

專案計畫投資組合之風險分析模式建構

The modelling of risk analysis for project portfolios in Infrastructure Projects

¹施啟章、熊慧娟、李盛明、張志銘、^{2*}陳博亮

¹國立聯合大學土木與防災工程學系研究生 ²國立聯合大學土木與防災工程學系教授

摘要

專案計畫常因既定合約規定的限制及市場經營環境的變化，例如 COVID-19 之影響，導致計畫營收低於預期營收的風險狀況，使得計畫實質價值降低，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，將實質選擇權導入投資機制中，期望能提高專案計畫投資效益，增加投資意願及提升計畫財務可行性。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，造成當計劃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，當計劃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

Abstract

There is high imbedded risk for PPP projects. How to reduce the project risk is crucial in project financial arrangement. To use project portfolio is a very nice solutions to reduce project risks. Muti-business in a project is more complicate than sinle businee in projects. A correlation risk between muti-business shall be consider in the financial model. A real option model is construct for risk analysis for proects.

Keywords: Monte Carol simulation, real option, covariance

一、前言

1.1 研究動機與目的

許多專案計畫有附屬事業，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。

以國立聯合大學八甲校區學生宿舍 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

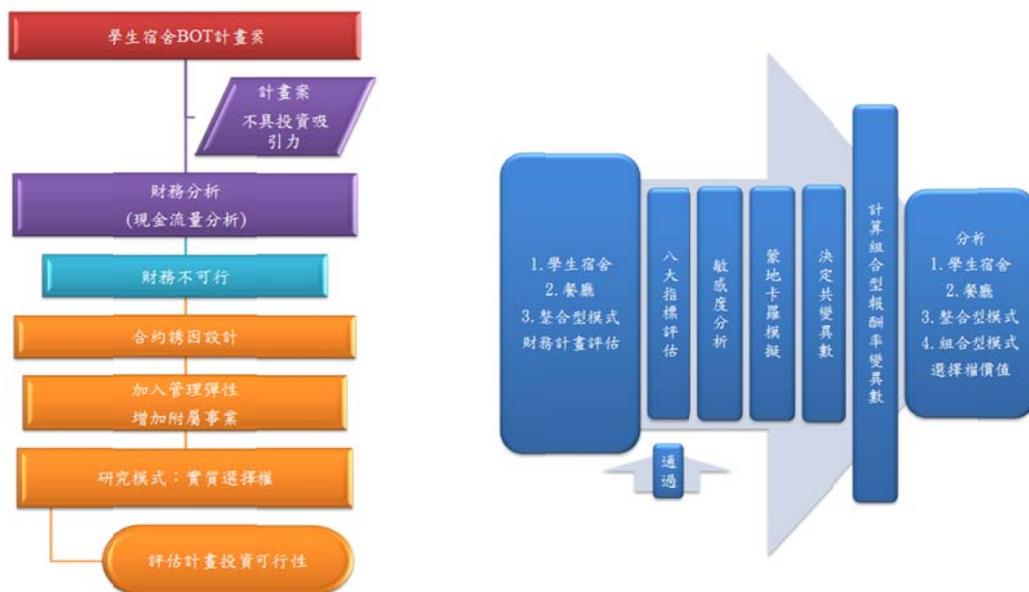


圖 1 研究架構及流程圖

二、模式建構

2.1 實質選擇權評價

V_0 代表案例裡目前的計畫淨現值， V_T 代表案例完成時的計畫淨現值，實質選擇權價值 C 為

$$C = V_0 \times N(d_1) - V_T \times e^{-rT} \times N(d_2) \quad (1)$$

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

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V_0}{V_T}\right) + \left(\gamma - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (3)$$

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。NPV₁為主體事業、NPV₂為附屬事業、NPV_B為整合型模式。

$$NPV_B = NPV_1 + NPV_2 \quad (4)$$

$$E_B\left(\frac{NPV_B}{NPV_0}\right) \quad \sigma_B\left(\frac{NPV_B}{NPV_0}\right) \quad (5)$$

