

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## BOT 計畫財務規劃與管理之研究(III)

### Research of BOT Project's Financial Planning and Management(III)

計畫編號：NSC 89-2211-E-009-025

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：黃玉霖 國立交通大學土木工程學系

#### 一、中文摘要

因為近年來政府經常性支出增加以致於造成財政困難，因此政府積極以 BOT 模式推動民間參與公共建設，冀能引進民間的資金與經營效率，解決政府財政不足的窘局。但 BOT 計畫風險高且涉及公共利益，為達社會公利與民間利益之平衡，常有重要特許設計之安排，如履約保證金、放棄投資選擇權，及最低營收保證等。若以傳統現金流量折現法評估計畫，將無法反應特許公司在投資與營運過程中的彈性價值。

因此，應用實質選擇權相關理論，建立 BOT 計畫籌辦始點投資選擇權評估模式與最低營收保證複式選擇權評估模式，以擴展淨現值的觀念，評估 BOT 計畫籌辦始點的各項價值，包括：投資淨現值、放棄投資選擇權，及最低營收保證政策價值。本研究以台灣高速鐵路計畫為例，計算特許公司於計畫籌辦始點的各項價值，並就相關參數進行敏感度分析，以提供 BOT 特許設計參考。

**關鍵詞：**民間參與公共建設、BOT 特許設計、最低營收保證、放棄選擇權

#### Abstract

The Government has sharply increased spending on current accounts so that infrastructure investment in Taiwan has encountered serious budgetary constraints in recent years. The Government has encouraged the policy for private participation in infrastructure, such as BOT model, to overcome the budgetary constraints and, at the same time, to improve efficiency

in infrastructure planning, development construction, operation and maintenance. However, the BOT projects are often high-risky and involve public benefit; so that there are several concession designs to be dealt with in keeping the balance between public benefit and private profit, such as performance bonds, options to abandon investment and minimum revenue guarantee policy. The limitation of conventional DCF method is unable to reflect the concession company's flexibility value and the concession designs.

Therefore, this study applies real option theory to build two pricing models, including investment options in the beginning of project development periods and compound options of minimum revenue guarantee policy. Applying expanded NPV concept to appraise static value and flexibility value in the beginning of the BOT project's development periods, including net present value and the option value of abandoning investment and minimum revenue guarantee policy. The study analyzes Taiwan High-Speed Rail Project to test efficacy of the models and conduct sensitivity analysis of related parameters.

**Keywords:** Private Participation in Infrastructure, BOT Concession Design, Minimum Revenue Guarantee, Option to Abandon

#### 二、緣由與目的

BOT 是民間參與公共建設的主要模式，其主要目的是透過特許競標，將公共建設之財產權授予民間特許公司 (Concession company)，於特許期間內，負責融資、興建與營運，於期滿時將營運設施有償或無償移轉予政府。BOT 計畫的

財務效益，為吸引民間參與的重要關鍵，傳統現金流量折現法所計算出的財務指標，如淨現值、內部報酬率、自償率是決定是否參與投資的重要參考，然而此種評估方式忽略了投資計畫的幾樣特徵 [Dixit & Pindyck, 1993]：(1)投資具有部分甚至完全不可回復 (Irreversible) 的特性。(2)環境是不確定的，實際的營收未必如同預期。(3)有些計畫的投資是可以延遲的 (Deferrable)，也就是說投資人可以等待更多的訊息揭露之後，再決定是否進行投資。

