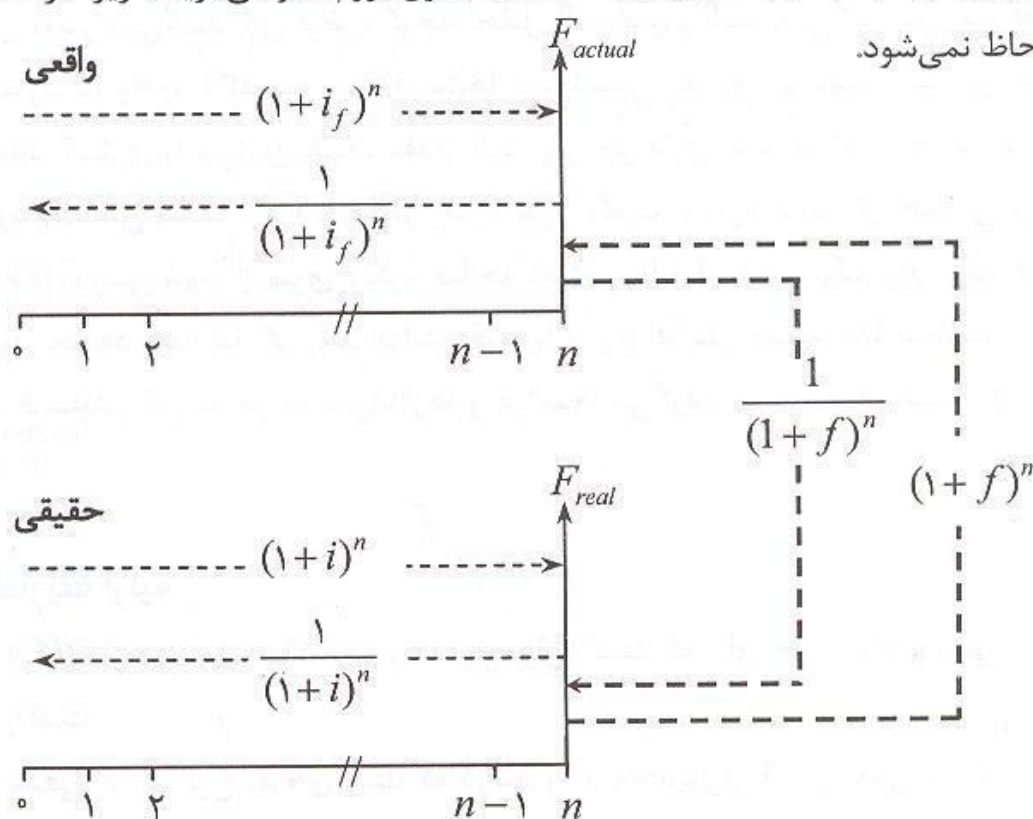
نرخ بهره بازار^۲ (i_f) - نرخ بهره‌ای است که در بازار عمومی محاسبه می‌شود؛ مانند نرخ بهره سپرده‌های بانکی و نرخ وام‌های بانکی. نرخ بهره بازار مشتمل است بر «رشد واقعی پول یا قدرت سوددهی پول» و «اثر تورم یا قدرت خرید پول» طبق رابطه زیر:

$$i_f = i + f + if$$

به نرخ بازار، نرخ ظاهری هم گفته می‌شود. همچنین در صورتی که تورم وجود نداشته باشد، $i_f = i$ خواهد شد.

دلار (ریال) واقعی^۳ (A\$) - دلاری (ریالی) که به‌طور معمول مطرح است و در اقتصاد جاری است. این دلار (ریال) را اغلب در کیفمان نگه می‌داریم و وجود فیزیکی دارد. به آن، دلار (ریال) «متورم» نیز می‌گویند؛ زیرا تمام تورمی که باعث کاهش ارزش آن می‌شود را به‌همراه دارد.

دلار حقیقی^۴ (R\$) - دلاری (ریالی) که بر حسب قدرت خرید واحد پول سال مبنا (معمولاً سال صفر) بیان می‌شود. به آن، دلار (ریال) «ثابت» یا «بدون تورم» نیز می‌گویند؛ زیرا اثرات تورمی در آن لحاظ نمی‌شود.



