

BOT 專案管理長期市場風險之價值分析

陳博亮¹、陳敏河²、邱瑞雄²、熊慧娟³

¹聯合大學土木與防災工程學系副教授

²聯合大學土木與防災工程學系研究生

³聯合大學土木與防災工程學系兼任講師

摘要

BOT 模式在國際上已成為各國政府促進國家經濟發展及投資基礎建設之重要方法。大型 BOT 案常具備高風險投資變數，包括政治與經濟不穩定、社會、科技及非財務因子等，均會顯著影響這種長期的投資案。計畫階段之專案財務計畫評估，有關風險及機率兩項因子，應特別予以重視，以分散風險、降低風險、進而控制風險。本研究對於 BOT 專案財務計畫評估、二項式定價公式及選擇權之應用，配合研究案例與結論，說明計畫階段財務計畫評估考量重點，期望建構一個具彈性與權變的模式，量化傳統資本評價模式所忽略的營運彈性價值，並借由選擇權之應用及對政府之談判，事先取得明確有利的營運彈性，確保投資獲利之目的。

關鍵詞：CRR 模式、實質選擇權

第一章 前言

BOT 模式公共建設大多有投資金額大、計畫年期長、風險因子眾多、投資不可分割等特色，且私部門風險承擔能力比較薄弱。因此，必須由公私部門透過協商機制來共同擬定合理的契約設計，讓投資人擁有營運彈性的自主權。但過去缺乏估算此營運彈性合理價值之依據。BOT 計畫之投資價值，隱含著民間內部管理效能的選擇權價值，且存在著很大的不確定性。無法配合市場變化對財務計畫作彈性的修正，可能使投資人喪失投資機會或輕忽營運風險。本研究擬用 CRR 模式分析 BOT 案之選擇權價值，期望建構一個具彈性與權變的模式，量化傳統資本評價模式所忽略的營運彈性價值。

本研究利用熊慧娟(2007)所建立之專案財務分析模型(PFEM)，由 PI 指標評估專案可行性，另利用敏感度分析求得關鍵因子。再給定因子條件及機率進行蒙特卡羅模擬，結合 CRR 模式及選擇權價值理論，求得最適投資組合及最適投資時機，並算出不同投資組合之選擇權價值。

本研究基本假設參數值資料來源為：中台開發股份有限公司之投資開發計畫書及與該公司負責人訪談之記錄。另礙於商業機密，詳細資料來源簡述如下表：

基本假設、參數相關數據表

資料來源：本研究彙整

I.特許年期		
項目	內容	備註
特許年	40 年	契約條件
興建期	2 年	契約條件
營運期	38 年	契約條件
寬限期	2 年	給定值
償還期 A-建物	20 年	給定值
償還期 B-設備	10 年	給定值
償還期 C-週轉金	2 年	給定值
II.出資比及報酬率		
項目	內容	備註
股東總出資比	51.792%	給定值
銀行總出資比	48.208%	給定值
股東權益報酬	10%	給定值
銀行貸款利率	5%	給定值
折現率 WACC	7.59%	求得數據(計算 SLR 用)
銀行出資比 A-建物	65%	給定值
銀行出資比 B-設備	50%	給定值
銀行出資比 C-週轉金	26.67%	給定值
股東出資金額	新台幣 431,054,235 元	
銀行融資金額	新台幣 401,232,865 元	
總投資金額	新台幣 832,287,100 元	
III.假設參數		
項目	內容	備註
通貨膨脹率	2.30%	(2006-09)平均值
重置比率	25%	給定值
建物使用年限(折舊)	40 年	折舊年限=特許年
設備使用年限(重置)	7 年	給定值
建物及設備殘值	0	給定值
IV.營運期間參數		
項目	內容	備註
葡萄酒年產量	2500000 瓶/年	給定值
廣告費占銷貨收入比率	5%	給定值
銷貨率	90%	給定值
V.稅務參數		
項目	內容	備註
營利事業所得稅	25%	促參法-前五年免稅