而在本研究裡，提出組合型模式NPV_P，組合型增加共變數COV₁₂。

$$NPV_P = NPV_1 + NPV_2 \quad (6)$$

$$\sigma_P^2 = \sigma_1^2 W_1^2 + \sigma_2^2 W_2^2 + W_1 W_2 2COV_{12} \quad (7)$$

$$W_1 = \frac{NPV_1}{NPV_1 + NPV_2} \quad (8)$$

$$W_2 = \frac{NPV_2}{NPV_1 + NPV_2} \quad (9)$$

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COV₁₂，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

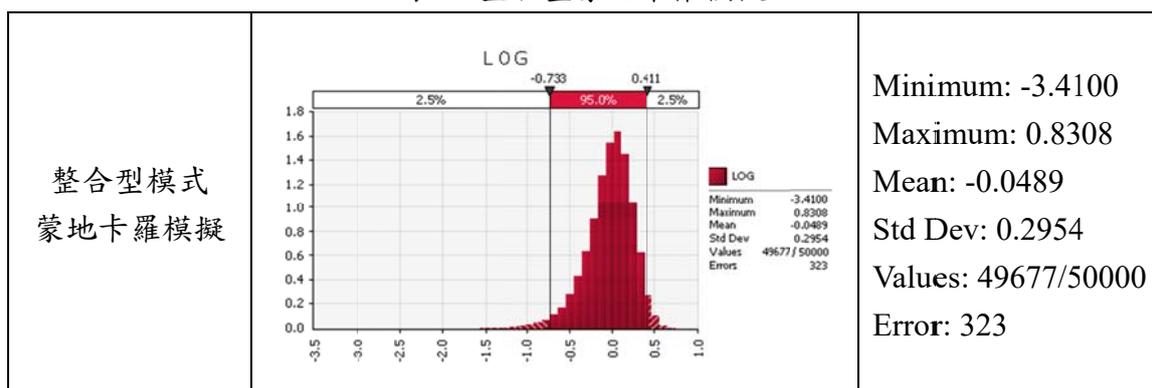
興建成本					
項目	每坪單價(元)		坪數(坪)	小計(元)	
餐廳興建成本	70,000		3,000	210,000,000	
興建成本總計	210,000,000				
營運收入					
項目	單價 (元)	桌數 (桌)	每日車輛 (輛)	營運天數 (天)	小計 (元)
營運收入	2,000	4	50	329	131,600,000
總計					131,600,000
營運支出					
項目	單價 (元)	桌數 (桌)	每日車輛數 (輛)	營運天數 (天)	小計 (元)
營運支出	1,000	4	50	329	65,800,000
總計					65,800,000

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 NPV_0 ，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、整合型及組模型四個案例進行選擇權評估，未來淨現值(NPV_n)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，另外組模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	組模型
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模型 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	組模型
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

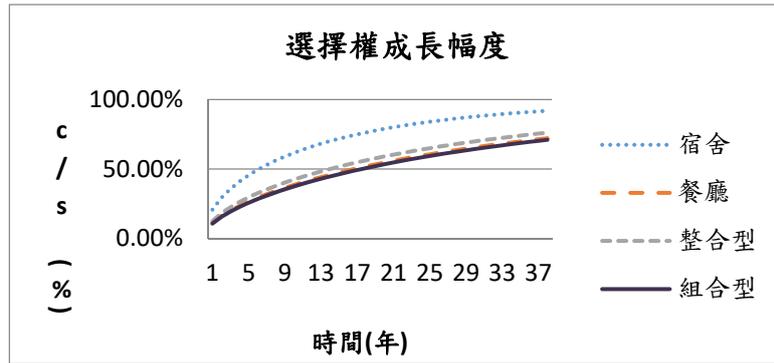


圖 2 選擇權成長幅度

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。