1 - Real Interest Rate

2 - Market Interest Rate

3 - Actual Dollars

4 - Real Dollars

۱۵-۲- اندازه‌گیری نرخ تورم

از آنجاکه قیمت کالاها و خدمات مختلف در طی زمان با نرخهای متفاوت تغییر می‌کند، پیش‌بینی و اندازه‌گیری نرخ تورم کاری مشکل به‌نظر می‌رسد؛ به‌خصوص زمانی که قیمتها، از لحاظ جغرافیایی، متفاوت و عادات مردم در خرید متغیر باشد. برای اندازه‌گیری نرخ تورم، شاخص‌های متفاوتی وجود دارد که عبارتند از:

۱۵-۲-۱- شاخص‌های تورم

الف) شاخص قیمت مصرف‌کننده^۱ (CPI)

در این شاخص، کالاهایی که خانواده‌های قشر متوسط جامعه مصرف می‌کنند، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. با محاسبه میانگین قیمت آن کالاها و میزان افزایش آنها در هر دوره نسبت به دوره قبل، نرخ تورم اندازه‌گیری می‌شود.

ب) شاخص قیمت عمده‌فروشی^۲ (WPI)

در این شاخص، قیمت کالاها در سطح بنگاه‌ها و عمده‌فروشی‌ها اندازه‌گیری می‌شود و میانگین هر دوره نسبت به دوره قبل مورد بررسی قرار می‌گیرد. قیمت ۱۵ گروه بزرگ کالاها و خدمات مانند محصولات مزرعه‌ای، محصولات چرمی، محصولات نساجی، محصولات فلزی، وسایل حمل‌ونقل و... ملاک اندازه‌گیری است.

ج) شاخص قیمت مطلق^۳ (IPI)

در این شاخص، اثر تغییر قیمت کالاها بر تولید ناخالص ملی (مجموع ارزش تمام کالاها و خدمات نهایی تولیدشده جامعه در یک دوره) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این شاخص، کالاها و خدماتی مانند غذاها و نوشابه‌ها، مسکن، سوخت و خدمات پوشاک، حمل‌ونقل، بهداشت و... مدنظر قرار می‌گیرد.

نکته:

نرخ تورم بر اساس روشهای الف و ج تقریباً یکسان به‌دست می‌آید.

1-Consumer Price Index(CPI)

2-Wholesale Price Index(WPI)

3-Implicit Price Index(IPI)

مثال:

میانگین بهای کالایی ظرف ۳ سال گذشته از ۱۷۶ به ۲۱۶ رسیده است، نرخ سالانه افزایش قیمت‌ها یا نرخ تورم (f) چه قدر است؟

$$176 \times (1 + f)^3 = 216 \Rightarrow f = 0.071 = 7.1\%$$

۱۵-۲-۲- اثر تورم در بررسی‌های اقتصادی

در تحلیل‌های اقتصادی، زمانی که تورم یا تغییر قیمت وجود دارد، ارزش پول در سال‌های مختلف یکسان نیست؛ بنابراین باید اثر افزایش قیمت‌ها خنثی شود یا به عبارت دیگر، تمام جریان نقدی به ارزش ریالی با قدرت خرید یکسان تبدیل شود. خنثی کردن اثر قیمت‌ها، با لحاظ کردن نرخ تورم در محاسبات اقتصادی و براساس دو مدل زیر صورت می‌گیرد:

الف) حذف اثر تورم، با تبدیل جریان نقدی متورم^۱ به جریان نقدی حقیقی^۲ و استفاده از نرخ بهره حقیقی. این مدل برای تحلیل اقتصادی پیش از کسر مالیات، در شرایطی که تمام جریان نقدی تحت تأثیر نرخ‌های یکسان متورم‌اند، مناسب‌تر است.

ب) لحاظ کردن اثر تورم با استفاده از جریان نقدی حقیقی و نرخ بهره بازار. کارایی این مدل به علت سادگی آن، بیشتر است.

نکته:

زمانی که نرخ تورم، کم، یعنی بین ۲ تا ۴ درصد باشد، در محاسبات اقتصادی لحاظ نمی‌شود.

۱۵-۲-۲-۱- جریان نقدی با نرخ‌های تورم متفاوت

در این حالت، هر پارامتر موجود در جریان نقدی توسط یک نرخ تورم جداگانه‌ای متورم می‌شود؛ بنابراین با استفاده از این نرخ‌های متفاوت، جریان نقدی واقعی (متورم) برای هر پارامتر در هر سال محاسبه می‌شود. سپس از نرخ بهره بازار استفاده می‌شود تا این مقادیر واقعی، تنزیل شوند.

