

BOT 投資組合模式分析

陳博亮¹ 陳昭勳^{2*}

摘要

BOT 計畫常因既定合約的限制及經營環境的變化，導致計畫營收低於預期營收的風險狀況，使得計畫價值降低，造成投資者需要承擔過多風險。本研究為了降低投資者的投資風險，將實質選擇權導入 BOT 投資機制中，期望能提高投資效益，增加民間對 BOT 案投資意願及 BOT 案計畫財務可行性。

多事業體的投資組合模式可以有效降低投資分險，所以評估多事業體的投資組合是很重要投資問題。通常主體事業在評估選擇權價值前，會先藉由蒙地卡羅模擬，估算出計畫本身的風險，而計畫多了附屬事業時，實務界常以兩種不同方式來評估計畫風險係數，第一種是予以同一風險係數來表示其整體計畫的風險，再以此風險係數來評估整體計畫的選擇權價值，或將主體與附屬事業分開給予其風險係數，再分別評估主體及附屬事業的選擇權價值。

但兩種方式皆並未考慮主體與附屬事業會有其交互影響作用，因此，未考慮共變異數之效應，造成當計畫的共變異數為負值時，會高估報酬率變異數(計畫的風險)，進而造成選擇權價值因此被高估。同樣的，當計畫的共變異數為正值時，會低估報酬率變異數(計畫的風險)，進而造成選擇權價值因而被低估。本研究希望藉由加入主體及附屬事業報酬率的共變異數，來顯現更為準確的計畫價值。

關鍵詞：蒙地卡羅模擬、實質選擇權、共變異數

Beneficial Analysis of Project Portfolio on Infrastructure Projects

Abstract

Due to contract context and market change, operation risk of revenue shortage becomes possible. It will cause disfavor for project financial feasibility and to increase investor's unwanted project risk This study is aimed to apply real option on BOT projects to investigate the under estimate value which may increase the project intrinsic values.

¹ 國立聯合大學土木與防災工程學系，副教授，chenborliang@gmail.com

² 國立聯合大學土木與防災工程學系，碩士，ken08v@hotmail.com

There is no consideration of interaction between different projects among project portfolio. That is no interaction effect in the model. This might underestimate or overestimate the project value.

We introduce covariance of main project and annexed projects in this study. In which, hopefully, we could enhance the accuracy of estimation of project values.

Keywords : Monte Carlo simulation, Real option, Covariance.

一、前言

1.1 研究動機與目的

許多 BOT 計畫有附屬事業，且常以其附屬事業來提升整體計畫 NPV，例如台灣大學及成功大學的 BOT 宿舍案，皆有附屬停車場來提升計畫價值，而主體與附屬事業在評估選擇權價值時，常以兩種不同給予風險係數的方式來評估，第一種是予以同一風險係數(報酬率變異數)來表示其整體計畫的風險，再以此風險係數來評估整體計畫的選擇權價值，或將主體與附屬事業分開給予其風險係數，再分別評估主體及附屬事業的選擇權價值。

以聯大八甲校區學生宿舍 BOT 計畫案的學生宿舍做為主體事業，加上一間餐廳做為其附屬事業，一般而言加入附屬事業能增加其收益，主體事業收益增加，附屬事業亦會增加其收益，讓其相輔相成。但若是主體事業減少收益，附屬事業也減少收益，這將會使投資風險相對提高，所以若是主體事業減少收益時，附屬事業反倒能增加其收益，這樣即能幫助計畫降低風險。