而由於傳統計畫財務評估方式，無法反映特許公司於計畫籌辦期屆滿之放棄投資選擇權以及營運各期最低營收保證政策價值，因此本研究以特許公司之角度，應用選擇權相關理論。首先建立籌辦始點投資選擇權與放棄投資選擇權價值評估模式，並加入營運期最低營收保證之特許設計，建立包含各期最低營收保證之籌辦始點投資選擇權評估模式，計算最低營收保證之政策價值，此亦能含括在未提供最低營收保證時的單一投資選擇權。本研究目的主要為應用「或有請求權」(Contingent claims) 分析法，並參考 McDonald and Siegel (1986) 所建立之實質選擇權模型，在假設 BOT 計畫營運收入遵循隨機過程 (Stochastic process) 情況下，建立 BOT 計畫籌辦始點投資選擇權評估模式，計算投資選擇權與放棄投資選擇權價值。並探討履約保證金對計畫各項價值之影響。進一步使用選擇權組合分解之交易策略建立 BOT 計畫營運期之最低營收保證複式選擇權評估模式，並統合計算特許公司在籌辦始點所擁有之 BOT 計畫靜態投資淨現值與動態選擇權彈性價值。最後進行高鐵案例模擬，並進行相關參數敏感度分析，期對 BOT 計畫之財務評估與最低營收保證之特許設計有更深入之認知。

### 三、結果與討論

本研究選擇在 BOT 計畫的籌辦始點，其原因包括(1)以台灣高鐵計畫為例，特許公司與政府簽訂特許合約後，特許公司將擁有一個投資建造及營運的權利，政府會

給予特許公司一段計畫籌辦期，其具有選擇權之存續期間之性質，而特許公司擁有於籌辦期屆滿時選擇放棄投資建造的權利。(2)籌辦始點為特許公司與政府欲簽訂特許合約而開始進行計畫籌辦之時間點，由於合約簽訂後隨即進入籌辦期，籌辦始點為計畫議約階段與籌辦階段之臨界，並無時間差，所進行之計畫評估為簽約前一刻之評價。因此，為評估特許合約中之特許設計，本研究探討籌辦期屆滿放棄投資選擇權機制與營運期最低營收保證政策，所以選擇在此一時點建立評估模式，以反應投資與經營之彈性，並量化政策價值，提供特許合約之研擬參考。(3)在計畫籌辦始點評估計畫的投資價值與彈性，將可供資金提供人之參考，有助於計畫融資與資金籌措相關事宜之推展。

本研究包含兩個模式：一為 BOT 計畫籌辦始點投資選擇權評估模式，另一為 BOT 計畫最低營收保證評估模式。以下便針對兩模式之結果進行說明，並敘述台灣高鐵案例模擬結果。

一.在本研究之 BOT 計畫籌辦始點投資選擇權評估模式，其假設：(1)計畫營運收入為一隨機過程，採用隨機過程中的幾何布朗運動 (Geometric Brownian motion) 來模擬計畫營運收入之特性，如下所示  $\frac{dR}{R} = r dt + \alpha dz = (\mu - \alpha) dt + \sigma dz$ ，其中  $R$  為計畫營運期各期之營運收入，其預期成長率遵循 Generalized Wiener process； $\alpha$  為單位時間內各期營運收入之預期成長率， $\sigma$  為單位時間內營收預期成長率之波動性 (或稱預期成長率之標準差)， $\mu$  表示計畫折現率 (或為必要報酬率)； $\delta_R$  等於  $(\mu - \alpha)$ ，為營收成長率不足計畫折現率之部分，即營收之短少率 (Shortfall rate)，其概念類似股票選擇權中的股利支付率 (Dividend payout rate)； $dz$  為 Generalized Wiener process 之隨機增量，其增量期望值  $E(dz)$  為 0，而增量變異數  $V(dz)$  為  $dt$ 。假設 (2)計畫投入成本固定，於本研究之模式中僅假設計畫的營運收入為一隨機變數，而其他所有的投入成本均為已知定數，並且不考慮融資與稅負的影響。假設 (3)僅考慮

單一選擇權，假設當特許公司於籌辦期屆滿決定建造公共建設時，必定能如期完工，不會於建造期選擇放棄建造權；另假設，一旦選擇投資建造，在計畫營運期間，特許公司亦將不會放棄營運權。假設(4)籌辦期為特許公司之必要籌辦期，特許公司在籌辦期屆滿前，不會提前執行投資選擇權或放棄投資選擇權；且當特許公司於籌辦期屆滿時無法進行建造，則政府將與特許公司解除特許合約，並沒收視情況籌辦始點所交付的履約保證金。