۱۵-۲-۲-۲- اثر تورم پس از کسر مالیات

اثر مالیات بر جریان نقدی متورم، از این منظر اهمیت دارد که هزینه‌هایی مانند استهلاک، متورم نمی‌شوند. در واقع، استهلاک مستقیماً بر اساس قیمت خرید منظور می‌شود، نه بر پایه

1-Inflated

2-Real

قیمت متورم شده. علاوه بر استهلاک، قرض و اجاره نیز متورم نمی‌شوند و به صورت حقیقی لحاظ می‌شوند؛ زیرا در صورتی که تورم سریعتر از آنچه که پیش‌بینی می‌شود، بالا رود، قرض‌دهنده (یا اجاره‌دهنده) منفعتی بیشتر از انتظار را خواهد برد. با توجه به این که در صورت وجود مالیات، باید مسئله با در نظر گرفتن تورم آنالیز شود، روابط زیر را خواهیم داشت:

GI^*	OC	OC^*	$CFBT^*$	D	IT^*	TX^*	$CFAT^*$
--------	------	--------	----------	-----	--------	--------	----------

$$GI^* = GI(F/P, f, n)$$

$$OC^* = OC(F/P, f, n)$$

$$CFBT^* = GI^* - OC^*$$

$$IT^* = CFBT^* - D$$

$$TX^* = IT^* \times TR$$

$$CFAT^* = CFBT^* - TX^*$$

برای آنالیز کردن جریان نقدی و به دست آوردن ارزش فعلی (یا نرخ بازگشت سرمایه)، می‌توان از $CFAT^*$ و i_f استفاده کرد؛ یا این که محاسبات تحلیلی را بر اساس $CFAT$ و i انجام داد.

نکته:

ارزش فعلی یک جریان نقدی متورم نسبت به ارزش فعلی همان جریان نقدی بدون در نظر گرفتن تورم، کمتر به دست خواهد آمد. این امر به دلیل متورم نشدن استهلاک و محاسبه مالیات سالیانه بیشتر است؛ بنابراین زمانی که نرخ تورم بالاست، ارزیابی جریان نقدی پس از مالیات، به واقعیت نزدیکتر است.

فصل شانزدهم

تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان

عموماً از تحلیل‌های اقتصاد مهندسی برای ارزیابی پروژه‌های بلندمدت که در آنها ارزش زمانی پول نقشی مهم را ایفا می‌کند، استفاده می‌شود. از این رو، در اقتصاد مهندسی بیشتر بر ارزشها و نتایج آتی پروژه تأکید می‌شود و لازم است مقادیر پیش‌بینی شده این نتایج در جریان نقدی لحاظ شوند. در فصول پیشین کتاب، فرض بر این بود که ارزشهای آینده در جریان نقدی، با قطعیت^۱ معلوم‌اند و با آنالیز حساسیت فقط اثر تغییر در مقدار قطعی پارامترها بررسی می‌شد. در این فصل، قصد داریم با استفاد از نظریه احتمال، احتمال رخداد مؤلفه‌های جریان نقدی را تعیین کنیم و تخمینی از ارزشهای احتمالی آینده را در جریان نقدی لحاظ کنیم. بدین‌وسیله، ریسک در سرمایه‌گذاری مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و تصمیم‌گیری اقتصادی در شرایط عدم اطمینان، که با واقعیت انطباق بیشتری دارد، صورت می‌گیرد.

لازم به ذکر است مطالب این فصل، خصوصاً مطالب مربوط به احتمالات و آمار، دارای گستردگی زیادی است. از این رو، تنها به مطالبی به تفصیل پرداخته شده است که برای حل مسائل پایان فصل مورد نیاز هستند. مابقی مطالب، به‌طور خلاصه مطرح شده‌اند تا خوانندگان در صورت نیاز به مرجع اصلی کتاب مراجعه نمایند.

۱-۱۶- مراحل تصمیم‌گیری اقتصادی در شرایط عدم اطمینان

۱- تعریف مسئله- ضرورت دخالت دادن ریسک در تصمیم‌گیری اقتصادی، در قالب تعریف مسئله، بیان می‌شود. از آنجاکه شناخت تغییرات در پارامترها و تعیین احتمال آنها کار آسانی نیست، معمولاً سعی می‌شود با وارد کردن تورم یا تحلیل حساسیت پارامترها، از دخالت دادن احتمالات و ریسک در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی اجتناب شود.