1.2 研究架構與流程

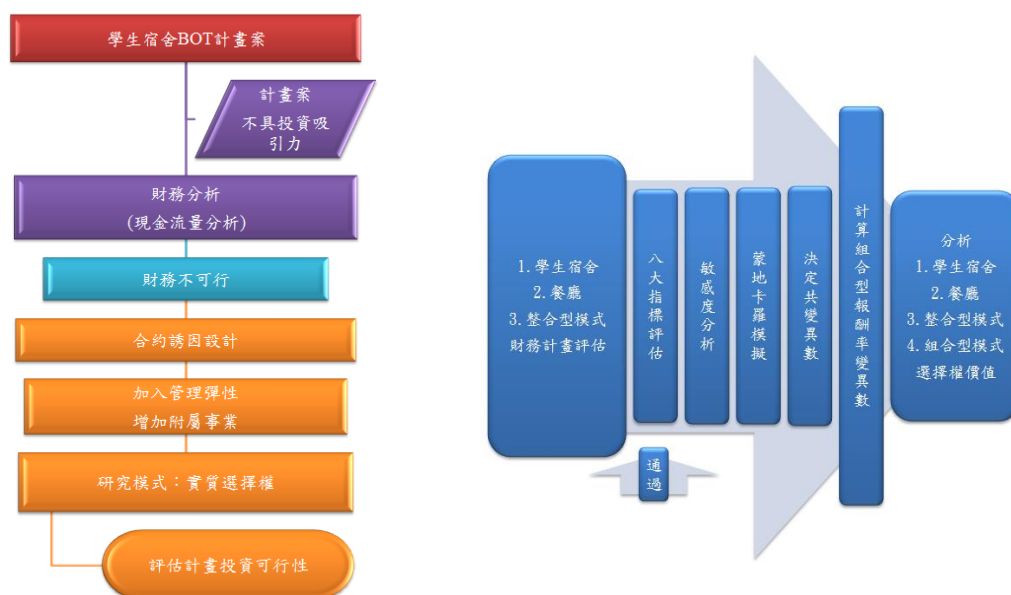


圖 1 研究架構及流程圖

二、模式建構

2.1 實質選擇權評價

$$C = S \times N(d_1) - K \times e^{-rT} \times N(d_2)$$

其中， S 為 V_0 代表案例裡目前的淨現值， K 則為 V_T 代表案例完成時的淨現值，

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V_0}{V_T}\right) + \left(\gamma + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad \text{式(1)}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V_0}{V_T}\right) + \left(\gamma - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad \text{式(2)}$$

2.2 主體事業與附屬事業間共變異數

一般而言，在計算整合型計畫時，風險是用蒙地卡羅模擬求得，因此，未考慮共變異數之效應，造成當計畫的共變異數為負值時會高估計畫的風險，進而造成選擇權價值高估。同樣的，當計畫的共變異數為正值時會高估計畫的風險，進而造成選擇權價值低估。

過去，常將主體事業與附屬事業直接進行整合，進行估算。 NPV_1 為主體事業、 NPV_2 為附屬事業、 NPV_B 為整合型模式。

$$NPV_B = NPV_1 + NPV_2 \quad \text{式(3)}$$

$$E\left(\frac{NPV_B}{NPV_0}\right) \quad \sigma_B\left(\frac{NPV_B}{NPV_0}\right) \quad \text{式(4)}$$

而在本研究裡，提出組合型模式 NPV_P ，組合型增加共變數 COV_{12} 。

$$NPV_P = NPV_1 + NPV_2 \quad \text{式(5)}$$

$$\sigma_P^2 = \sigma_1^2 W_1^2 + \sigma_2^2 W_2^2 + W_1 W_2 2COV_{12} \quad \text{式(6)}$$

$$W_1 = \frac{NPV_1}{NPV_1 + NPV_2} \quad \text{式(7)}$$

$$W_2 = \frac{NPV_2}{NPV_1 + NPV_2} \quad \text{式(8)}$$

藉由蒙地卡羅模擬可以求得主體事業的報酬率變異數 σ_1 、附屬事業的報酬率變異數 σ_2 以及整合型的報酬率變異數 σ_B 。而組合型的報酬率變異數 σ_P 則需要先分開計算主體、附屬事業報酬率變異術後，加入共變數 COV_{12} ，才能求得。

