

學術論著

BOT案附屬事業放棄選擇權的價值

The Value of Abandon Option on the Ancillary Business of a BOT Project

黃劉乾* 姜堯民**

Liu Chin Hwang*, Yao-Min Chiang**

摘要

國內外對BOT實質選擇權之研究，大多集中於BOT主體事業所隱含之各種選擇權價值，鮮少論及BOT附屬事業之選擇權價值。本文討論附屬事業的放棄選擇權價值，發現如果忽略主體事業與附屬事業之間的關係，會高估附屬事業放棄選擇權的價值。我們以台灣高鐵為例，發現當不考慮主體事業對附屬事業有影響時，附屬事業的放棄選擇權價值佔原始投資的2.32%。當考慮主體事業與附屬事業間具有關聯時，附屬事業的放棄選擇權僅佔原始投資的0.11%。因此在衡量附屬事業的放棄選擇權價值時必須考慮主體事業與附屬事業之間的關係。我們也驗證主體事業的放棄與否是否會影響附屬事業的放棄決策，透過使用單因子變異數分析及Tukey's Multiple Comparison Method之統計方法，我們證明BOT主體事業的放棄確實會影響附屬事業放棄選擇權的執行。本文的研究結果有助於了解附屬事業放棄選擇權對整個BOT價值的影響。

關鍵詞：實質選擇權分析、BOT附屬事業、放棄選擇權、蒙地卡羅模擬法

ABSTRACT

This is the first paper discussing the real options involved in an ancillary business of an investment. In this paper, we price the abandonment option embodied in the ancillary business considering there is a link between the main business revenue and the ancillary business revenue. Without considering the relationship between the main business and the ancillary business, we will overestimate the value of the abandonment option of the ancillary business. We use the Taiwan High Speed Rail BOT project as an example to study the abandonment option value of the ancillary business. When we assume there is no relationship between main business revenue and ancillary business revenue, the abandonment options value is estimated at 2.32% of the initial investment of ancillary business. However, when we consider there is a link between main business revenue and ancillary business revenue, the abandonment option accounts only 0.11% of the initial investment. These results show that we can not estimate the abandonment value of the ancillary business without considering the impact of main business on the ancillary business. We further find that the abandonment decision on the main business can affect the abandonment decision of the ancillary business. We model the impact by changing the coefficient of correlation between main business revenue and the ancillary business revenue.

Key words: real option analysis, ancillary business, BOT project, abandonment option, Monte Carlo simulation

(本文於2006年2月9日收稿，2006年5月17日審查通過，實際出版日期2006年5月)

* 政治大學經營管理在職專班碩士。EMBA, National Chengchi University, e-mail: sino4328@mail.sinotech.com.tw

** 政治大學財務管理系副教授。Associate professor, Department of Finance, National Chengchi University, e-mail: ymchiang@nccu.edu.tw

作者感謝兩位匿名審查人所給予的寶貴意見。

一、前言

交通運輸系統之BOT計畫，往往因自償率不足，政府須提供各種支持來吸引投資人參與(Charoenpornpattana, et al., 2003)，依Fisher & Babbar (1996)提出，政府對BOT計畫的支持計有八種，分別為股東權益保證、負債保證、利率保證、授予相關貸款、陰影收費(shadow tolls)、保證最小運量、延長特許經營期間及提高營收，及特許經營附屬事業等，來提高自償率。像是表一顯示台灣高速鐵路除主體建設外尚包括各車站特定區都市計畫範圍內之車站專用區開發(註1)。

表一 高速鐵路BOT專案特許權範圍表

特許項目	特許期間
1. 高速鐵路之興建與營運	35年
2. 高速鐵路相關事業之經營	35年
3. 站區之開發使用	
車站用地之開發	35年
事業發展用地之開發(附屬事業)	50年
4. 獨佔權—自興建營運合約生效日起，政府擔保不再特許增設平行路線之高速鐵路。	30年

資料來源：交通部高速鐵路工程局

BOT專案從運量預測、興建技術、營運管理及政治、財務、環保等層面皆存在著不確定性，有許多不可預期的事件可能影響BOT專案的執行，所以於評估BOT專案投資決策時，應考慮其計畫中所隱含之實質選擇權(real options)價值。Myers(1977)認為使用淨現值(NPV)法進行方案評估時，會有投資計畫價值被低估的不合理現象，是以提出實質選擇權的觀點，來對於管理彈性的價值做進一步的量化。之後許多文獻皆以實質選擇權模式(real option approach)來評估投資計畫的各項實質選擇權價值；像是McDonald & Siegel(1985)，及Majd & Pindyck(1987)等討論投資計畫的進入時機；Myers & Majd(1990)，及Berger et al.(1996)等討論投資的放棄選擇權價值。

國內有多篇有關BOT案的實質選擇權探討；像是余尚武、邱雪娥(2003)探討海生館的放棄及擴張選擇權；張大成、賴景昌(2000)討論台灣高鐵的放棄選擇權。當市場很不景氣時，投資計畫可能面臨巨額的虧損，管理者可考慮繼續執行計畫或永久放棄該投資計畫，並在次級市場變賣資本設備和其他資產以獲取其殘值。這種放棄投資的管理彈性，可為計畫帶來價值。Berger et al.(1996)探討投資人對於放棄選擇權的評價，篩選1984年至1993年的公司財務報告資料進行分析，證明放棄選擇權在管理上的意涵。

目前實質選擇權之研究主流大多集中於BOT主體事業本身，沒有文章考量BOT附屬事業之選擇權價值。以台灣南北高速鐵路BOT計畫為例，(1)主體與附屬事業間之商業模式不同：鐵路部分著重於興建及營運。附屬事業則著重於土地開發及經營。(2)高速鐵路與其附屬事業

之特許期間各為35年與50年(註2)，並不相同。(3)主體事業有放棄選擇權，附屬事業也有放棄選擇權，尤其是主體事業的繼續經營或是放棄經營會影響附屬事業的營業收入，進而影響附屬事業的放棄決策。(4)主體與附屬事業間價值之間有相互影響關係：鐵路事業的成功可以帶動站區土地開發事業的發展。考慮BOT案附屬事業的放棄選擇權與討論主體事業放棄選擇權最大的差異在於，附屬事業的營業收入深受主體事業的影響。

John & Ofek(1995), Daley et al.(1997), 及Desai & Jain(1999)討論公司出售資產或子部門時市場的反應。他們發現當出售後，公司的經營集中程度增加時，股票市場會有正向的反應。這表示當所出售的資產或部門與公司的主要事業間無相關時，出售該項資產是有利的。而相對地，當所出售的資產或部門與公司的主要事業間有相關時，出售該項資產是不利的。引申到本研究的涵意是說，當附屬事業與主體事業間的營運有相關性存在時，出售或說是放棄附屬事業的價值是低的。而如果當附屬事業與主體事業間的營運無相關性存在時，放棄附屬事業時有價值的。我們於是認為：(1)有必要針對附屬事業的放棄選擇權做討論；同時認為(2)討論附屬事業的放棄選擇權，必須考慮主體事業對附屬事業的影響。我們認為若沒有考慮主體事業對附屬事業的影響，會扭曲附屬事業放棄選擇權的價值。