本研究在BOT計畫籌辦始點投資選擇權評估模式之結果有三：(1)在籌辦期滿放棄投資選擇權之可視為一存續期間的歐式賣權，其於選擇權的意涵為當特許公司於計畫籌辦期屆滿時，若總營運收入現值不及總投入成本現值，則特許公司將執行放棄投資選擇權。(2)履約保證金對放棄投資選擇權評估模式的影響：當特許公司需繳交履約保證金時，特許公司於計畫籌辦期屆滿履約的機會愈高，因此籌辦始點的投資選擇權價值與放棄投資選擇權愈小，即特許公司若在計畫籌辦期屆滿時選擇放棄投資，因需付出的違約成本，所以較沒有選擇放棄建造的彈性。(3)籌辦費用之影響：特許公司對計畫籌辦費用之支出並無彈性選擇之空間，僅對投資淨現值之靜態價值有線性的扣減影響，而計畫放棄投資選擇權之彈性價值並無改變，其總效應即是使得計畫的投資選擇權減少。

二.為了使具投資規模龐大、回收期長、營收風險高等特性的公共建設計畫能順利進行，計畫的自償性與獲利性是一重要關鍵。為加強民間投資公共建設意願，特於政策中訂定多項土地、融資及稅捐優惠等措施。其中計畫「最低營收保證」之提供，對營收風險高之公共建設而言，可有效提升其融資可行性及增加民間投資誘因。而透過選擇權的組合分解之交易策略，可以將政府所提供之最低營收保證模擬視為特許公司於營運期各期所擁有的「歐式賣權」，其標的物乃為營運期各期之營收現金流量，並可應用選擇權相關理論，建立最低營收保證之評估模式，計算

其政策價值。

其最低營收保證評估模式的假設與BOT計畫籌辦始點投資選擇權評估模式相同，其應用選擇權理論所得到之結果為：在最低營收保證政策下，計畫籌辦期滿放棄投資選擇權價值等於計畫籌辦始點投資選擇權價值減掉在無放棄投資彈性時的計畫評價，即計畫投資淨現值加上最低營收保證政策價值。

而履約保證金與籌辦費用對最低營收保證之評估模式之影響：(1)在有最低營收保證的情況下，特許公司的投資選擇權的投資標的物變為營運期之各期收入與最低營收保證賣權，執行價格一樣降低，僅對投資淨現值之靜態價值有影響，進而減少擴展淨現值。當特許公司若於計畫籌辦期屆滿時選擇不履約投資，則將損失履約保證金；反之，若投資建造，政府將返還履約保證金，使得投資選擇權的執行價格為初期投資減去履約保證金。(2)籌辦費用並不會影響計畫放棄投資選擇權與最低營收保證政策價值。

經由本研究所發展之模式分析可以得到在評估一項計畫時，應將計畫所擁有的彈性價值一併考慮，否則將低估計畫之價值。以高鐵案例模擬為例，根據Morgan Grenfell的財務預測及既定參數之假設，在有最低營收保證下，計畫的投資淨現值約為1395.1億元（靜態價值），總彈性價值約為133.9億元（動態價值），其中，放棄投資選擇權價值約為56.7億元，最低營收保證政策價值約為59.5億元，Overlap值約為17.6億元，因此高鐵計畫於籌辦始點的評價約為1529億元，此即計畫之擴展淨現值。如此可知，計畫之放棄選擇權與最低營收保證政策之提供顯具價值。

針對各項參數之敏感度分析，可將結果繪表如下，以提供BOT特許設計之參考。其中「+」表呈正向變化關係，「-」表呈反向變化關係，「\*」代表沒有影響。如下表所示，敏感度分析可提供特許設計之操作參考：(1)最低營收保證之提供對營收風險較高之計畫有較高的彈性價值；(2)若政府希望特許公司能夠依約投資建造，

可要求特許公司交付較大的履約保證金，使其較無放棄投資彈性；(3)當政府願意提供計畫最低營收保證時，可要求特許公司提高履約保證金，作為調整計畫彈性價值分配情況，讓特許公司較無放棄投資彈性，且能有較高的最低營收保證政策價值。