加值型營業稅	5%	放在營運成本
房屋稅 (縣府所有權本項略)	3%	3%~5%前五年減半

第二章 理論基礎與模式建構

2.1 PFEM 財務評估模式

本研究利用熊慧娟(2007)所建立之專案財務評估模型(PFEM)為本研究基礎財務分析模式。常用之評估指標計有淨現值 NPV(Net Present Value)、內部報酬率 IRR(Internal Rate of Return)、平均債務償還率(Average Debt Service Coverage Ratio)、平均利息保障倍數(Average Times Interest Earned)、平均總資產報酬率 AROA(Average Return On Assets)與平均股東權益報酬率(Average Return On Equity)等六種。

2.2 敏感度分析

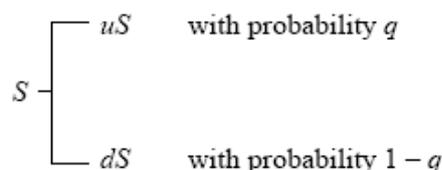
敏感度分析乃是將各風險評估因子加以一定範圍變動後，由該因子界定變動範圍內的不同值來產生預測的現金流量，再觀察現金流量對評估因子變動的敏感性，即計算因子變動所對投資計畫獲利能力的影響。

2.3 蒙地卡羅模擬

敏感度分析及情境分析，均為間斷型的風險分析，蒙地卡羅模擬進一步提供連續型的動態情境分析，更精確的分析風險特性，其結果非單一數值，而是預期報酬的機率分配。其主要目的是檢測在無其他資訊的狀況下，隨機變數如何影響系統模式之敏感度、評估績效或穩定度。

2.4 CRR 模式

假設股票價格遵循二項式倍數的離散時間過程，則每個時期可能得到的報酬率有兩個： $u-1$ 的機率 q ，或是 $d-1$ 的機率 $1-q$ 。因此，如果目前的股票價格是 S ，期末時股票價格將會是 uS 或 dS 。可以用下圖描繪這樣的變動。



假定利率是常數，模式裡沒有任何稅收、交易成本，或保證金的要求。

r 表示一期後的 $1+$ 無風險利率，令 $u>r>d$ 。為了解如何定價賣權，用最簡單的情況：到期日只有一期。 C 為買權的現值，若股票價值為 uS 則買權的期末價值為 C_u ，若股票價值為 dS 則買權的期末價值為 C_d 。因為買權現在只剩下一期，我們知道合約的期限及一個合理的行使策略 $C_u = \max[0, uS - K]$ 與 $C_d = \max[0, dS - K]$ 。

$$C \begin{cases} C_u = \max[0, uS - K] & \text{with probability } q \\ C_d = \max[0, dS - K] & \text{with probability } 1 - q \end{cases}$$

假設一個投資組合包含 Δ 的股票股權和金額 B 的無風險債券。成本為 $\Delta A + B$ 。在期末的時候，這個投資組合的價格為：

$$\Delta S + B \begin{cases} \Delta uS + rB & \text{with probability } q \\ \Delta dS + rB & \text{with probability } 1 - q \end{cases}$$

可以選擇任何的 Δ 和 B ，並假設與投資組合及賣權的期末價值相等。

$$\Delta uS + rB = C_u$$

$$\Delta dS + rB = C_d$$

求解這些方程式，會得到

$$\Delta = \frac{C_u - C_d}{(u - d)S}, \quad B = \frac{uC_d - dC_u}{(u - d)r}$$

包含 Δ 和 B 的這種選擇方式，我們稱為套利的投資組合。

如果一個套利方案，銷售額超過 $\Delta S + B$ 但不超過 $S - K$ ，這是套利的利潤來源。如果現在不行使這個權力，將能得到 ΔS 的股票和 B 的債券收益，如果行使這個權力，能得到 $S - K$ 的收益。