۲- جمع‌آوری اطلاعات- طی سه مرحله انجام می‌شود:

الف) شناسایی شرایط یا معیارهای آینده. (گرچه ممکن است عوامل غیر قابل پیش‌بینی مانند آب و هوا، اوضاع سیاسی، تقاضا و ... نیز بر جریان نقدی مؤثر باشند).

ب) پیش‌بینی احتمال وقوع هر یک از شرایط.

ج) محاسبه اقتصادی با استفاده از تکنیک‌های اقتصاد مهندسی.

۳- فرموله کردن مسئله- در فرموله کردن مسئله، محافظه‌کارانه برخورد می‌شود و در واقع رویکرد بدبینانه در جریان نقدی اعمال می‌گردد. در این فصل، مدلهایی برای فرموله کردن مسئله ارائه می‌شود.

۴- ارزیابی مسئله- به هریک از طرح‌ها، وزن داده می‌شود و طرحی با بهترین معیار اقتصادی، انتخاب می‌شود.

۱۶-۲- خلاصه‌ای از اصول احتمالات

۱۶-۲-۱- تعریف احتمال یک رخداد (پیشامد)^۱

احتمال یک رخداد (یک مؤلفه جریان نقدی مانند سرمایه اولیه در سال صفر) برابر است با نسبت دفعاتی که رخدادهایی از این نوع، در تکرار زیاد وقوع خواهند یافت. به عنوان مثال، اگر در ۱۰۰ پروژه ساختمانی پیشنهاد شده به یک شرکت، ۱۰ بار پروژه‌هایی با سرمایه اولیه A واحد پول پیشنهاد شده باشد، احتمال این که پروژه‌ای جدید با سرمایه اولیه A واحد پول به شرکت پیشنهاد شود، برابر با

$$P = \frac{10}{100} = 0.1 \text{ است.}$$

۱۶-۲-۲- رخ داده‌های مستقل- رخ داده‌های A و B از لحاظ آماری مستقلند؛ اگر وقوع یکی از آن‌ها، تأثیری بر وقوع دیگری نداشته باشد. به عنوان مثال، یک مؤلفه جریان نقدی (مانند سرمایه اولیه در سال صفر) از یک طرح ساختمان مسکونی از همان مؤلفه برای یک نیروگاه آبی مستقل است.

۱۶-۲-۳- رخ داده‌های ناسازگار- رخ داده‌های A و B از لحاظ آماری ناسازگارند؛ اگر وقوع یکی از آن‌ها، مانع از وقوع رخداد دیگر شود.

۱۶-۲-۴- احتمال اینکه دو یا چند رخداد مستقل با هم یا به‌طور متوالی وقوع یابند، برابر است با حاصلضرب احتمال وقوع هر یک از رخدادها.

۱۶-۲-۵- احتمال این‌که دو یا چند رخداد ناسازگار با هم یا به‌طور متوالی وقوع یابند، برابر صفر است.

۱۶-۲-۶- متغیر تصادفی- در صورتی که یک مؤلفه از یک جریان نقدی (مانند درآمد سال یک یا سرمایه اولیه سال صفر) بتواند مقادیر مختلفی را با احتمال‌های مشخص اخذ کنند، آن مؤلفه جریان نقدی را به عنوان یک متغیر تصادفی در نظر می‌گیریم. به عنوان مثال، اگر سرمایه اولیه موردنیاز در سال صفر (یک مؤلفه از جریان نقدی) با احتمال $\frac{1}{3}$ برابر با ۱۱۰ واحد پول، با احتمال $\frac{1}{2}$ برابر با ۱۳۰ واحد پول و با احتمال $\frac{1}{5}$ برابر با ۲۰۰ واحد پول باشد، این مؤلفه (سرمایه اولیه در سال صفر) یک متغیر تصادفی است.

۱۶-۲-۷- تعریف امید ریاضی^۱ یک متغیر تصادفی گسسته^۲

امید ریاضی یک متغیر تصادفی گسسته (مانند یک مؤلفه از جریان نقدی) برابر با میانگین وزنی مقادیر آن متغیر تصادفی است؛ به‌گونه‌ای که وزن هر یک از مقادیر برابر با احتمال وقوع آن مقدار است.