本文的目的在利用選擇權評價理論計算BOT附屬事業的放棄選擇權價值。透過數值計算及統計分析，探討不同狀況下高鐵附屬事業的放棄選擇權價值，以供企業與相關官管決策參考。本文針對下列課題進行探討：

1. 本文利用有限差分法及蒙地卡羅模擬法來各別求算BOT 附屬事業的放棄選擇權價值，一來了解BOT附屬事業的放棄選擇權價的大小，二來比較有限差分法及蒙地卡羅模擬法兩者間的差異。
2. 獨立討論BOT附屬事業的放棄選擇權價值；與考慮主體事業對附屬事業有影響時的附屬事業放棄選擇權價值做比較，以了解主體事業對附屬事業放棄選擇權價值的影響。
3. BOT主體事業的放棄選擇權，是否會影響其附屬事業之放棄選擇權價值？

本文結構如下：第一節為前言，說明為何要研究BOT案中附屬事業的放棄選擇權。第二節針對實質選擇權在BOT的應用進行文獻回顧，以佐證本文所預研究問題的重要性。第三節提出本文的模型，及說明模式驗證的程序。第四節提出台灣高鐵的相關參數數據，第五節進行數據分析附屬事業選擇權的價值，並對重要影響變數進行敏感性分析。第六節提出本文的結論與建議。

二、BOT案附屬事業的放棄選擇權

台灣高速鐵路規劃原係採用政府興建模式辦理，惟政府有鑑於社會福利支出日增，財政負擔日益龐大，為求在不增加政府財政負擔卻又能持續推動國家既定重大建設之考量下，乃改採由民間參與投資興建之BOT模式。高速鐵路營運後將提供公務(商務)、私人運輸及旅遊等服務需求，全長345公里，共設12站。高速鐵路計畫原始總建設經費為 5,133億元，分別包括政府必須辦理事項1,057億元，以及台灣高鐵公司投資4,076億元，此投資規模遠大於英法海底隧道工程，為全球最大規模之BOT計畫(註3)。

高速鐵路專案之特許權範圍共包含高速鐵路之興建、營運、附屬事業之經營與站區之開發使用等，在站區開發方面如表二所示計有桃園、新竹、台中、嘉義與台南等。交通部將事

業發展用地以設定地上權的方式提供台灣高鐵公司使用，其地上權存續期間自交地起算五十年。台灣高鐵公司將視實際發展情況選擇自行開發及經營，或交由他家開發公司開發及經營，以及與他家開發公司合資開發及經營等方式進行站區開發。站區整體規劃與開發，可逐漸形成未來之交通轉運中心，其周邊所建立之商業與生活中心，將會在高速鐵路營運後帶來的商業利益。在土地開發方面，台灣高鐵公司樂觀估計有611億之收益(註4)。原來附屬事業經營項目，除了獎參條例規定的運輸服務、商業、停車場、交通工具維修及加油業外，台灣高鐵爭取再增加住宅使用項目，以擴大高鐵土地開發效益。後來政府同意請高鐵公司依據都市計畫變更程序，向地方政府申請土地變更事宜，只要地方政府通過即可變更興建住宅(註5)。

表二 高速鐵路站區開發成本預估表

	最大商業樓地板面積		營建費用(萬元)	開發顧問及建築 設計費用(萬元)	開發期間 管理費用(萬元)
	M ²	坪			
桃園站區	342,000	103,455	744,876	18,622	37,244
新竹站區	115,500	34,939	251,561	6,289	12,578
台中站區	542,400	164,076	1,181,347	29,534	59,067
嘉義站區	87,920	26,596	191,491	4,787	9,575
台南站區	112,560	34,049	245,153	6,129	12,258
合計	1,200,380	363,115	2,614,428	65,361	130,722

資料來源：台灣高鐵公司。

由於交通運輸本業與附屬事業間開發投資之專業技術、風險及融資方式各不相同，附屬事業之開發收益的不確定性較運輸本業為高。投資計畫的執行須考量其風險與報酬，以吸引潛在投資者及金融機構的參與。傳統評估計畫獲益性方式為事先估計所產生的現金流量，再考量其承受的風險，估算所需的資金成本，最後將所有淨現金流量折現後加總，再衡量投資績效以決定投資策略。NPV法最常被用來評估投資計畫之財務效益，Trigeorgis(1996)指出傳統方法忽略或無法適當衡量不確定因素的影響，當實際狀況與預期不同時，管理者對經營策略缺乏彈性調整能力。換言之，傳統方法忽略管理彈性價值；例如在高成長市場時，擴大投資規模以獲取更大利潤；於市場萎縮時，縮減投資規模或放棄投資計畫等。

選擇權的概念自Black & Scholes(1973)、Merton(1973)等發展出選擇權定價模式(Options Pricing Model; OPM)後，於金融商品應用上，無論在理論及實務皆有豐碩的成果。隨後，Myers(1977)、Brennan & Schwartz(1985)、McDonald & Siegel(1985)等相繼將OPM之概念運用於實質資產(real assets)之資本預算決策評估，進而發展出實質選擇權(real options)在投資決策相關領域之應用。Trigeorgis(1996)提出實質選擇權主要分類有：(1)延遲投資選擇(option to defer)；(2)放棄計畫選擇權(option to abandon)；(3)縮小計畫選擇權(option to contract)；(4)擴大計畫選擇權(option to expand)；(5)延長計畫選擇權(option to extend)；及(6)轉換選擇權(swimming option)等。

BOT專案為高風險之投資計畫，對此種計畫的評估實須採取相當謹慎的態度，而傳統資本預算模型無法評估的彈性調整部份，可藉由實質選擇權模式的建立來加以彌補，以期能較為準確的預估此專案之價值。BOT合約的設計隱含許多實質選擇權，如延遲選擇權、放棄選擇權、延長投資選擇權及改變營運規模選擇權等。例如馮世道等(1999)認為台灣高鐵公司可以動態地來調整工程興建的速度，採取趕工來縮短工期，或是延緩施工來延長工期。高鐵的決定延後完工時間即是該文章所探討的完工期調整選擇權(註6)，該研究指出這種隱含在BOT合約下的選擇權價值的權利金(premium)可達4.15%之多。

又如台灣高速鐵路BOT專案，「興建合約」中將「獎勵民間參與交通建設條例」第44條所規定之「…主管機關得強制收買…」改成「…主管機關應強制收買…」，對此一強制收買條款修改，就如同政府給與特許公司一隨時可以放棄營運的美式賣權，亦即為放棄選擇權。張大成、賴景昌(2000)討論台灣高速鐵路的放棄選擇權價值，於該文參數假定下，模擬結果發現：此合約的修改帶給特許公司放棄價值約為總興建成本的12.18%。張大成、賴景昌(2000)因而認為避免特許公司輕易執行此放棄選擇權，應要求特許公司於營運期間繳納履約權利金，此權利金即可被視為取得放棄選擇權價值的權利金(premium)。