三、實證案例

3.1 基本假設參數

一、學生宿舍

表 1 學生宿舍基本假設參數

	項目	數量		單價 (元/坪)	總價
		坪數	M ²		
直接 成本	結構體興建成本	4738.5	15637.05	52,000	246,402,000
	機電設備	4738.5	15637.05	12,000	56,862,000
	裝修設備	4738.5	15637.05	6,000	28,431,000
	衛浴設備	610		40,000	24,400,000
	景觀工程	4738.5	15637.05	4,000	18,954,000
	小計	375,049,000			
	平均興建成本	79,149(坪/元)			

二、餐廳

表 2 餐廳基本假設參數

興建成本					
項目	每坪單價(元)		坪數(坪)	小計(元)	
餐廳興建成本	70,000		3,000	210,000,000	
興建成本總計	210,000,000				
營運收入					
項目	單價 (元)	桌數 (桌)	每日車輛 (輛)	營運天數 (天)	小計 (元)
營運收入	2,000	4	50	329	131,600,000
總計					131,600,000
營運支出					
項目	單價 (元)	桌數 (桌)	每日車輛數 (輛)	營運天數 (天)	小計 (元)
營運支出	1,000	4	50	329	65,800,000
總計					65,800,000

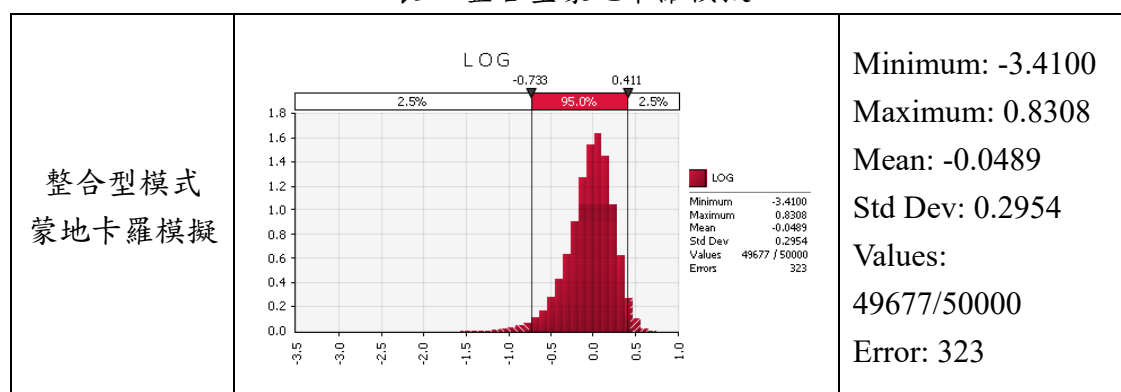
3.2 蒙地卡羅模擬

在本研究的蒙地卡羅模擬分析使用@RISK 軟體進行，將經過敏感度分析後得到的敏感因子放入其中，進行五萬次蒙地卡羅模擬，模擬出考慮敏感因子後的期望 NPV 值以及標準差。

將蒙地卡羅模擬得到的 NPV_n 除以未模擬的 NPV₀，再取 log，即為這 n 年的

獲利率。

表 3 整合型蒙地卡羅模擬



3.3 選擇權價值

使用下表 4 分別就學生宿舍、餐廳、整合型及組成型四個案例進行選擇權評估，未來淨現值(NPVn)皆以價平來評估，而報酬率變異數(σ)則以蒙地卡羅模擬分析結果來表示，另外組成型則加上共變數進行加權後，來表示其報酬率變異數，無風險報酬率(γ)皆為民國 95 年到民國 100 年政府公債平均值，而年限則以 38 年來進行評估。

表 4 選擇權模擬分析參數

	學生宿舍	餐廳	整合型	組成型
NPV ₀ (S)	20,101,236	469,664,486	489,765,721	489,765,721
NPV _n (K)	20,101,236	469,664,486	489,765,721	489,765,721
報酬率變異數(σ)	50.45%	25.74%	29.54%	24.675%
無風險利率(γ)	2%	2%	2%	2%
年限(T)	38	38	38	38

