

# 林業計畫之成本效益分析

台灣大學森林環資系 鄭欽龍教授

## 一、前言

林業經常是長期的投資計畫，以人工造林為例，所謂「十年樹木」，在開始造林時需要育苗、整地、栽植、補植、除草，這些支出金額不少，而等待林木成熟可供伐採，需十數年或數十年才有收益。因此，在造林之前就需評估此一投資計畫，比較計畫的收益是否高於支出。若「利不及費」，寧不進行此計畫。或將此造林經費用於收益大於高支出的計畫。即使政府的林業計畫也需要進行成本效益評估，以避免無效率的計畫排擠其他計畫經費，並使有限的預算發揮更大的社會效益。政府的林業計畫可用社會成本效益分析(social cost-benefit analysis)的角度，將國土保安、自然保育和景觀等非市場財貨(non-market goods)的社會效益計入。

投資計畫的成本效益分析之功能有二：(1)系統化的分析初始的投資計畫，必要時並修正計畫或提出替代計畫，再從其中選擇最適的計畫來執行，使投資效益最大，(2)若同時有多項投資計畫，藉由分析排出各項計畫的優先順序，再依序分配預算，使全部預算產生的效益最大。

## 二、折現的概念

林業計畫的投資期限甚長，計畫初期有支出，後期才有收益，而發生在不同時點上的成本或效益，即使金額相等但實際價值並不相同<sup>1</sup>，所以不同時間點成本和效益的貨幣價值不能直接加減，需先轉換成現值(present value)後才能計算。所謂現值就是以現在時點（即計畫預訂執行的首年）為基準的價值，而其他時點的貨幣價值都需折現(discount)成為現值。折現的計算式如下<sup>2</sup>：

$$V_0 = V_t / (1+r)^t; V_0 = \text{現值}, V_t = \text{未來值}, r = \text{折現率}, t = \text{時間}$$

未來值隨折現率愈大及時間距離現在愈遠而折現後的現值愈小。折現率，也視同於投資計畫的要求報酬率(required rate of return)，其大小取決於：(1)市場資金利率和(2)計畫風險<sup>3</sup>。利率和風險愈高，則折現率愈高。

## 三、現金流量分析

投資計畫在不同的時點發生支出和收益，在進行成本效益分析時，先將整個計畫期程，按期（按年或按月）估計各期發生的支出和收益的金額，建立此計畫的現金流量表(cash flow table)。一般又稱成本為現金流出量（cash outflow），收

<sup>1</sup>例如，某甲年薪百萬，若兩種支薪方式：(1)年初得1百萬元，(2)年底得1百萬元，對某甲而言，應以第一種支薪方式有利。

<sup>2</sup> 附件一列有更多的計算公式。

<sup>3</sup>投資於低風險的計畫，如銀行存款的報酬率低，而投資於高風險的計畫，如高科技事業、買賣股票，預期有高報酬率，否則投資者不願負擔虧本的風險。

益為現金流入量 (cash inflow)，然後將各年的現金流出量和流入量分別折現加總之後，再比較收益是否高於支出。此方法稱現金流量分析 (cash flow analysis)。

現金流量分析常用的指標有三種：淨現值 (NPV)，益本比 (B/C ratio)、內部報酬率 (IRR)。其計算式分列如下：

1. 淨現值  $NPV = \sum[Bt/(1+r)^t] - \sum[Ct/(1+r)^t] = \sum[(Bt-Ct)/(1+r)^t]$
2. 益本比  $B/C \text{ ratio} = \sum[Bt/(1+r)^t] / \sum[Ct/(1+r)^t]$
3. 內部報酬率 IRR :  $r^*$  such that  $NPV = \sum[(Bt-Ct)/(1+r^*)^t] = 0$

以上 Bt、Ct 為 t 期的收益和支出，r 與 t 同上， $1/(1+r)^t$  為折現因子。

由上式可見，淨現值的意義為：各期收益折現的總和減去各期支出折現的總和，或各期淨收益 (即收益減去支出) 折現的總和，亦即是以現值表示的計畫淨收益。淨現值大於 0 表示以現值計算的投資效益高於成本。淨現值小於 0 表示投資效益低於成本，而淨現值等於 0，表示投資損益兩平。

益本比的意義為：各期收益折現總和除以各期支出折現總和，亦即以現值計算的收益相對於支出的比率，或每一元現值支出的相對收益。益本比大於 1 表示每一元現值支出的相對收益大於 1 元，同時淨現值亦大於 0。益本比等於 1 表示每一元現值支出的相對收益等於 1 元，亦即淨現值等於 0。益本比小於 1 表示每一元現值支出的相對收益小於 1 元，此時淨現值亦小於 0。

