

i 為每期之最低報酬率 (Minimum Attractive Rate of Return)

n 為期數，通常以一年為一期

S 為 n 年未之總額

R 為 n 年內連續每年償付或收回之固定金額

若目前投資金額為 P ，最低報酬率為 i ，則第一年之報酬為 Pxi ，第一年底之總額增為 $P(1+i)$ 。此一金額若繼續投資，至第二年底之總額為 $P(1+i)^2$ 。同理，若繼續投資，則至第 n 年底其總額為

$$S = P(1+i)^n = P[\text{spcf}(i, n)] \quad (3-1)$$

(3-1) 式中， $\text{spcf}(i, n)$ 稱為一次償付複利因子 (Single-Payment Compound-Amount Factor)。

由(3-1)式，若欲在第 n 年末獲得 S 之總額，則須在目前投資 P ，可表如下式：

$$P = S(1+i)^{-n} = S[\text{sppwf}(i, n)] \quad (3-2)$$

(3-2) 式中， $\text{sppwf}(i, n)$ 稱為一次償付現值因子 (Single-Payment Present-Worth Factor)， $(1+i)^{-1}$ 稱為貼現因子 (Discount Factor)。

若投資的方式為每年均投資固定的金額 R ，則第 n 年底之總額即為各年投資複利額之總和。第一年底之投資經 $(n-1)$ 年之獲利，其第 n 年底之總額為 $R(1+i)^{n-1}$ ；第二年底之投資賺取 $(n-2)$ 年之報酬，其第 n 年底之總額為 $R(1+i)^{n-2}$ ；其餘亦可依同理類推。因此連續 n 年之定額投資，至第 n 年底之總和可用以下的幾何級數表示：

$$S = R(1+i)^{n-1} + R(1+i)^{n-2} + \dots + R(1+i) + R$$

$$= R[1 + (1+i) + \dots + (1+i)^{n-1}]$$

$$= R \frac{(1+i)^n - 1}{i} = R[\text{uscaf}(i, n)] \quad (3-3)$$

(3-3) 式中， $\text{uscaf}(i, n)$ 稱為定額複利因子 (Uniform-Series Compound-Amount Factor)。同樣地，由(3-3)式中， R 可表為 S 的函數，如下式所示：

$$R = S \frac{i}{(1+i)^n - 1} = S[\text{sdfd}(i, n)] \quad (3-4)$$

(3-4) 式中， $\text{sdfd}(i, n)$ 稱為基金存儲因子 (Sinking-Fund Deposit Factor)。

由(3-1)式與(3-3)式，可得到投資現值 P 與定額投資 R 之關係式。

$$S = P(1+i)^n = R \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$P = R \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = R[\text{uspwf}(i, n)] \quad (3-5)$$

(3-5) 式中， $\text{uspwf}(i, n)$ 稱為定額現值因子 (Uniform-Series Present-Worth Factor)。(3-5) 式亦可改寫為(3-6)式。

$$R = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = P[\text{crf}(i, n)] \quad (3-6)$$

(3-6) 式中， $crf(i, n)$ 稱為資金還原因子(Capital Recovery Factor)。

上述六個換算因子整理於表3-1 中。此六個因子乃為對不同方案作經濟比較所需經常使用之基本算式。

表 3-1 調整時間之貨幣數額換算因子表

已知	求算	換算因子
P	S	$s_{pcaf}(i, n) = \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$
S	P	$s_{ppwf}(i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$
R	S	$u_{scaf}(i, n) = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$
S	R	$s_{fdf}(i, n) = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$
R	P	$u_{spwf}(i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$
P	R	$crf(i, n) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$

P: 投資總額

S: m年內總額

R: m年內逐年平均付成之固定金額

有關經濟分析之方法中較常用者有以下四種：

1. 等額年值法 (Equivalent Uniform Annual Worth Method)

此法係將分析期間中任一時間所發生的成本與利益均換算為等額之年值，再比較年成本與年利益，即可得年淨利 (Net Annual Benefit)。凡年淨利為正者即為經濟可行之方案，因為在最低報酬下，經濟利益大於成本。
2. 現值法 (Present Worth Method)

此法將分析期間所發生之任何成本與利益均換算為現值，再將總利益之現值減去總成本之現值即為淨現值 (Net Present Value)。各方案中淨現值為正者均屬經濟可行，因為其獲利能力已超出最低報酬率。
3. 益本比法 (Benefit-Cost-Ratio Method)