當市場條件持續惡化，使得投資計畫出現重大虧損或當營運上產生嚴重的問題時，管理階層將可決定不再繼續投資，也就是說管理階層有永久放棄此計畫以獲取其殘值的選擇權，此種管理彈性可視為美式賣權。其數學方程式可表示為：

$$E = \text{Max}(A - V, 0)$$

其中E：放棄經營之機會價值，A：最佳替代方案價值，V：原投資計畫價值。

Myers & Majd(1990)以選擇權評價模式來評估放棄投資計畫的選擇權價值，他們認為放棄選擇權在型式上就如同有支付股利的股票美式賣權，此賣權的執行價格為計畫的殘值。該文針對計畫之放棄時機及計畫殘值(salvage value)之間的關係加以分析及評價。當計畫繼續經營的價值低於殘值時，便可能放棄，放棄價值為殘值及其選擇時點的函數。放棄選擇權相當於美式賣權，他們利用數值分析發現當投資方案的殘值增加、變異數增加，及計畫期間延長時均會增加放棄選擇權的價值。而在方案本身價值增加時，放棄選擇權的價值會下降。

像台灣高鐵這樣的案子，鐵路本身的營運與站區開發收益是息息相關的，當附屬事業與主體事業間有增強作用時，附屬事業計畫價值會提升，因此，附屬事業的放棄選擇權價值將降低。Slovin & Sushka(1997)指出，母子公司關係(parent /subsidiary relationship)是會影響到，子公司發行新股時所會帶給母公司的報酬。所以當我們要衡量附屬事業放棄選擇權時，須考慮主體事業與附屬事業之間的關係。

三、模式建立

本文主要參考Myers & Majd(1990)所推導的放棄模型，來探討BOT專案附屬事業放棄選擇權價值。Myers & Majd(1990)指出將預期殘值設定在最後一期且為固定值的作法，實無法反應提早放棄的選擇權價值，會低估具有該選擇權的投資計畫價值。該文假設殘值的市場價值具有隨機特性(stochastic properties)，另假設計畫價值與殘值的推測程序各自獨立，最後推導之放棄價值偏微分方程式。

Myers & Majd(1990)所提出之模型有下列幾項假設；市場無摩擦(frictionless markets)，也就是無交易成本和稅，交易無持續不斷的進行，沒有買空賣空的限制，借出和借入金錢的利率相同。存在一無風險性資產，其報酬率為一常數，稱之為無風險利率 r 。假設存在一風險性資產其價值為 R (資產一)，在此意指專案價值，該價值變動服從幾何布朗運動，如(1)式所示：

$$\frac{dR}{R} = (\mu - q)dt + \sigma dz \dots\dots\dots (1)$$

其中 dR 為專案預期現金流量現值之變動， μ 為標的資產預期之報酬率， q 為支出率(payout ratio)， σ 為專案價值 R 改變率之波動性(標準差)， dZ 為Wiener Process，為一隨機過程，用來產生非預期的改變。

假設該專案放棄選擇權價值 Y (資產二)，為另一風險性資產，而 $Y=A(R,t)$ ，係為專案價值與時間的函數，其選擇權價值將隨專案價值與特許經營年限的變動而改變，茲假設其選擇權價值的變動如(2)式所示：

$$\frac{dY}{Y} = \mu_Y dt + \sigma_Y dz_Y \dots\dots\dots (2)$$

其中 μ_Y 為放棄選擇權價值 Y 預期之報酬率， σ_Y 為放棄選擇權價值 Y 改變率之波動性(標準差)， dZ_Y 為Wiener Process，為隨機過程，用來產生非預期的改變。利用Ito's Lemma可整理如下式所示：

$$dY = A_R dR + 1/2 A_{RR} (dR)^2 + A_t = [1/2\sigma^2 R^2 A_{RR} + (\mu - q)RA_R + A_t]dt + \sigma RA_R dz \dots\dots\dots (3)$$

茲比較(2)式與(3)式可得

$$\mu_Y Y = \mu_Y A = 1/2\sigma^2 R^2 A_{RR} + (\mu - q)RA_R + A_t \dots\dots\dots (4)$$

$$\sigma_Y Y = \sigma_Y A = \sigma RA_R \dots\dots\dots (5)$$

$$dZ_Y = dZ \dots\dots\dots (6)$$

將此兩項風險性資產與風險資產作一投資組合，使其投資總和為零，其投資的數量分別為 W_1 (資產一)、 W_2 (資產二)及 W_3 (無風險性資產)，且 $W_3 = -(W_1 + W_2)$ 並假設此投資組合的瞬間報酬為 dx ，整理如(7)式所示：

$$\begin{aligned}
dx &= W_1 \frac{(dR + qRdt)}{R} + W_2 \frac{dY}{Y} + W_3 rdt \\
&= [W_1(\mu - r) + W_2(\mu_Y - r)]dt + W_1\sigma dz + W_2\sigma_Y dZ_Y \dots\dots\dots (7) \\
&= [W_1(\mu - r) + W_2(\mu_Y - r)]dt + (W_1\sigma + W_2\sigma_Y)dZ_Y
\end{aligned}$$

假設選擇投資策略 $W_j = W_j^*$ 時，為使其確為無風險之投資組合，則不得含有隨機項，且由於此投資組合要求淨投資為零，必須避免套匯利益，所以此投資組合的預期報酬為零，故得：

$$W_1^* \sigma + W_2^* \sigma_Y = 0 \dots\dots\dots (8)$$

$$W_1^* (\mu - r) + W_2^* (\mu_Y - r) = 0 \dots\dots\dots (9)$$

在 $W_j^* \neq 0$ 之情況下，可以獲得下列方程式：

$$\frac{(\mu - r)}{\sigma} = \frac{(\mu_Y - r)}{\sigma_Y} \dots\dots\dots (10)$$

茲整合(8)式，(9)式及(10)式後可得下列方程式：

$$\frac{\mu - r}{\sigma} = (1/2\sigma^2 R^2 A_{RR} + (\mu - q)RA_R + A_t - rA) / \sigma RA_R \dots\dots\dots (11)$$