1 - Expected Value

2 - Discrete Distribution

$$EV_j = \sum_i P_{ij} O_{ij} \quad ; \quad \sum_i P_{ij} = 1$$

EV_j : امیدریاضی مؤلفه j ام از یک جریان نقدی (مثلاً درآمدسالانه یا هزینه‌سالانه یا ...)

P_{ij} : احتمال وقوع مقدار i ام از مؤلفه j ام از یک جریان نقدی

O_{ij} : مقدار واقعی i ام از مؤلفه j ام از یک جریان نقدی

۱۶-۲-۸- تعریف واریانس^۱ یک توزیع گسسته

یکی از شاخصهای نشان دادن پراکندگی مقادیر یک متغیر تصادفی (یک مؤلفه از یک جریان نقدی) در یک طرح (مثلاً پراکندگی درآمد سالانه)، «واریانس» است. از آنجا که واحد واریانس برابر با مربع (مجذور) واحد آن مؤلفه جریان نقدی موردنظر است، بهتر است از شاخصی هم‌واحد با مقادیر آن مؤلفه استفاده شود. این شاخص پراکندگی، «انحراف استاندارد»^۲ نام دارد که برابر با جذر واریانس است.

هرچه واریانس یک طرح بزرگتر باشد، ریسک آن طرح بیشتر خواهد بود.

معمولاً واریانس یک مؤلفه از یک جریان نقدی را با نماد σ_j^2 و انحراف استاندارد آن را با σ_j نمایش می‌دهند.

$$Var_j = \sigma_j^2 = \sum_i P_i (O_{ij} - EV_j)^2$$

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_i P_i (O_{ij} - EV_j)^2}$$

در روابط فوق داریم:

σ_j^2 : واریانس مؤلفه j ام از یک جریان نقدی

σ_j : انحراف استاندارد مؤلفه j ام از یک جریان نقدی

P_{ij} : احتمال وقوع مقدار i ام از مؤلفه j ام از یک جریان نقدی

O_{ij} : مقدار واقعی i ام از مؤلفه j ام از یک جریان نقدی

EV_j : امیدریاضی مؤلفه j ام از یک جریان نقدی (مثلاً درآمدسالانه یا هزینه‌سالانه یا ...)

1 - Variance

2 - Standard Deviation

۱۶-۲-۹- امید ریاضی و واریانس یک توزیع پیوسته^۱

یک متغیر تصادفی (یک مؤلفه از یک جریان نقدی) علاوه بر مقادیر گسسته (که در بالا مطرح شد)، می‌تواند مقادیری پیوسته را اخذ کند. هر متغیر تصادفی پیوسته دارای یک چگالی احتمال است. از میان چگالی‌های احتمال متعددی که وجود دارند، در زیر تنها به چگالی احتمال نرمال و بتا می‌پردازیم.

۱۶-۲-۱۰- توزیع نرمال:

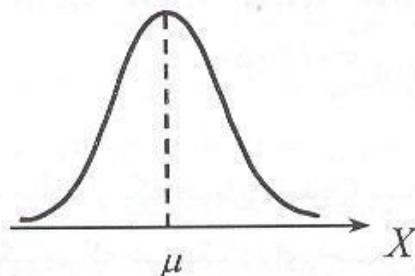
تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی X را نرمال نامند؛ اگر و تنها اگر به صورت زیر

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad ; -\infty < x < \infty \quad \text{تعریف شود.}^2$$

در این صورت گفته می‌شود که متغیر تصادفی X دارای توزیع نرمال است و با نماد زیر نمایش داده می‌شود.

$$X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

شکل تابع چگالی احتمال نرمال به صورت زیر است.



برای محاسبه احتمال در بازه‌های مختلف در مورد متغیر تصادفی نرمال X گام‌های زیر باید پیموده شود.

الف) متغیر نرمال موردنظر (X) را با تغییر متغیر $Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$ ، به متغیر نرمال استاندارد (Z) تبدیل کنید.