總結上述，可以得到以下的結論：如果有無風險的套利機會，會成為

$$C = \Delta S + B = \frac{C_u - C_d}{u - d} + \frac{uC_d - dC_u}{(u - d)r} = \left[\left(\frac{r - d}{u - d} \right) C_u + \left(\frac{u - r}{u - d} \right) C_d \right] / r$$

如果這個值大於 $S - K$ ，並且 $C = S - K$ 不成立。

方程式(2)可以簡化成

$$p \equiv \frac{r - d}{u - d} \quad \text{and} \quad 1 - p \equiv \frac{u - r}{u - d}$$

可以得

$$C = [pC_u + (1 - p)C_d] / r$$

另 $p \equiv (r - d)/(u - d)$ 永遠都是大於零小於壹，股票的期望報酬利率就是無風險利率，所以

$$q(uS) + (1 - q)(dS) = rS$$

$$q = (r - d)/(u - d) = p$$

因此，買權的期望回收報酬率必定和套利的投資組合相同。可以表示為 $\Delta \geq 0$ 和 $B \leq 0$ ，所以套利的投資組合相當於在股票的特殊槓桿平衡方法。

第三章 實證案例

3.1 案例介紹-埔里籃城觀光酒廠

本案申請基地位置位於南投縣埔里鎮北側梅溪河畔，為籃城段 281 等地號，縣府土地 5 公頃餘、私有土地 1.34 公頃合計 6.35 公頃。

3.2 實證研究步驟說明

1. 建構 PFEM 財務評估模式並計判讀專案可行性及其財務特性。
2. 利用敏感度分析方法，求得專案關鍵因子。
3. 利用蒙地卡羅模擬計算求得專案期望值及標準差。
4. 各方案規模設定並重複步驟 1 至步驟 3，計算各方案規模之期望值及標準差。藉由 CRR 模式計算各方案上揚、下跌之機率，展開各方案規模之機率及指標值。
5. 設定各方案規模擴建方式，利用情境模擬方法套入各案規模擴建方式並比較分析。
6. 利用實質選擇權理論，求得最適規模及最適投資時機。

3.3 實證分析

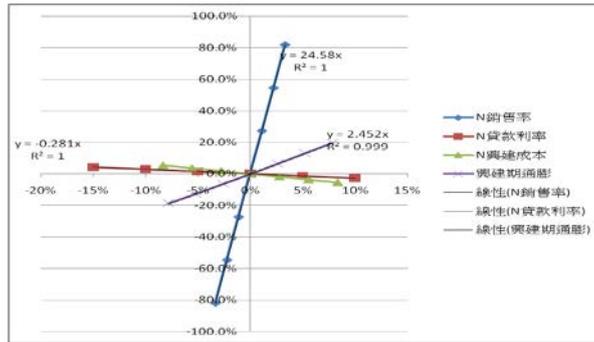
- 一、 建立原始規模(Base case)，用 PFEM 模式，評估六大財務指標，算出回本年並畫出現金流量圖，初步評估 Base case 之可行性。
- 二、 由原始規模(Base case)再細分為 1/2 規模及 2 倍規模共三種。同樣用 PFEM 模式，評估六大財務指標，算出回本年並畫出現金流量圖，初步評估三種個案之可行性。

各方案之現金流量圖彙整總表

	基本案(原始規模)	1/2 規模	2 倍規模
BC	822,512,100	543,020,590	1,288,619,360
NPV	337,253,368	244,927,206	518,792,148
IRR	15.32%	16.28%	15.03%
ADSCR	7.475	7.654	7.357
ATIE	49.085	50.046	49.197
AROA	19.698%	19.311%	20.482%
AROE	17.963%	17.559%	18.703%
SLR	2.26	2.30	2.29
回本年	17	14	17

3.4 敏感度分析

對 Base case 進行敏感度分析，本研究按投資人觀點，認為就觀光酒廠的個案特性而言，貸款利率、興建期通貨膨脹率、銷售率、興建成本 BC 等四因子，對營運現金流量影響較大，其他因子影響細微應可忽略。