內部報酬率是指使淨現值為零的折現率。若投資計畫的要求報酬率 (即折現率) 小於內部報酬率，則此計畫的淨現值大於 0；反之，若要求報酬率大於內部報酬率，則此計畫的淨現值小於 0。

以下以行道樹苗培育計畫為例，計算其淨現值、益本比、內部報酬率。

### (一) 現金流量分析的計算

#### 1 現金流量表

單位：千元

年度	0	1	2	3	4	5	合計
支出	100	40	40	20	20	20	
收益	0	0	0	30	80	200	
淨收益	-100	-40	-40	10	60	180	
折現因子 @6%	1.0	0.9433	0.8899	0.8396	0.7921	0.7473	
淨收益現值	-100.0	-37.74	-35.60	8.40	47.53	134.51	17.10

2.  $NPV = \sum[(Bt-Ct)/(1+r)^t] @6\% \quad NPV=17.10$  (千元)

#### 3 B/C ratio

年度	0	1	2	3	4	5	合計
支出現值	100.0	37.74	35.60	16.80	15.85	14.95	220.94
收益現值	0	0	0	25.19	63.37	149.46	238.02

$B/C \text{ ratio} = \sum[Bt/(1+r)^t] / \sum[Ct/(1+r)^t] @6\% \quad B/C \text{ ratio} = 220.94/238.02 = 1.08$

#### 4 IRR

年度	0	1	2	3	4	5	合計
淨收益	-100	-40	-40	10	60	180	
折現因子 @9%	1.0	0.9174	0.8417	0.7722	0.7084	0.6499	
淨收益現值	-100.0	-36.69	-33.67	7.72	42.51	116.99	-3.15

從以上可知，折現率=6%時，淨現值=17.10，折現率=9%時，淨現值=-3.15。利用三角形比例可估計內部報酬率如下：（註：或帶入不同折現率使淨現值趨近於0亦可）

$$17.10 : (17.10+3.15) = X : (9-6), \quad X=2.5333 \quad \text{IRR} = (6+2.5333)\% = 8.5333\%$$

#### （二）內部報酬率的另一解釋

內部報酬率的意義在直覺上不易理解。以下的現金流量表十分規則化，表示在期初投資K元，每期有固定收益I元，持續至投資計畫終了的第n期，在此期除了固定收益I元之外，也將期初投資金額K元回收<sup>4</sup>。若設定折現率 $r = I/K$ ，則此現金流量表的NPV=0，故其內部報酬率 = I/K。

時期	0	1	2	3	4	5	6	7			n
支出	K										
收益		I	I	I	I	I	I	I			I+K
淨收益	-K	I	I	I	I	I	I	I			I+K

因此，一投資計畫的內部報酬率若為i%（如12%），則可視同此一計畫期初投資每100元，以後每一期可收益i元（如12元），並於期末收回期初投資金額。

#### 四、風險評估

在學理上，所謂風險是指可用機率表示的不確定狀態，而無法以機率量化的不確定狀態則稱為不確定性。不過在一般用法中，兩者常混用並無嚴格區分。計畫的成本效益分析通常是在事前即要進行，以瞭解此計畫是否值得做；但事後常有與原先預估不同的狀況發生。因此在進行計畫的成本效益分析時，也需要評估可能會與事前預估狀況有所差別而導致的投資風險。尤其，造林投資計畫期限甚長，投資風險隨時間延長而更加難以事先預料。

##### （一）評估計畫風險的基本原則

1. 確認計畫風險的來源，給予適當範圍的估計值，但可以省略對於計畫影響輕微的風險，以免計算過於繁複
2. 在前項的估計值範圍內，分別帶入現金流量表，計算淨現值等指標，並比較

<sup>4</sup>銀行定存、政府公債和投資型保單的現金流量表大多是這一形式。

以上估計值的改變對於淨現值改變的敏感程度，即敏感度分析

3. 估計不同計畫風險之間的關聯性，一些比原先估計更差的情況可能同時發生<sup>5</sup>
4. 依據風險分析結果，針對主要風險，修訂計畫設計，以減低風險

#### (二) 計畫風險的主要來源

1. 技術變遷、自然災害及市場變化等導致生產量、供給量的改變
2. 因市場變化導致產品及生產要素（工資、能源、運輸等）的價格改變
3. 計畫進度的延遲

#### (三) 林業計畫風險的主要種類

1. 自然因素：如風災、火災、病蟲害等天然災害等使森林受損。
2. 技術和生產因素：如新的替代品生產技術（合板、塑膠製品）、資源回收技術（回收紙漿）、資源管理技術（測計、遙航測）、運輸條件的改變
3. 市場和經濟因素：利率、工資、土地價格、產品價格的變動
4. 人為因素：法令、政策的改變（如禁伐天然林、補助造林等）