此法乃將分析期間之所有利益與成本皆換算為同一時間之數值，均可為現值或為等額年值，再計算利益與成本之比值 (B/C)。若 $B/C \geq 1.0$ 即為經濟可行，若 $B/C < 1.0$ 則表示其獲利能力小於最低報酬率。此一方法一直廣受採用。
4. 內生報酬率法 (Internal Rate of Return Method)

應用前述三種方法作經濟分析前，須先決定最低報酬率 i 之數值，然而 i 值之決定並非易事，且常引發爭議。一般而言， i 值應反映資金的機會成本 (Opportunity Cost) 及投資之風險。換言之，若資金的來源不同，則 i 值亦不同；若資金係由其他事業中抽調，則 i 值自應大於原事業之獲利率。又如在石油工業中，鑽探部門之風險顯然較提煉部門為高，因此前者之 i 值理當較後者為大。

雖然 i 值之決定屬於決策者之權責，但有的為了避開此一困惑的問題，而以求算方案本身的獲利能力作為替代，此即為內生報酬率法之內涵。

此一方法係將報酬率設為未知數，再將分析期間之所有成本與利益全部換算為現值或等額年值，然後令成本與利益相等，即可由等式中求得報酬率，亦稱內生報酬率。

當投資方案不祇一個時，經由上述方法之分析結果並不一定完全相同。例如有A、B兩個替選方案，其利益現值、成本現值、淨現值及益本比如下表所示：

方案	利益現值	成本現值	淨現值	B/C
A	3.6百萬元	2.4百萬元	1.2百萬元	1.50
B	5.8百萬元	4.4百萬元	1.4百萬元	1.32

若依淨現值之大小予以比較，顯然B案比A案為佳，但若依B/C 比予以比較，則A案優於B案。此種不一致的情形可進一步以增量分析法 (Incremental Analysis) 加以釐清。此方法之基本假設為：投資者除了所列出的替選方案之外，並無其他選擇，而且其資金除了投資於替選方案之一外，剩餘資金則存放於保險箱中，毫無利息所得。今假設某投資者之資金總額為4.4百萬元，其投資策略共有以下兩種：

1. 以2.4百萬元投資於A案而獲得3.6百萬元之利益，剩餘之2.0百萬元則存放於保險箱中。
2. 以4.4百萬元全數投資於B案而獲得5.8百萬元之利益。

第1種策略之利益現值總數為3.6百萬元+2.0百萬元=5.6百萬元，第2種策略之利益現值總數為5.8百萬元，因此第2種策略在經濟上顯然較佳。此結果亦可解釋為：第2種策略比第1種策略之成本增量 (Incremental Cost) 為2.0百萬元，但其利益增量 (Incremental Benefit) 2.2百萬元比成本增量為大，亦即增量之B/C值大於1。由前述說明可知，當兩個方案皆為經濟可行時，則其增量B/C值之分析步驟如下：

Incremental Benefit - Cost Ratio

1. 將各替選方案依其投資成本之數額由小而大排列。
2. 計算最前面兩個方案之增量B/C值，如果大於1則選擇成本較大的方案而捨棄另一方案，否則選擇成本較小的方案而捨棄成本較大的方案。
3. 將所選擇之方案再與下一個方案比較，其方法與第2步驟相同。
4. 重複以上步驟直至全部方案皆比較完畢為止，則可獲得經濟上最佳的方案。

以下舉兩例說明上述四種經濟分析方法之計算：

〔例1〕假設在甲、乙兩地之間擬建造一條快速公路，其替選方案有二：一為海線，一為山線。海線公路之長度為20公里，初置成本 (Initial Cost) 為475,000,000元，每年的運作與維修支出為200,000元/公里，又每隔十年須翻修路面，每次翻修之費用為85,000,000元。

山線公路的長度僅為15公里，但由於地形崎嶇，建造費用達737,500,000元，每十年之路面翻修費用為65,000,000元，每年的運作與維修支出為250,000元/公里。

兩條替選公路之平均行車速率均為80公里/時，平均每日交通量為5,000輛，其中20%為大型車。行駛時間之成本為：大型車500元/時，小型車200元/時。每單位距離之行駛成本為：大型車25元/公里，小型車6元/公里。假設兩條公路的使用年限均為30年，且其殘值 (Salvage Value) 均為零，資金的最小報酬率為7%。試以經濟分析求出較佳之方案。