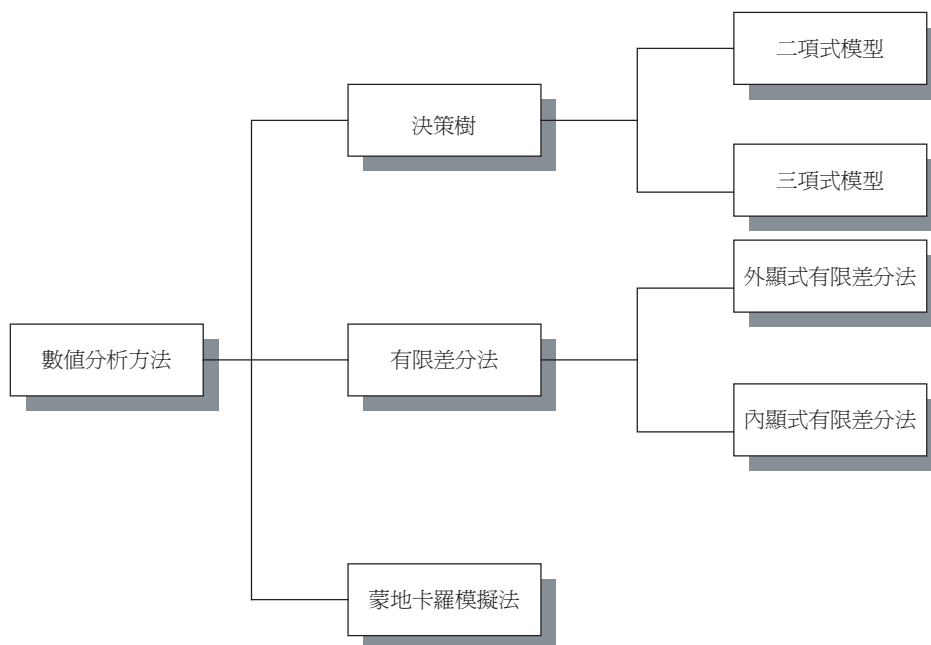
經簡化後可得放棄選擇權價值的偏微分方程式如下：

$$1/2\sigma^2 R^2 A_{RR} + (r - q)RA_R - rA + A_t = 0 \dots\dots\dots (12)$$

選擇權的評價模型，對於學術界及實務界均是相當受矚目的話題，在70年代以前，一直無法得到令人滿意的評價模型，原因在於找不到適當的隨機過程來描述標的資產價格的波動行為。直到1973年，Black & Scholes兩位學者才在標的資產價格符合幾何布朗運動(geometric Brownian motion)的假設下，成功推導出歐式標準買權及歐式標準賣權的評價模型。但是類似Black & Scholes這類的封閉式解(closed-form solution)畢竟是可遇而不可求。本文所探討的放棄選擇權為美式賣權，且其未來殘值為不確定且與專案價值有關，更難推導出所謂的封閉式解，所以常僅能藉由數值分析的方法來加以求解。

一般來說，常用的數值分析方法可以區分為三大類，包括了Cox et al.(1979)所推導的二項式模型(binomial tree)、Boyle(1977)所應用之蒙地卡羅模擬法(Monte Carlo simulation)以及Schwartz (1977)所率先採用之有限差分法(finite difference method)等三種方法。一般常用之數值分析方法茲整理如圖一所示。

本文將使用有限差分法及蒙地卡羅模擬法來評價附屬事業的放棄選擇權。蒙地卡羅模擬法是一種概念簡單且具彈性的方法，因此也常用來評價各種衍生性金融商品。在評價路徑相依或複雜的衍生性金融商品，更具效益。尤其是本文中附屬事業的放棄與否會受到主體事業



圖一 選擇權評價數值分析方法圖

常用的數值分析方法可以區分為三大類，包括了Cox et al. (1979)所推導的二項式模型(binomial tree)、Boyle (1977)所應用之蒙地卡羅模擬法(Monte Carlo simulation)以及Schwartz (1977)所率先採用之有限差分法(finite difference method)等三種方法。本文將使用有限差分法及蒙地卡羅模擬法來評價附屬事業的放棄選擇權。

的放棄與否所影響。蒙地卡羅模擬法的一大特色就是可以處理類似的跳躍(jump)模式。

有限差分法有下列兩種模式：內隱法(Implicit Scheme)及外顯法(Explicit Scheme)。本文係採用後者方式求解，解有限差分方程式須先推導差分方程式後才能使用電腦計算，其差分方程式茲整理如後所示：

$$A_R = \frac{A_{i+1,j+1} - A_{i+1,j-1}}{2\Delta R} \dots\dots\dots (13)$$

$$A_R = \frac{A_{i+1,j+1} - 2A_{i+1,j} + A_{i+1,j-1}}{\Delta R^2} \dots\dots\dots (14)$$

$$A_t = \frac{A_{i+1,j} - A_{i,j}}{\Delta t} \dots\dots\dots (15)$$

將上列方程式帶入(12)式中，並整理後可得：

$$a_j A_{i+1,j+1} + b_j A_{i+1,j} + c_j A_{i+1,j-1} = A_{i,j} \dots\dots\dots (16)$$

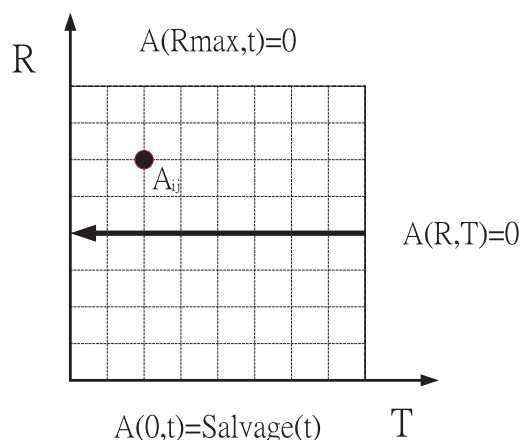
其中 a_j 、 b_j 其 c_j 分別為：

$$a_j = \frac{\Delta t}{1+r\Delta t} \left[\frac{\sigma^2 R^2 + \Delta R * R(r-q)}{2\Delta R^2} \right] \dots\dots\dots (17)$$

$$b_j = \frac{\Delta t}{1+r\Delta t} \left(\frac{1}{\Delta t} - \frac{\sigma^2 R^2}{\Delta R^2} \right) \dots\dots\dots (18)$$

$$c_j = \frac{\Delta t}{1+r\Delta t} \left[\frac{\sigma^2 R^2}{2\Delta R^2} - \frac{(r-q)R}{2\Delta R} \right] \dots\dots\dots (19)$$

其計算方式茲說明如圖二所示：



圖二 有限差分法後推歸納法示意圖

有限差分法有下列兩種模式：內隱法(Implicit Scheme)及外顯法(Explicit Scheme)。本文係採用後者方式求解，

高鐵附屬事業放棄選擇權評價不論採用蒙地卡羅模擬法或有限差分法計算，皆須針對高速鐵路運輸及其附屬事業邊界條件加以定義，以利電腦數值分析的進行。

1. 高鐵附屬事業殘值(P_a)

依交通部高鐵局與台灣高鐵公司簽定之興建營運合約第11章特許期限屆滿前之移轉規定，雙方得依該條之規定辦理標的移轉，其雖係用以規範高速鐵路之移轉，惟本文仍據以作為高鐵附屬事業之移轉規定。

合約中第11.2.2“興建期間之計價方式”茲規定收買價格係依「工程成本」(含可資本化之財務成本)及「工程完工程度」之百分比定之。有關「工程成本」係指合約所實際支出之工程成本(含可資本化之財務成本)，與本合約之「工程經費詳細表」所列各工程項目之總金額加計可資本化之財務成本後，二者中之較低者為準。合約中第11.2.3“營運期之計價方式”茲規定收買價格應由「鑑價機構」就該資產及工程之實際成本、使用情形、使用價值及特許期間剩餘年限，並參考本合約之規定予以鑑價。