#### (四) 敏感度分析

敏感度分析是針對計畫的主要風險進行評估，一般分析步驟如下：

1. 分析主要變數的改變，通常假設發生比原先預期更壞的情況，例如，產品價格下跌、生產成本上漲，然後以更壞情況下的價格、成本分析對計畫的、淨現值、益本比或內部報酬率 **IRR** 的影響
2. 分析計畫延遲的可能狀況，例如造林成林或完成建廠的時間延後，將使收益延後實現，而降低計畫的淨現值
3. 分析計畫目標改變的結果，例如喬林作業生產大材為主，改為中林作業同時生產大材和燃料材，或造林除生產木材外亦同時提供森林遊樂、國土保安和自然保育等環境財。

在敏感度分析中，常利用投資計畫損益平衡的門檻來計算出主要風險變數的門檻值（**threshold value**），再評估此一變數的計算值離此一門檻值有多少的「安全距離」，而判斷風險的大小。例如，折現率變動至何一門檻值，將使計畫的  $NPV = 0$ ，即計畫達到損益平衡的門檻，此折現率的門檻值即前述的內部報酬率，可用來區分計畫由盈轉虧的臨界值，可用來衡量計畫可承受折現率風險的門檻為何。此外，當產品價格下降至某一門檻時，產品銷售收益減少而使計畫的  $NPV = 0$ ，此一產品價格稱為成本價（**cost price**），亦即在此一產品價格門檻下，計畫的收益等於成本。因此，當產品銷售價格若高於成本價，則計畫的投資效益大於成本；反之，銷售價格若低於成本價，其投資效益小於成本。

計算主要風險變數門檻值的目的是以該變數的門檻值和其未來的可能變動範圍比較，並判斷若情況變壞而使此變數達到門檻值的可能性有多大。若此可能性大表示計畫風險高，反之，表示計畫風險小。

---

<sup>5</sup>例如，油價上漲導致工資上漲，提高生產成本，並進而引起通貨膨脹使產品價格上漲，但消費者對其需求減少，產品滯銷。

(五) 風險評估結果及處理

1. 改變計畫的設計：(1)改變計畫規模、(2)改變生產因素比例、(3)上游或下游整合、(4)增加計畫彈性(如增加時程的彈性)
2. 在計畫中建立保障：(1)購買保險 (2)提高安全係數 (3)提高風險貼水，去除高風險、低報酬的計畫 (4)降低產品之預期價格，提高計畫門檻

附件一 Formulas for the Basic Interest Rate Factors

**TABLE 4-3**  
**DECISION TREE FOR PRESENT VALUE AND FUTURE VALUE FORMULAS**  
 (First Payment at End of First Period. No Payment in Year 0.)

Number of payments	Time between payments	Evaluation period	Time of value	Formula	Formula name	Formula no. in text	
START	One	Terminating	Future	$V_n = V_0(1 + r)^n$	Future value* of an amount	(4-1)	
			Present	$V_0 = V_n/(1 + r)^n$	Present value of an amount	(4-2)	
	Series	Annual	Terminating	Future	$V_n = p \left[ \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right]$	Future value* of a terminating annual series	(4-11)
				Present	$V_0 = p \left[ \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} \right]$	Present value of a terminating annual series	(4-10)
		Perpetual	Future	$V_n = \text{infinity}$			
			Present	$V_0 = \frac{p}{r}$	Present value of a perpetual annual series	(4-8)	
		Periodic	Terminating	Future	$V_n = p \left[ \frac{(1 + r)^n - 1}{(1 + r)^t - 1} \right]$	Future value* of a terminating periodic series	(4-14)
				Present	$V_0 = p \left[ \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{(1 + r)^t - 1} \right]$	Present value of a terminating periodic series	(4-13)
	Perpetual		Future	$V_n = \text{infinity}$			
			Present	$V_0 = \frac{p}{(1 + r)^t - 1}$	Present value of a perpetual periodic series	(4-9)	

$r$  = annual interest rate/100. (If payments are fixed in real terms,  $r$  is real; if payments are fixed in nominal terms,  $r$  is nominal. See Chapter 5.)  
 $V_0$  = present value (or initial value)  
 $V_n$  = future value after  $n$  years (including interest)  
 $n$  = number of years of compounding or discounting  
 $p$  = amount of fixed payment each time in a series (occurring annually or every  $t$  years)  
 $t$  = number of years between periodic occurrences of  $p$

\*The future value of any terminating series is its present value formula times  $(1 + r)^n$ .  
 Adapted from Gunter and Haney (1978), by permission.