ب) با استفاده از اصول موضوعی احتمال، بازه موردنظر را به صورت «کوچک‌تر» تبدیل کنید؛ یعنی: به‌ازای دو مقدار مثبت a و b ، به‌طوری‌که $a < b$ باشد، داریم:

$$P_{(Z>a)} = 1 - P_{(Z<a)}$$

1 - Continuous

2 - در رابطه مذکور، داریم: $e = 2.71828\dots$ و $\pi = 3.14159\dots$

$$P_{(a < Z < b)} = P_{(Z < b)} - P_{(Z < a)}$$

ج) با استفاده از روابط زیر، رابطه احتمال را ساده کنید.

$$P_{(Z < a)} = \Phi_{(a)}$$

به‌ازای مقدار مثبت a داریم:

$$P_{(Z < -a)} = 1 - \Phi_{(a)}$$

د) مقدار $\Phi_{(a)}$ را از جدول نرمال استاندارد پیوست کتاب استخراج کنید. لازم به ذکر است که اعداد داخل جدول نرمال استاندارد (پیوست)، برابر با $\Phi_{(a)}$ است.

Z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2297	0.2266	0.2236	0.2207	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611

$$\Phi_{(0.5)} = 0.3050$$

۱۶-۲-۱۱- توزیع بتا:

اگر برای متغیری تصادفی (مانند یک مؤلف از یک جریان نقدی) سه مقدار خوشبینانه (O)، محتمل (M) و بدبینانه (P) در نظر بگیریم که هر یک دارای احتمالی خاص هستند، متغیر مورد نظر از نوع بتا خواهد بود. که میانگین و واریانس آن از روابط زیر به دست می‌آیند.

$$EV = \frac{O + 4M + P}{6} \quad \sigma^2 = \left(\frac{O - P}{6} \right)^2$$

۱۶-۳- روابط ریسک مالی

۱۶-۳-۱- زمان ریسک- اطمینان به تخمین‌های چندین سال بعد، کمتر از اعتماد به تخمین‌های آینده نزدیک است؛ در واقع، انحراف استاندارد مقادیر تخمینی با گذشت زمان، افزایش می‌یابد؛ بنابراین دانستن اینکه چه مدت از شروع طرح گذشته است، می‌تواند در میزان ریسک طرح‌ها مؤثر باشد.

۱۶-۳-۲- ضریب تغییرات^۱ - در صورتی که امید ریاضی طرحها متفاوت باشد، با مقایسه انحراف استاندارد آنها نمی‌توان میزان ریسک طرحها را بررسی کرد. در چنین مواقعی از ضریب تغییرات برای تصمیم‌گیری در مورد طرحها استفاده می‌شود. طرحی که کوچکترین ضریب تغییرات را داشته باشد، اقتصادی‌ترین طرح است. ضریب تغییرات با نماد CV نمایش داده می‌شود.

$$CV = \frac{\sigma}{EV}$$

۱۶-۳-۳- سیاست توزیع سرمایه- در بودجه‌بندی سرمایه، نه تنها طرحهای سرمایه‌گذاری جدید با یکدیگر مقایسه می‌شوند، بلکه باید از نظر بازگشت سرمایه با سرمایه‌گذاریهای قبلی نیز مقایسه شوند تا بازگشت سرمایه حاصل از کل سرمایه‌گذاریها ملاک مقایسه قرار گیرد. ارتباط بین جریان نقدی یک طرح با جریانهای نقدی ناشی از سایر سرمایه‌گذاریها، به وسیله «ضریب همبستگی»^۲ تحلیل می‌شود.

۱- ضریب همبستگی مثبت: بدین معنی است که جریان نقدی طرح، هم‌جهت با الگوی جریان نقدی کل (ناشی از کل طرحهای سازمان) است. به عبارت دیگر، در صورتی که جریان نقدی طرح، صعودی (نزولی) است، جریان نقدی کل نیز دارای روندی صعودی (نزولی) باشد.

۲- ضریب همبستگی منفی: بدین معنی است که جریان نقدی طرح، در خلاف جهت الگوی جریان نقدی کل (ناشی از کل طرحهای سازمان) است. به عبارت دیگر، در صورتی که جریان نقدی طرح، صعودی (نزولی) است، جریان نقدی کل دارای روندی نزولی (صعودی) باشد.

۳- ضریب همبستگی صفر: بدین معنی است که جریان نقدی طرح، هیچ رابطه خطی با الگوی جریان نقدی کل (ناشی از کل طرحهای سازمان) ندارد. به عنوان مثال اگر جریان نقدی طرح، ثابت باشد اما جریان نقدی کل دارای روندی نزولی (یا صعودی) باشد، نمی‌توان رابطه خطی بین جریان نقدی طرح و الگوی جریان نقدی کل در نظر گرفت.