由於台灣高鐵公司對於其附屬事業事業用地尚未規劃開發，故將假設其營造費用、開發顧問及建築設計費用與開發管理費用等加以估計。另假設政府的收買價格將以所有高鐵附屬事業的投資殘值為基礎，與台灣高鐵公司進行議價，因高鐵附屬事業殘值(salvage value)函數與高鐵附屬事業是否繼續經營有相當大的關聯，且高鐵附屬事業用地範圍龐大，用途殊異，茲假設其殘值 $P_a(t)$ 係為隨時間遞減的函數，並簡化如(20)式所示：

$$P_a(t) = \frac{P_{a0}}{T_r}(T_r - t)e^{-\eta t} \dots\dots\dots (20)$$

其中， P_{a0} 為高鐵附屬事業期初價值， T_r 為高鐵附屬事業特許營運期限， η 為時間過程中殘值遞減率，其中各參數的假設值茲簡述如下：

2. 殘值遞減率(η)

若設定為0，則表示台灣高鐵公司採直線折舊法(Straight Line Depreciation)進行折舊計算，若假設 $\eta=4\%$ ，則根據張大成、賴景昌(2000)的資料顯示，其結果接近年數合計折舊法(加速折舊的一種)。

3. 期初價值

當特許營運期初($t=0$)時，其專案價值 P_{a0} ，將以高鐵附屬事業之營造費用、開發顧問及建築設計費用與開發管理費用等加以估計。

4. 期終殘值

當特許營運期滿時($t=T_r$)，基於興建營運合約第10章特許期限屆滿時之移轉，於特許授權營運期滿後，必須無償轉移給政府之規定，可推得其殘值 $P_a(T_r)=0$ 。

5. 邊界條件 (boundary conditions)

$$\lim_{R \rightarrow 0} A(R_t, t) = \text{Max}[P_a(t), 0] \dots\dots\dots (21)$$

$$\lim_{R \rightarrow \infty} A(R_t, t) = 0 \dots\dots\dots (22)$$

$$A(R_r, T_r) = \text{Max}[P_a(T_r), 0] \dots\dots\dots (23)$$

$$A(R_t, t) = \text{Max}[P_a(t) - R(t), A(R_{t+1}, t+1)] \dots\dots\dots (24)$$

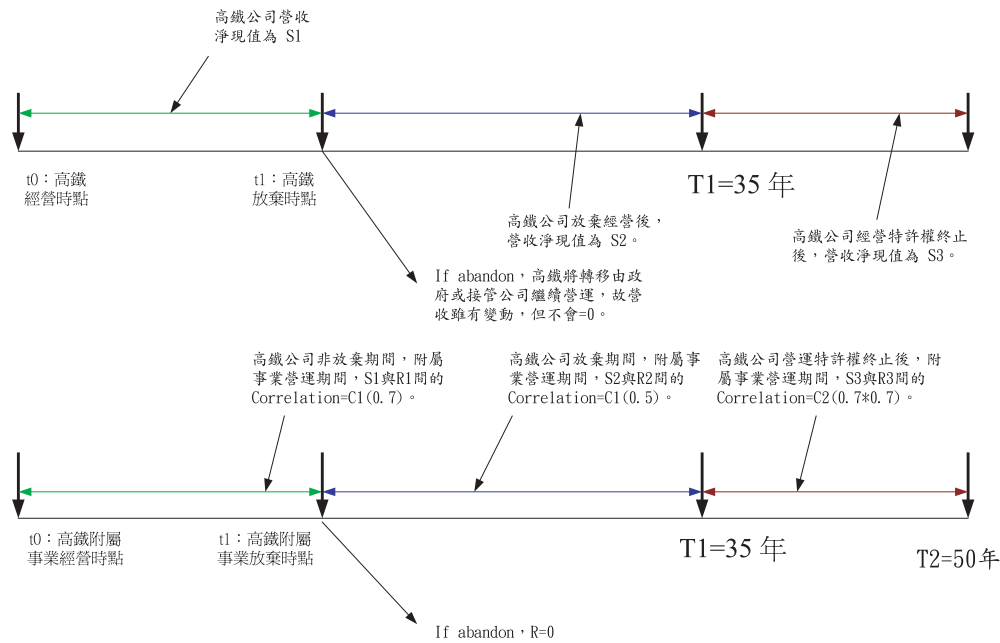
其中 $P_a(t)$ 為高鐵附屬事業殘值函數

(21)式係表示高鐵附屬事業在特許營運期間，如其營運價值趨近於零時，則台灣高鐵公司得就其殘值選擇放棄。(22)式係表示高鐵附屬事業在特許營運期間，如其營運價值趨近於無窮大時，則台灣高鐵公司必不會要求政府收購，故放棄選擇權價值為零。(23)式係表示高鐵附屬事業在特許營運期限屆滿時($t=T_r$)，台灣高鐵公司須將高鐵附屬事業無償轉移給政府，其殘值將降為零，故其放棄價值亦為零。(24)式係表示在特許營運期間內的任一時點上，台灣高鐵公司須比較放棄經營的利得($P_a(t)-R(t)$)與繼續經營時下一期所保有的放棄價值 $A(R_{t+1}, t+1)$ 間何者為高，以作為決策依據。

(一) 主體事業與附屬事業的相關性聯結

本文主題係高速鐵路BOT專案附屬事業之放棄選擇權價值，影響該選擇權價值的因素將不限於附屬事業本身，實應考量高速鐵路運輸主體與其間之關聯。高速鐵路如能以其安全、快速、準點的旅運服務吸引旅客，則將能相對提高其附屬事業的經營價值，反之，若旅客對高速鐵路的品質有所微詞，則不僅將影響高速鐵路本身之集客能力，亦對附屬事業的經營價值造成傷害。故影響附屬事業價值的來源非僅限於其本身之經營風險，尚須考量高速鐵路運輸主體與附屬事業間價值的關聯。

因高速鐵路附屬事業之規劃、興建及開發將根據台灣高鐵公司本身的經營條件而定，其整體或分期開發期間可能長達十餘年，目前台灣高鐵公司將全力克服高速鐵路之興建問題，對於其附屬事業之規劃尚無明確的期程，本文茲假設高鐵附屬事業將與高速鐵路同時興建完成、開始營運，其間之關聯茲整理如圖三所示：



圖三 高速鐵路主體與站區開發間關聯示意圖

高鐵附屬事業專案價值變數為 R ，高速鐵路運輸主體價值變數為 S ，則 R 及 S 間之關係有下列情境：

1. 附屬事業放棄，得到殘值 p 。
2. 運輸主體事業沒放棄，高鐵公司營運期內。
3. 運輸主體事業沒放棄，高鐵公司營運期後政府接手。
4. 運輸主體事業放棄，政府接手。

當高速鐵路正式營運至其特許經營期間，高速鐵路與其附屬事業間的關聯實為密切，假設兩者間為高度相關，甚至有助於增加附屬事業的經營價值，故假設相關係數較大。惟當高

速鐵路特許經營期滿後需移轉予政府時，高速鐵路營運可能仍由台灣高鐵公司繼續經營或委由第三者營運，其間關係可能生變，進而降低相關係數，故假設於 $T_3 < t \leq T$ 期間，高速鐵路運輸與其附屬事業價值間之相關係數將變小。