	成長率 標準差	總投入 成本	最低營 收保證	履約 保證金
投資臨界值	-	+	-	-
放棄投資選擇權 $f$ (無最低營收保證)	+	+	*	-
放棄投資選擇權 $f_M$ (有最低營收保證)	+	+	-	-
最低營收保證政策價值 $\sum Q_i$ (無放棄彈性)	+	*	+	*
最低營收保證政策價值 $(\sum F_i - F)$ (有放棄彈性)	+	-	+	+
Overlap 值	+	+	+	-
總彈性價值	+	+	+	-

#### 四、計畫結果自評

本研究應用 Black & Scholes 的選擇權模式，並參考相關實質選擇權文獻擴展延伸，建立 BOT 計畫籌辦始點投資選擇權與最低營收保證評價模式，並使用高鐵局財務顧問 Morgan Grenfell 之報告，進行案例分析模擬。得到以下結論：(1)本研究考量特許公司彈性決策過程，建立計畫籌辦始點的投資選擇權與最低營收保證複式選擇權評價模式，其除能評估計畫之擴展淨現值，亦能量化特許公司於籌辦期屆滿之放棄投資彈性，以及營運期最低營收保證特許設計之價值。(2) 本研究證明當特許公司於計畫籌辦始點擁有放棄投資選擇權及營運期最低營收保證政策此兩項屬於消除投資人風險之選擇權，而僅能執行其中一項時，由於彼此 **Overlap** 之影響，使得特許公司在計畫籌辦始點所評估的放棄投資選擇權與最低營收保證政策價值，均小於分別以單一選擇權之評價，但本研究模式評估結果仍對計畫的總彈性價值具有正面貢獻。(3)敏感度分析的結果：a.最低營收保證之提供對於營收風險高的計畫較具價值，而不論有無最低營收保證，較高的營收風險亦對放棄投資選擇權價值有較大的正面貢獻。b.特許公司應致力於降低計畫成本的工作，雖降低放棄投資選擇權價值，但卻可增加最低營收保證政策價值，

並使計畫的有較高的靜態淨現值與擴展淨現值。c.最低營收保證值的提高，可讓特許公司較無放棄投資的彈性，亦對最低營收保證政策價值與計畫總彈性價值有提升作用。d.在無最低營收保證情況，履約保證金之交付將降低特許公司放棄投資選擇權價值；而在有最低營收保證情況，除降低放棄投資選擇權及計畫總彈性價值外，履約保證金之交付對最低營收保證政策價值卻有提升之效果，對計畫之推動更具正面意義。

綜上所言，以特許公司的角度，提供計畫之放棄投資選擇權與最低營收保證確能使特許公司較大的彈性價值，而履約保證金具有降低特許公司放棄投資的機會。然而，特許設計的影響並非僅特許公司單一層面，如特許公司一旦執行放棄投資選擇權，對社會經濟可能影響重大；而最低營收保證之提供，也可能對特許公司經營誘因有所影響。較高履約保證金，亦會增加特許公司簽約時的交易成本(Transaction cost)，而使投資人裹足不前，這些因素並無法在本研究評估模式中呈現。不過，使用選擇權相關理論提供一個新的思考方向，可量化特許公司在投資與經營上的彈性價值，提供較正確的計畫評價。在總體利益上的衡量則可對其他層面的理論進行深入探討，並與本研究之評估模式作一結合，使整個特許機制設計的模型更趨完備。

#### 五、參考文獻

- [1] 黃玉霖，公共建設民營化，中華民國營建管理協會，1998。
- [2] Dixit, A. K. and Pindyck, R. S., *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, 1993.
- [3] Huang, Y. L., *Project and Policy analysis of Build-Operate-Transfer Infrastructure Development*. Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of California at Berkeley, 1995.
- [4] McDonald, R. and Siegel, D., "Investment and the valuation of firms when there is an option to shut down," *International Economics Review* 26(2), p.331-349, 1985.
- [5] Myers, S. C. and Majd, S., *Abandonment value and project life*, *Advance in Futures and Option Research* 4, p.1-21, 1990.