1 - Coefficient of Variation

- ضریب همبستگی مربوط به توزیع سرمایه، در صورتی که کل سرمایه تنها به یک پروژه تخصیص یابد، به شرح زیر بر تحلیل ریسک مؤثر خواهد بود:
- ۱- طرحی که دارای همبستگی منفی با سایر طرحهای قبلی است، به طرحهای جدید دیگر ارجحیت دارد. زیرا طرحی که دارای اثر هموارسازی معکوس بر صعود(نزول) جریان نقدی کل است، ریسک کمتری دارد.
 - ۲- طرحهای ناهمبسته به طرحهایی که همبستگی مثبت با سایر طرحهای قبلی دارند، ارجحیت دارند.
 - ۳- هرچه روند جریان نقدی طرحی به جریان نقدی کل نزدیکتر باشد (یعنی ضریب همبستگی به عدد یک نزدیکتر باشد)، ریسک طرح کمتر کاهش می‌یابد. در واقع، چنین طرح‌ای به معکوس شدن جریان نقدی کل کمکی نمی‌کند و مشارکتی در کاهش ریسک ندارد.

۱۶-۴- ریسک در فرآیند مالی تجمعی

در حالت کلی، بین جریان نقدی سالهای مختلف یک طرح، همبستگی (کوواریانس) مثبت وجود دارد؛ بدین معنی که یک جریان نقدی بزرگ در سال نخست، منجر به جریان نقدی بزرگ در سالهای بعد می‌شود. به منظور ساده‌سازی محاسبات، چنانچه فرض شود جریان نقدی یک طرح در سالهای مختلف از هم مستقل‌اند، می‌توان امید ریاضی ارزش فعلی یک سری جریان‌های نقدی را از مجموع امید ریاضی هر یک از آن جریان‌های نقدی به‌دست آورد. برای محاسبه امید ریاضی هر مؤلفه جریان نقدی در هر سال نیز می‌توان از قضیه حد مرکزی استفاده کرد. قضیه حد مرکزی به این صورت مطرح می‌شود که، «توزیع مجموع متغیرهای تصادفی مستقل وقتی تعداد نمونه به سمت بی‌نهایت افزایش یابد، به سمت توزیع نرمال میل می‌کند». بنابراین در صورتی که یک مؤلفه از یک جریان نقدی در هر سال را یک متغیر تصادفی در نظر بگیریم و تعداد مقادیری که مؤلفه موردنظر در یک سال می‌تواند اخذ کند از نظر آماری خیلی بزرگ باشد (حداقل ۳۰ مقدار)، بر اساس قضیه حد مرکزی، NPW مؤلفه از توزیع نرمال با میانگین $EV(NPW)$ و واریانس $Var(NPW)$ پیروی می‌کند.

$$EV(NPW) = \mu_0 + \frac{\mu_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{\mu_n}{(1+i)^n}$$

$$Var(NPW) = \sigma_0^2 + \frac{\sigma_1^2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\sigma_n^2}{(1+i)^{2n}}$$

μ_i : امید ریاضی جریان نقدی در سال i ام. ($i = 0, 1, 2, \dots, n$)

σ_i : واریانس جریان نقدی در سال i ام. ($i = 0, 1, 2, \dots, n$)

در این خصوص نکات زیر را باید در نظر گرفت:

۱۶-۴-۱- از آن‌جا که معمولاً مقادیر میانگین (μ_i) و واریانس (σ_i) جریان نقدی در یک دوره را نمی‌دانیم، لازم است از روی داده‌های موجود آن‌ها را برآورد کنیم (تخمین بزنیم). اگر m مقدار برای متغیر تصادفی X موجود باشد، برآورد μ_i (یعنی \bar{X}_i) و برآورد σ_i (یعنی S_i) با استفاده از روابط زیر به دست می‌آیند.

$$\bar{X}_i = \sum_x \frac{X}{m} \quad S_x = \frac{\sum_x (X - \bar{X})^2}{m}$$

۱۶-۴-۲- در صورتی که C یک عدد ثابت باشد، برای هر متغیر تصادفی مانند X داریم:

$$Var(CX) = C^2 Var(X)$$

۱۶-۴-۳- اگر X و Y دو مؤلفه از یک جریان نقدی در یک دوره باشند (مانند هزینه و درآمد در یک دوره) که بتوان آن‌ها را مستقل فرض کرد، داریم:

$$EV(X+Y) = EV(X) + EV(Y)$$

$$Var(X+Y) = Var(X-Y) = Var(X) + Var(Y)$$

۱۶-۵- روش درخت تصمیم در ارزیابی پروژه‌ها

درخت تصمیم، درختی جهت‌دار است که فرآیند تصمیم را نشان می‌دهد. گره‌ها نمایان‌گر نقاطی از زمان هستند که