1. 等額年值法

● 海線公路

建造、路面翻修及每年運作、維修費用之年成本為

$$\{475,000,000 + 85,000,000 [sppwf(7\%, 10yr)] + sppwf$$

$$\begin{aligned}
 & \{ (7\%, 20\text{yr}) \} \} \text{ crf } (7\%, 30\text{yr}) + 200,000 \text{ (20)} \\
 = & \{ 475,000,000 + 85,000,000 [0.508 + 0.258] \} \times 0.0806 \\
 & + 4,000,000 \\
 = & 47,532,866 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

使用者之年成本為：

$$\begin{aligned}
 \text{時間成本} = & [(5,000)(365)(20/80)] [0.2 (500) + 0.8 \\
 & (200)] \\
 = & 118,625,000 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{距離成本} = & [(5,000)(365)(20)] [0.2 (25) + 0.8 (6)] \\
 = & 357,700,000 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{使用者之年成本總和為 } & 118,625,000 + 357,500,000 \\
 = & 476,325,000 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

● 山線公路

建造、路面翻修及每年運作、維修費用之年成本為

$$\begin{aligned}
 & \{ 737,500,000 + 65,000,000 [\text{sppwf } (7\%, 10\text{yr}) + \text{sppwf} \\
 & (7\%, 20\text{yr})] \} \text{ crf } (7\%, 30\text{yr}) + 250,000 \text{ (15)} \\
 = & \{ 737,500,000 + 65,000,000 [0.508 + 0.258] \} (0.0806) \\
 & + 3,750,000 \\
 = & 67,205,570 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

使用者之年成本為：

$$\begin{aligned}
 \text{時間成本} = & [(5,000)(365)(15/80)] [0.2 (500) + 0.8 \\
 & (200)] \\
 = & 88,968,750 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{距離成本} = & [(5,000)(365)(15)] [0.2 (25) + 0.8 (6)] \\
 = & 268,275,000 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{使用者之年成本總和為 } & 88,968,750 + 268,275,000 \\
 = & 357,243,750 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

● 兩條路線之經濟比較

山線公路比海線公路在建造、翻修、運作、維修費用上增多之年值為

$$67,205,570 - 47,532,866 = 19,672,704 \text{ 元}$$

山線公路比海線公路在使用者年成本上可減少

$$476,325,000 - 357,243,750 = 119,081,250 \text{ 元}$$

$$119,081,250 \text{ 元} > 19,672,704 \text{ 元}$$

∴ 選擇山線公路在經濟上較為有利

2. 現值法

● 海線公路

建造、路面翻修及每年運作、維修費用之現值為

$$\begin{aligned}
 & \{ 475,000,000 + 85,000,000 [\text{sppwf } (7\%, 10\text{yr}) + \text{sppwf} \\
 & (7\%, 20\text{yr})] \} + 200,000 \text{ (20)} \text{ uspwf } (7\%, 30\text{yr}) \\
 = & 540,110,000 + 200,000 \text{ (20)} (12.409) \\
 = & 589,746,000 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

使用者之本現值為

$$\begin{aligned} \text{時間成本} &= [(5,000)(365)(20/80)] [0.2(500) + 0.8(200)] \text{ uspwf } (7\%, 30\text{yr}) \\ &= 1,472,017,600 \text{ 元} \\ \text{距離成本} &= [(5,000)(365)(20)] [0.2(25) + 0.8(6)] \text{ uspwf } (7\%, 30\text{yr}) \\ &= 4,438,699,300 \text{ 元} \end{aligned}$$

使用者成本現值之總和為 5,910,716,900 元

● 山線公路

建造、路面翻修及每年運作、維修費用之現值為

$$\begin{aligned} &\{737,500,000 + 65,000,000 [\text{sppwf } (7\%, 10\text{yr}) + \text{sppwf } (7\%, 20\text{yr})]\} + 250,000 (15) \text{ uspwf } (7\%, 30\text{yr}) \\ &= 787,290,000 + 3,750,000 (12.409) \\ &= 833,823,750 \text{ 元} \end{aligned}$$

使用者之成本現值為：

$$\begin{aligned} \text{時間成本} &= [(5,000)(365)(15/80)] [0.2(500) + 0.8(200)] \text{ uspwf } (7\%, 30\text{yr}) \\ &= 1,104,013,200 \text{ 元} \\ \text{距離成本} &= [(5,000)(365)(15)] [0.2(25) + 0.8(6)] \text{ uspwf } (7\%, 30\text{yr}) \\ &= 3,329,024,400 \text{ 元} \end{aligned}$$