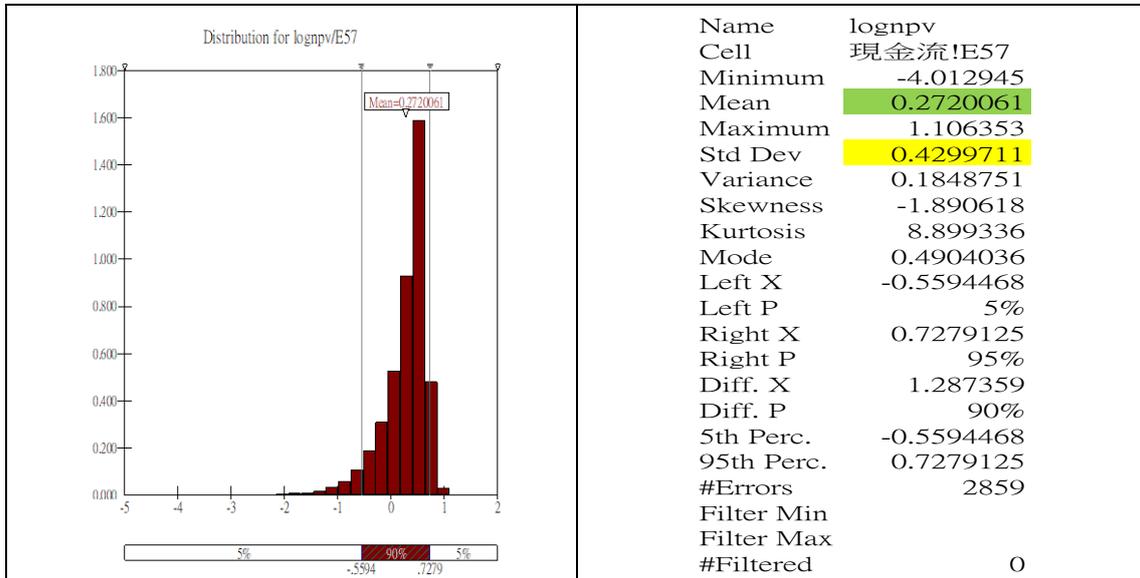


原始規模敏感度分析圖

3.5 蒙地卡羅模擬

本案經敏感度分析發現通貨膨脹率及銷售率為關鍵因子，因此以這二關鍵因子帶入作蒙地卡羅模擬，其他因子影響細微者忽略之。

經由電腦進行蒙地卡羅模擬分析，可得以下圖形：



原始規模蒙地卡羅分析結果

因為 NPV 的變動服從自然對數常態分配 $\ln S \sim N(\mu, \sigma^2)$ 是二項式的基本假設，故取自然對數以換算求得其標準差及變異數。並依據公式計算可得蒙地卡羅模擬分析之結果與數據，整理如下表，再藉由此數據進行本研究 CRR 模擬分析。

表 1 各案蒙地卡羅模擬結果數據表

	基本案(原始規模)	1/2 規模	2 倍規模
σ	10.64%	10.25%	11.09%
T	38	38	38
N	38	38	38
r	1.03	1.03	1.03
u	1.112	1.108	1.117
d	0.899	0.903	0.895