當獨立考量附屬事業的放棄選擇權時，其價值變動服從單一變數的幾何布朗運動 $\frac{dR}{R} = (\mu - q)dt + \sigma dz$ 。而當考慮附屬事業價值有主體事業價值之間有關係時，本文使用Cholesky decomposition或Cholesky Factorization來建立高速鐵路運輸主體與附屬事業間價值變動的相關性。高鐵附屬事業專案價值變數為R，高速鐵路運輸主體價值變數為S，假設一組獨立的隨機變數 ω_1 及 ω_2 ，則R及S間之關係如下所示：

$$\begin{aligned} S &= \omega_1 \\ R &= c\omega_1 + \sqrt{(1-c^2)}\omega_2 \dots\dots\dots (25) \end{aligned}$$

其中c為R及S間的相關係數

因使用有限差分法須推導選擇權偏微分方程式，要在考慮高鐵運輸主體與其附屬事業間價值關聯下推導附屬事業之放棄選擇權價值相當困難，因此本文：(1)在單獨計算附屬事業之放棄選擇權價值時，使用蒙地卡羅模擬法及有限差分法分別計算其價值，並做比較。(2)當考慮高鐵運輸主體與其附屬事業間價值有關聯時，只使用蒙地卡羅模擬法。

四、模型參數設定

高鐵附屬事業放棄選擇權評價模型參數，將分別針對高速鐵路運輸主體及附屬事業建立其參數資料，用以模擬運算。其初始參數設定值茲分述如下所示：

1. 專案計畫特許年限

本文依據高鐵興建合約中的特許期間規範，高速鐵路運輸主體特許經營年限35年，及高鐵附屬事業特許經營年限50年(註2及表一)，來分析附屬事業50年特許經營期間之放棄選擇權價值。

2. 專案計畫初始價值

假設高鐵附屬事業期初開發總成本為281億元。高速鐵路計畫原始總建設經費為5,133億元，後因土建及軌道工程經費增加，而另因貸款平均利率大幅下降，財務成本減少，總投資金額增為5,248億元，故假設高速鐵路初始價值為5,248億元(註7)。

3. 支出率(q)

依台灣高鐵公司與交通部所簽定之興建營運合約中第九章回饋金9.1節所規定，台灣高鐵公司承諾以利益分享(profit sharing)的方式，於高速鐵路營運期間，每年提出稅前營業利益10%之效益回饋予政府，作為發展高速鐵路相關建設之用，前述「稅前營運利益」之定義，係指台灣高鐵公司就其高速鐵路營運及高鐵附屬事業等之營業收入，扣除其經營上述事業所需之一切成本及費用後所餘之利益。惟考量未來台灣高鐵公司發放股利的可能及影響，將酌以調整，茲假設高速鐵路運輸主體及附屬事業的支出率 q_s 及 q_r 分別各為15%，即 $q_s = q_r = 15\%$ 。

4. 專案計畫價值的預期報酬率(μ)

因高速鐵路及其附屬事業皆尚未完工，兩者之經營範圍及性質亦迥異，依Morgan Grenfell

(註8)的財務預估，其估計高速鐵路運輸營收預期成長率，介於0.0421至0.0674之間，算術平均值為0.602。另考量台灣高鐵公司經營成本對於高速鐵路運輸及其附屬事業價值的影響，故茲假設高速鐵路運輸及附屬事業專案價值的預期報酬率皆為5%，即 $\mu_{R1} = \mu_{S1} = 5\%$ ($0 < t \leq T_s$) 且 $\mu_{R2} = \mu_{S2} = 5\%$ ($T_s < t \leq T_r$)。

5. 專案計畫價值變動率的標準差(σ)

因高速鐵路及附屬事業未來營運的不確定性高，同時兩者之未來營運收入及成本估計不易，高速鐵路運輸經營之波動度將參考台灣上市(櫃)公司運輸類股88年至92年間每日收盤指數之年平均波動度作為評價參數，本文波動度之計算係以移動平均模式計算，於上述期間運輸類股加權平均指數之波動度為 $\sigma_{S1} = 0.2327$ ，將據以作為高速鐵路運輸經營期間($0 < t \leq T_s$)其專案價值波動度之基準。惟當高速鐵路無償移轉給政府後，將假設其經營收入日益穩定，其後至高鐵附屬事業特許經營期間間($T_s < t \leq T_r$)之高速鐵路運輸價值波動度為 $\sigma_{S2} = \sigma_{S1} * 80\% = 0.1862$ 。

另因高鐵附屬事業之發展將以主題樂園、百貨公司、商場、觀光旅館、商務辦公大樓等高效率投資，其專案價值變動的基準標準差將參考台灣上市(櫃)公司觀光及百貨貿易類股88年至92年間每日收盤指數之年平均波動度作為評價參數，本文波動度之計算係以移動平均模式計算，因高鐵附屬事業開發的標的類別多樣，故將以觀光類及百貨貿易類之波動度平均計算，於上述期間觀光及百貨貿易類股加權平均指數之波動度分別為0.3086及0.2612，故於高速鐵路及附屬事業一併營運的30年間，高鐵附屬事業專案價值變動的基準標準差以 $\sigma_{R1} = 0.5 * (0.3086 + 0.2612) = 0.2849$ 計算。惟當高速鐵路無償移轉給政府後，高速鐵路營運可能易手委由政府或第三者經營，茲假設其專案價值波動度將呈小量增幅，於 $T_s < t \leq T_r$ 年間高鐵附屬事業專案價值波動度為 $\sigma_{R2} = \sigma_{R1} * 110\% = 0.3134$ 。

6. 期初遞減率(η)

茲參考張大成、賴景文中所述，其假設高速鐵路殘值約以每年4%的速度遞減，此遞減率係類似加速折舊方式，故本文亦將假設高鐵附屬事業專案之期初遞減率為4%。

7. 無風險利率(r)

本文擬採用與專案計畫特許經營期間約略相當年數之公債利率作為本文模擬之無風險利率，但由於高速鐵路計畫營運期間達30年，高速鐵路附屬事業特許經營期間更長達50年，惟國內目前沒有壽期相當之公債殖利率可供使用。所以採用20年期中央政府公債加權平均利率為無風險利率，而其於87年11月至94年02月間之平均利率為4.23%。

8. 折現率(r_d)

高速鐵路運輸主體及其附屬事業之未來經營價值折現率將使用加權平均資金成本法(Weighted Average Cost of Capital; WACC)來加以計算，其方式如下所示：

$$WACC = K_d * (1 - T) * W_d + K_e * W_e$$

W_d ：負債融資佔資產比率， $W_d = 0.75$ 。

W_e ：股權融資佔資產比率， $W_e = 0.25$ 。

其中，

K_d ：融資利率，依92年08月26日台灣高鐵公司發布之公開說明書資料顯示，台灣高鐵公司於89年02月02日與銀行團(交通銀行等25家)簽訂台灣南北高速鐵路計畫聯合授信契約(簡稱授信契約)，總授信額度為新台幣3,233億元。其中包含向經建會申請之政府中長期資金；郵政