使用者成本現值之總和為 4,433,037,600 元

● 兩條路線之經濟比較

$$833,823,750 - 589,746,000 = 244,077,750 \text{ 元}$$

$$5,910,716,900 - 4,433,037,600 = 1,477,679,300 \text{ 元}$$

$$1,477,679,300 \text{ 元} > 244,077,750 \text{ 元}$$

∴ 選擇山線公路在經濟上較為有利

3. 益本比法

山線公路對海線公路：

$$\text{等額年值之益本比} = \frac{119,081,250}{19,672,704} = 6.05 > 1$$

或
Same Ratio

$$\text{現值之益本比} = \frac{1,477,679,300}{244,077,750} = 6.05 > 1$$

∴ 選擇山線公路在經濟上較為有利

[例 2] 有一鐵路平交道經常發生交通阻塞，為了消除此交通瓶頸，擬將公路高架，其建造費用為 300,000,000 元，經濟壽命為 30 年，每年的維修費用為 800,000 元。其效益為每天每輛車平均可減少延滯成本 10 元，每天的雙向交通量為 20,000 輛。試求此高架公路案之內生報酬率。

先試 $i = 20\%$

效益現值-成本現值

$$\begin{aligned}
 &= [10(20,000)(365)] \text{ uspwf}(20\%, 30\text{yr}) - [300,000,000 \\
 &\quad + 800,000 \text{ uspwf}(20\%, 30\text{yr})] \\
 &= 73,000,000(4.979) - [300,000,000 + 800,000(4.979)] \\
 &= 363,467,000 - 303,983,200 \\
 &= 59,483,800 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

再試 $i = 25\%$

$$\begin{aligned}
 &\text{效益現值-成本現值} \\
 &= [10(20,000)(365)] \text{ uspwf}(25\%, 30\text{yr}) - [300,000,000 \\
 &\quad + 800,000 \text{ uspwf}(25\%, 30\text{yr})] \\
 &= 73,000,000(3.995) - [300,000,000 + 800,000(3.995)] \\
 &= 291,635,000 - 303,196,000 \\
 &= -11,561,000 \text{ 元}
 \end{aligned}$$

以內插法求內生報酬率 i

$$\begin{aligned}
 i &= 20\% + 5\% \left(\frac{59,483,800}{59,483,800 + 11,561,000} \right) \\
 &= 20\% + 5\% (0.837) \\
 &= 24.19\%
 \end{aligned}$$

前述之經濟分析方法雖然廣受採用，但其分析對象難免不夠周全。換言之，利益成本分析僅能針對可貨幣化之層面進行比較。由於受運輸系統所影響的環境既複雜又具多元性，其中許多屬性之影響效果如景觀、舒適、噪音、環境污染等效應均難以貨幣化，因此僅以經濟評估所提出之方案並不能對多元性的效應作整體性的評價與整合，此一作業方式遭受翻案之先例並不在少數。

此外，經濟分析的方法尚隱含一個頗具爭議性的問題，此為當選用高數值的報酬率，且方案的分析期間甚長時，則不論成本或利益，經折換為現值之後會大幅減少。因此部分學者認為，在高報酬率且長分析期間之條件下，評估的結果極可能出現不合理的情況；高報酬率僅能用於短期間之分析。

3.4.2 評分曲線法 (Value Profile Method)

此為多向度 (Multidimension) 評估方法之一。其步驟為：

1. 依據規劃目標與標的列出每一評估項目。
2. 分析各替選方案在每一評估項目之影響效應。
3. 設定評分之範圍，並對第2步驟之影響效應逐一評定得點。評分標準可由正面效應評定，亦可由負面效應評定。
4. 將各替選方案在每一評估項目之得點標示於座標圖上，再予以連接，即得各替選方案之評分曲線圖。
5. 以目視法從各方案之評分曲線圖判定最佳方案。

圖3-2 為此一方法之說明例。此法之優點為由曲線圖很明顯即可辨別何者較優，何者較劣，即使對外行人亦少有困難。然而此法之缺點則為對每一評估項目均以相等的重要性看待。由圖3-2 可看出，C 案在每一評估項目之得點均低於A 案，因此可將C 案捨去，再比較A 案與B 案；由於A 案的曲線圖大部分在B 案之上，亦即A 案的大部分評估項目得點優於B 案，僅少部分評估項目的得點較B 案為差，因此三案中以A 案為最佳。

由於此一方法並未列出各評估項目之相對關係 (即名次)，亦未分析其絕對關係 (即權重)，因此其圖形僅可稱為對評估問題的視覺陳述，而尚難以稱為完整的解題程序。