p	0.534	0.620	0.607
1-p	0.466	0.380	0.393

3.6 CRR 模擬

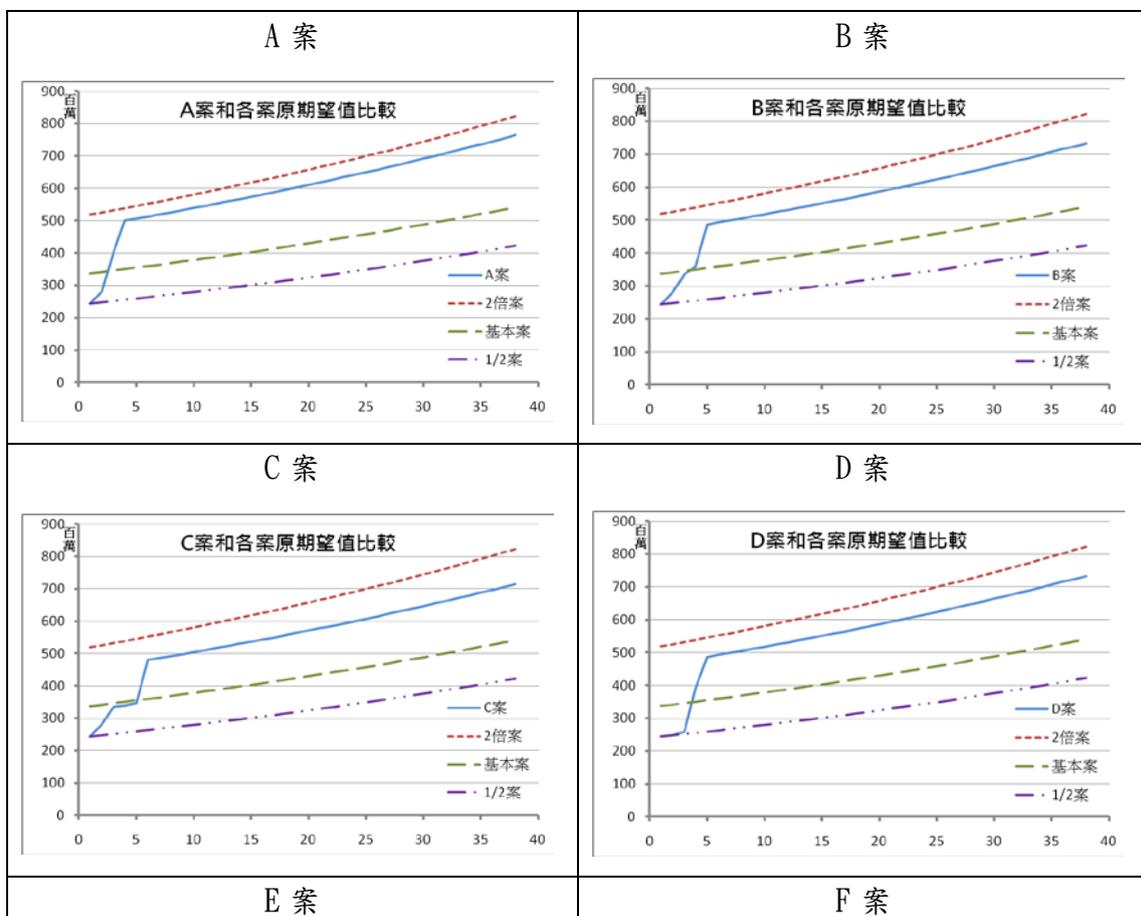
本研究主要探討為避險採取之分期興建的選擇權價值，一開始先縮小規模興建，俟景氣上揚再行擴建，因此只考慮上揚情境，景氣若下跌則維持現況，或甚至停止營運，不會產生選擇權價值。