選擇權評估結果如下表 5，學生宿舍的選擇權價值最小為新台幣 18,484,924 元，而整合型價值最大為新台幣 373,426,009 元。而選擇權成長幅度則是組成型 71.05%為最小，學生宿舍 91.96%為最大。

表 5 各案例選擇權價值比較表

	學生宿舍	餐廳	整合型	組成型
選擇權價值(C)	18,484,924	339,211,932	373,426,009	347,974,916
成長幅度(C/S)	91.96%	72.22%	76.25%	71.05%
d_1	1.7993506	1.2723355	1.3278444	1.2601831
d_2	-1.3105963	-0.3143846	-0.4931235	-0.2608860
$N(d_1)$	0.9640184	0.8983730	0.9078852	0.8961983
$N(d_2)$	0.0949971	0.3766145	0.3109627	0.3970902

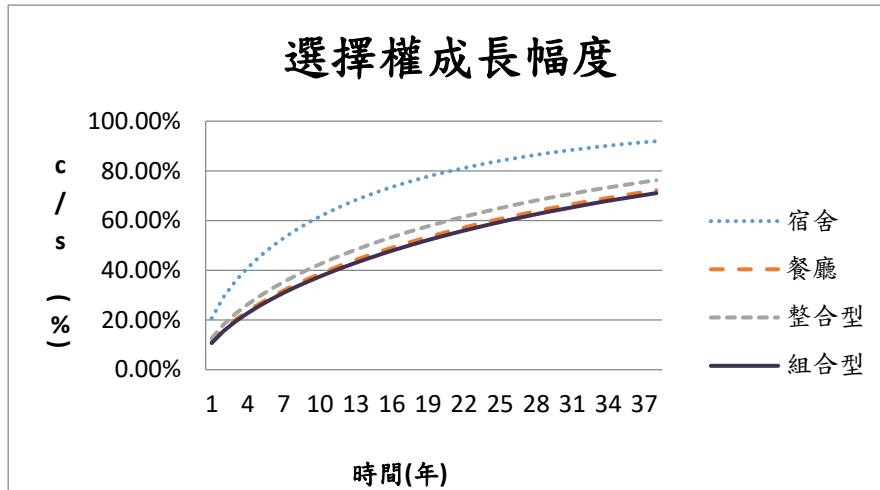


圖 2 選擇權成長幅度

四、結論與建議

4.1 結論

1. 從蒙地卡羅分析結果發現到 NPV 的期望值都明顯大於案例本身的 NPV 值，表示在未來市場上是看好、樂觀的。各案例變異數都相當大，表示其計畫風險很大，尤其是學生宿舍變異數超過了期望值，但是變異數大也表示可以用選擇權來進行避險的動作。
2. 本研究顯示報酬率變異數越大，選擇權價值就會越高。
3. 整合型只針對基本學生宿舍及餐廳兩案合併進行分析，但學生宿舍及餐廳兩案可能會互相影響，組合型增加其共變數，考慮雙方影響可能性，讓選擇權價值會隨之變動，使得組合型更能符合未來的狀況。

4.2 建議

本研究只針對主體事業與附屬事業關係，若能在主體及附屬事業增加不同選擇權模式，例如改變營運規模、轉換選擇權等等，或許能增加選擇權價值。

五、參考文獻

1. 楊朝智，2013，「考慮共變影響之專案計畫組合型實質選擇權模式建構」，國立聯合大學土木與防災工程學系碩士班。
2. 陳博亮，劉芬美，江匯森，2013 “應用實質選擇權以提升學生宿舍建設計畫之財務效益分析”，土木水利學刊，Vol. 25，No. 2，pp. 137~148。
3. Borliang Chen, Fen-May Liou, Chih-Pin Huang, 2012, “Optimal Financing Mix of Financially Non-Viable Private-Participation Investment Project with Initial Subsidy”, Engineering Economics, 23(5), 452-461.
4. 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。