الف) در آن گره، یک تصمیم باید توسط تصمیم‌گیرنده اتخاذ شود؛ یا

ب) در آن گره، تصمیم‌گیرنده با حالتی از طبیعت روبه‌رو است. (حالات طبیعت، مجموعه‌ای از شرایط ممکن طبیعی است که معمولاً رویارویی یا عدم رویارویی با

این شرایط از کنترل تصمیم‌گیرنده خارج است و تصمیم‌گیرنده تنها بر اساس حالتی از طبیعت که پیش روی او است، باید تصمیم بگیرد؛ یا (ج) در آن گره، فرآیند به اتمام می‌رسد. (گره انتهایی)

کمان‌های خروجی از گره نوع الف، نمایان‌گر تصمیم‌ها هستند. کمان‌های خروجی از گره نوع ب، نشان‌دهنده حالت طبیعت هستند. بر روی هر کمان احتمال رخداد آن نوشته می‌شود. معمولاً در شرایط بغرنج و پیچیده، برای تعیین تصمیم بهینه از درخت‌های تصمیم استفاده می‌شود.

روش محاسبه به صورت پس‌رومی است. بدین صورت که با شروع از گره‌های انتهایی و حرکت مرحله‌ای به سمت گره شروع، صورت می‌گیرد. با محاسبه امیدریاضی (ارزش انتظاری) عایدی‌ها در هر مرحله، مقادیر آن‌ها روی گره‌های مربوطه نوشته می‌شود. مطلوب‌ترین تصمیم آن است که به حداکثر مقدار امیدریاضی عایدی‌ها منجر شود.

در روش درخت تصمیم سه رویکرد برای حل مسأله وجود دارد:

- ۱- رویکرد غیراحتمالی، که در آن کمان‌ها احتمالی نیستند و تصمیم‌ها یا حالات طبیعت با قطعیت رخ می‌دهند.
- ۲- رویکرد احتمالی پیشین^۱، که در آن احتمال رخداد هر تصمیم یا هر حالت طبیعت از قبل مشخص است. تصمیمی اتخاذ می‌شود که بیشترین امیدریاضی عایدی را داشته باشد.
- ۳- رویکرد احتمالی پسین^۲، که در آن احتمال هر رخداد در هر تصمیم، یا حالت طبیعت با توجه به احتمال رخداد تصمیمات دیگر مشخص می‌شود. عملاً در این روش از قانون بیز^۳ استفاده می‌شود.

۱۶-۶- شبیه‌سازی

زمانی که جریان‌های نقدی، همبسته و دارای توزیع‌های احتمالی غیرنرمال باشند، روابط احتمالی مرتبط با آن‌ها پیچیده شده و لازم است از شبیه‌سازی استفاده شود. در اقتصاد

1 - Priori

2 - Posteriori

3 - Bayes

مهندسی، شبیه‌سازی برای وانمود کردن یک سیستم حقیقی به‌منظور مشاهده و کسب اطلاعات از آن سیستم حقیقی است؛ این امر باعث می‌شود تا اطلاعات با هزینه‌ای کم‌تر از سیستم حقیقی به‌دست آید. البته شبیه‌سازی همواره نمی‌تواند بهینه بودن جواب مسأله را تضمین کند.

یکی از تکنیک‌های معروف در شبیه‌سازی، شبیه‌سازی مونت‌کارلو^۱ است. این تکنیک بر پایه تولید اعداد تصادفی بنا نهاده شده است. بدین صورت که اگر هر یک از مؤلفه‌های جریان نقدی (مثلاً درآمد سالیانه در هر سال) را دارای توزیعی خاص در نظر بگیریم، می‌توان با تولید اعداد تصادفی از توزیع موردنظر، داده‌هایی را شبیه به آنچه که در دنیای واقعی از جریان نقدی مزبور رخ می‌دهند مشاهده کرد و بر اساس این داده‌های شبیه‌سازی‌شده، جریان نقدی موردنظر را تجزیه و تحلیل کرد.