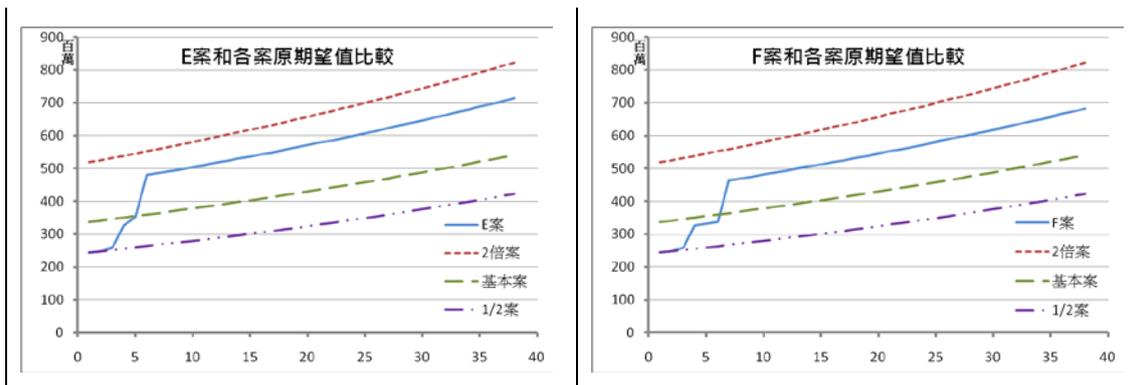
本研究經由蒙地卡羅模擬分析結果數據帶入 CRR 模擬分析，可得各方案規模之現金流量圖及其所對應之分布機率圖。

3.7 分析案例情境說明：

本研究擬算出各種不同組合之選擇權價值，並以下列 6 種模式組合計算其價值及現金流量圖(如下圖)。

- A 案：在第 2 年擴建為基本案，第 3 年擴建為 2 倍規模。
- B 案：在第 2 年擴建為基本案，第 4 年擴建為 2 倍規模。
- C 案：在第 2 年擴建為基本案，第 5 年擴建為 2 倍規模。
- D 案：在第 3 年擴建為基本案，第 4 年擴建為 2 倍規模。
- E 案：在第 3 年擴建為基本案，第 5 年擴建為 2 倍規模。
- F 案：在第 3 年擴建為基本案，第 6 年擴建為 2 倍規模。





個案分析價值及現金流量圖現金流量圖

不同年期擴建組合之選擇權價值

年期	1	2	3	4	5	6
A(2,3)	35,793,987	130,716,363	132,956,710			
B(2,4)	35,793,987	63,067,802		77,966,459		
C(2,5)	35,793,987	63,067,802			25,168,716	
D(3,4)	3,634,851		91,007,305	127,555,061		
E(3,5)	3,634,851		26,150,376		80,322,929	
F(3,6)	3,634,851		26,150,376			19,926,188

第四章 結論與建議

- (1) 各不同投資組合模式是為因應營運環境變更的替代方案，如同使用同等品之概念，而其使用時機及價值分析之量化，則為本研究之貢獻。
- (2) 不同的模式組合確實產生明顯的淨現值差額，分析結果以 A 模式(在第 2 年第一階段擴建，在第 3 年第二階段擴建)價值最高，在景氣上揚情況下連續擴建淨現值接近原兩倍案。若景氣下跌則維持原規模不再擴建，可減少損失。即計畫合約中加入營運彈性之條款，確實讓投資人可以分散風險、降低風險、進而控制風險，明顯提高 BOT 專案計畫之獲利。
- (3) 就投資者而言，分析不同投資組合模式的過程，可將各不同組合模式之結果事先量化並表列存檔，俟實際營運後，觀察營運環境及市場的實際變化，可依其內部財務狀況及業務量及人力資源分配做彈性調整。

五、參考文獻

1. 行政院經濟建設委員會<公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊，上下冊>，中華民國 97 年 10 月 (2008)。
2. 陳博亮、林志蒼、鄧振鴻、莊培坤、蔡宛螢，2008“運用財務方法改善學生宿舍 BOT 案投資效益與財務可行性之研究-以國立聯合大學學生宿舍為例”，建築學報第 65 期，p. 101~124，2008 年 9 月。
3. 陳博亮、林源鑫、鄭一俊、林志蒼、熊慧娟，2010“完全自償 BOT 專案融資案風險預測模式(DRM)之建構-以水力電廠為例”，建築學報(接受)。

4. Black, Fisher, and Scholes, Myron (1973), "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy*, 81(May-June), 637-654.
5. Cox, J. C., Ross, S. A., and Rubinstein, M. (1979), "*Option Pricing: A Simplified Approach*," *Journal of Financial Economics*, 7(September), 229-263.