儲金2100億元(優惠貸款不加碼)及公教人員退休撫卹基金、勞工退休基金、勞工保險基金各100億元等，上列借款於民國91年及90年度平均借款利率分別約為3.1595%及4.2121%。故考量經建會中長期資金平均利率及聯貸銀行加碼利率，茲假設台灣高鐵公司融資利率為5%。

K_e ：股權資本之預期投資報酬率， $K_e=13.36\%$ ，依高鐵公司91年報資料。

T ：所得稅率，因高速鐵路專案計畫適用於「獎勵民間參與交通建設條例」，該條例之第3章第28條規定，特許廠商於有課稅所得年度起，擁有5年免繳營利事業所得稅之優惠；又第29條規定，投資金額之5%至20%可抵減營利事業所得稅額的50%，另外在第30、31條皆有不同稅捐優惠抵減辦法。因此，茲假設台灣高鐵公司之所得稅率為10%。

$$WACC=5*(1-0.1)*0.75+0.25*13.36=6.72\%$$

9. 相關係數(C)

因高速鐵路運輸主體與附屬事業間之關聯頗深，高速鐵路營運如能提供快速、準點及安全的旅運服務，再加上便捷的聯外道路及轉乘運輸系統，勢必能如其所預估之吸引大量之商務及旅遊人潮，如此對周邊地區之開發將產生放大效果，實有助於高鐵附屬事業的發展。故本文將建立高速鐵路運輸及其附屬事業間價值變動的關聯性，首先模擬高鐵附屬事業專案價值的變動，另隨之模擬高速鐵路運輸主體價值的變動，並將兩者以Cholesky decomposition及Cholesky Factorization方式加以聯結。

當高速鐵路正式營運至其特許經營期間，高速鐵路與其附屬事業間的關聯密切，故假設相關係數 $C_1(0<t\leq T_s)=0.7$ 。惟當高速鐵路特許經營期滿後需移轉予政府時，其間關係可能生變，進而降低相關係數，故假設於 $T_s<t\leq T_r$ 期間，高速鐵路運輸與其附屬事業價值間之相關係數將轉為 $C_2=C_1*0.7=0.49$ (約中度相關)。

綜合以上參數計算及假設，茲整合如表三之高速鐵路附屬事業放棄選擇權評價參數表。

表三 高速鐵路附屬事業放棄選擇權評價參數表

項目	高鐵附屬事業	高速鐵路運輸主體
1 專案計畫特許年限	$T_r=50$ 年	$T_s=30$ 年
2 專案計畫初始價值	$R_0=611$ 億元	$S_0=5,248$ 億元
3 支付率(q)	$q_r=0.15$	$q_s=0.15$
4 專案計畫價值預期的報酬率(μ)	$0\sim T_s \mu_{RI}=0.05$ $T_{S+1}\sim T_r \mu_{RI}=\mu_{RI}$	$0\sim T_s \mu_{SI}=0.05$ $T_{S+1}\sim T_r \mu_{SI}=\mu_{SI}$
5 專案計畫價值變動率的標準差(σ)	$0\sim T_s \sigma_{RI}=0.2849$ $T_{S+1}\sim T_r \sigma_{R2}=\sigma_{RI}*1.1$	$0\sim T_s \sigma_{SI}=0.2327$ $T_{S+1}\sim T_r \sigma_{S2}=\sigma_{SI}*0.8$
6 期初殘值	$P_a=281$ 億元	
7 殘值遞減率	$\eta=0.04$ —加速折舊	
8 無風險利率(r)	$r=4.23\%$	
9 折現率(r_d)	$r_d=6.72\%$	
10 相關係數(C)	$0\sim T_s C_1=0.7$ $T_{S+1}\sim T_r C_2=C_1*0.7$	

五、模型模擬結果及敏感性分析

(一) 模擬結果

首先僅單獨針對高鐵附屬事業評估其放棄選擇權之價值，暫不予以建立高速鐵路及其附屬事業價值間之變動關係。利用有限差分法及蒙地卡羅模擬法來各別求算BOT附屬事業的放棄選擇權價值，一來了解BOT附屬事業的放棄選擇權價的大小，二來比較有限差分法及蒙地卡羅模擬法兩者間的差異。本文使用Matlab應用軟體來撰寫程式。

以蒙地卡羅模擬法計算高速鐵路附屬事業放棄選擇權價值為14.18億元，佔其專案初始價值之 $14.18/611=2.32\%$ 。另使用有限差分法計算高速鐵路附屬事業放棄選擇權價值為13.48億元，佔其專案初始價值之 $13.48/611=2.21\%$ ，兩種方式所得結果相差 $14.18-13.48=0.7$ 億元(約 $0.7/13.48=5.2\%$)，約佔其專案初始價值之 $0.7/611=0.11\%$ ，表示蒙地卡羅模擬法與有限差分法之計算結果相近。

蒙地卡羅模擬法所得結果因常態分佈型態之隨機亂數的變動而不同，多次計算後平均各路徑結果，故其每次評價將有些微差異。有限差分法因係推導差分式，以後推歸納法計算，當假設參數不變時，其結果皆相同。但就蒙地卡羅分析法而言，程式編寫及數理模型較為簡單，所得結果亦不差，故不失為簡易的數值分析方式。

接下來我們要考慮主體事業與附屬事業的相關聯性，以蒙地卡羅模擬法估計附屬事業的放棄選擇權。

依據表三之基本參數計算，高鐵附屬事業之放棄選擇權價值將大幅縮減至1.16億元，僅佔高鐵附屬事業初始價值之 $1.16/611=0.19\%$ ，幾乎毫無放棄選擇權價值。當我們僅單獨考量高速鐵路附屬事業放棄選擇權價值時，使用蒙地卡羅模擬法計算，其價值為14.18億元，遠高於考量兩者關係建立後的1.16億元，兩者差異頗巨。主要係因高速鐵路運輸主體價值龐大，對其附屬事業價值產生正面影響，進而減低高鐵附屬事業放棄選擇權之價值。這告訴我們當評價BOT附屬事業選擇權價值時，實有必要建立BOT主體與其附屬事業價值間的關聯，以避免過度評價，進而影響關係人之決策。

依張大成、賴景昌(2000)所述；在高鐵期初價值5,200億元的條件下，評估該計畫之放棄選擇權價值達633.38億元，佔其期初價值之12.18%。另於其興建服務合約第14章第2條規定；「特許廠商應於營運前提供新台幣50億元之履約保證金，持續至特許營運屆滿，而若特許廠商無違約情事時，每屆滿一年遞減新台幣5億元之履約保證金，但總遞減總數不得超過30億元。」，台灣高鐵公司雖可無償取得12.18%的放棄價值，但履約保證金的設計，應可增加台灣高鐵公司貿然執行放棄選擇權的障礙。

本文利用蒙地卡羅模擬法所估計之高鐵附屬事業選擇權價值僅1.16億元，佔高鐵附屬事業初始價值之 $1.16/611=0.19\%$ ，幾乎毫無放棄價值。

為驗證BOT主體事業的放棄決策是否會影響其附屬事業放棄選擇權之價值，茲針對高速鐵路特許經營期間主體事業與附屬事業的C1(相關係數)加以變動，假設 $C1=0.7$ ，係代表兩者間之高度相關特性，現假設如高速鐵路主體決定放棄經營時，C1將向下調整為0.5(表中度相關)，以模擬其它經營者對高鐵附屬事業的關係將有所改變，降低對高鐵附屬事業的協助及助益。

本文假設高速鐵路主體不放棄經營及分別於5年、10年、15年、20年及25年後放棄其特許經營權，依此方式共分6組(A、B..F)，來分別模擬，以作為各別母體樣本的基準，整體樣本數如表四所示。

表四 主體事業放棄時，相關係數C1變動下之附屬事業放棄選擇權價值模擬

	A組	B組	C組	D組	E組	F組
主體事業放棄時間	不放棄	第五年底	第十年底	第十五年底	第二十年底	第二十五年底
平均價值	1.209243	1.42611	1.425137	1.416663	1.36955	1.297543
標準差	0.091334	0.103683	0.083827	0.086071	0.080218	0.071629

為避免犯型I誤差的機會，將使用單因子變異數分析，如變異數分析的檢定結果為拒絕虛無假設(H_0)時，將進一步使用Tukey's Multiple Comparison Method來考量各分組差距的程度。以確認BOT主體決定繼續或放棄經營時，是否會影響其附屬事業選擇權的價值？

本文依單因子變異數分析檢定步驟分別模擬及計算，在顯著水準 $\alpha=5\%$ 下， $F=30.7385 > F_{0.05,5,174}=2.2661$ 。表示高速鐵路主體繼續或放棄經營對其附屬事業放棄選擇權價值有影響。由單因子變異數分析得知；高速鐵路主體繼續經營時，其附屬事業放棄選擇權的價值平均數與當高速鐵路主體決定放棄經營時，其附屬事業放棄選擇權的價值平均數不同。但其間的差異程度為何？將使用Tukey's Method來加以衡量。

先決定臨界值w

$$w = q_{\alpha}(k, v) \sqrt{\frac{MSE}{n_g}}$$

k：母體的個數

$v = n - k$

n_g ：各個母體的樣本數

α ：顯著水準

$q_{\alpha}(k, v)$ ：studentized range的臨界值

$$q_{\alpha}(k, v) = q_{0.05}(6, 174) \approx q_{0.05}(6, 120) \approx 4.08$$

$$w = q_{\alpha}(k, v) \sqrt{\frac{MSE}{n_g}} = 4.08 \sqrt{\frac{0.0075}{30}} = 0.0646$$

再計算兩兩母體間之樣本平均值之差，並與w比較，若大於臨界值，則可得知此兩母體的平均值有顯著的差異。其結果如表五所示。由以上計算結果得知A組(高速鐵路主體繼續經營)與其它各組(高速鐵路主體分期放棄)母體間有顯著的差異。故將可再次驗證ANOVA的結論，即「高速鐵路主體繼續或放棄經營對其附屬事業放棄選擇權價值有顯著之影響」。

表五 Tukey's Method組間差異表

本表係以Tukey's method驗證不同主體事業放棄時間點的分組附屬事業放棄選擇權模擬價值是否存在顯著差異。

項目	組間編碼	樣本平均值差	組間差異性
1	AB	0.2169	顯著
2	AC	0.2159	顯著
3	AD	0.2074	顯著
4	AE	0.1603	顯著
5	AF	0.0883	顯著
6	BC	0.0010	不顯著
7	BD	0.0094	不顯著
8	BE	0.0566	不顯著
9	BF	0.1286	顯著
10	CD	0.0085	不顯著
11	CE	0.0556	不顯著
12	CF	0.1276	顯著
13	DE	0.0471	不顯著
14	DF	0.1191	顯著
15	EF	0.0720	顯著

(二) 敏感性分析

高鐵附屬事業放棄選擇權評價所使用之參數頗多，以下茲分別針對各參數種類進行比較靜態分析。將以表三之基本參數值上下調整 $\pm 20\%$ ，作為變動比較方式，惟於殘值遞減率部份，因如殘值遞減率=0時，即表示高鐵附屬事業專案價值係以直線折舊方式遞減，故本文將分別探討殘值遞減率=0及8%的變動影響。分析結果請見表六。

表六 附屬事業放棄選擇權價值敏感性分析比較表

變數	基本參數	附屬事業		主體事業	
		基本參數*1.2	基本參數*0.8	基本參數*1.2	基本參數*0.8
特許年限	1.1626	1.8836	0.5213	1.1387	1.2616
初始價值	1.1626	1.1269	1.3111	0.9928	1.4715
支出率	1.1626	1.5411	0.7966	2.7535	0.3911
預期報酬率	1.1626	1.0692	1.3379	0.7996	1.6394
價值變動率	1.1626	1.4327	0.9524	1.6728	0.5194
期初殘值	1.1626	1.8140	0.6825		
殘值遞減率	1.1626	0.0375	13.6635		
折現率	1.1626	1.0305	1.3612		
相關係數	1.1626	1.0042	1.4354		

1. 專案計畫特許年限

高鐵附屬事業特許經營年限增加將會提高其放棄選擇權價值，反之，減少高鐵附屬事業特許經營年限將降低其放棄選擇權價值。因高速鐵路本身價值規模龐大，如增加高速鐵路特許經營年限，將相對增加其對附屬事業經營價值的影響。故增加高速鐵路本身特許經營年限，將降低高鐵附屬事業放棄選擇權之價值，反之，減少高速鐵路特許經營年限則將增加其附屬事業放棄選擇權價值。高鐵附屬事業特許經營年限比高速鐵路主體經營年限，對附屬事業放棄選擇權的影響為大。

2. 專案計畫初始價值

高鐵附屬事業初始價值增加將會小幅降低其放棄選擇權價值，反之，減少高鐵附屬事業初始價值將會大幅增加其放棄選擇權價值。因高速鐵路本身價值規模龐大，如增加高速鐵路初始價值將相對增加其對附屬事業經營價值的影響，故增加高速鐵路主體初始價值將降低高鐵附屬事業放棄選擇權價值，反之，減少高速鐵路初始價值則將增加其附屬事業放棄選擇權價值。高速鐵路主體初始價值的增減比高鐵附屬事業初始價值的增減對其附屬事業放棄選擇權的影響為大。

3. 支出率

高鐵附屬事業支出率增加將會相對增加其放棄選擇權價值，反之，減少高鐵附屬事業支出率將會降低其放棄選擇權價值。因高速鐵路主體價值規模龐大，如增加高速鐵路主體支出率將降低其對附屬事業經營價值的影響，進而增加高鐵附屬事業放棄選擇權價值，反之，減少高速鐵路主體支出率則將減少其附屬事業放棄選擇權價值。高速鐵路主體支出率的增減比高鐵附屬事業支出率的增減對其附屬事業放棄選擇權的影響為大。

4. 專案計畫價值預期的報酬率

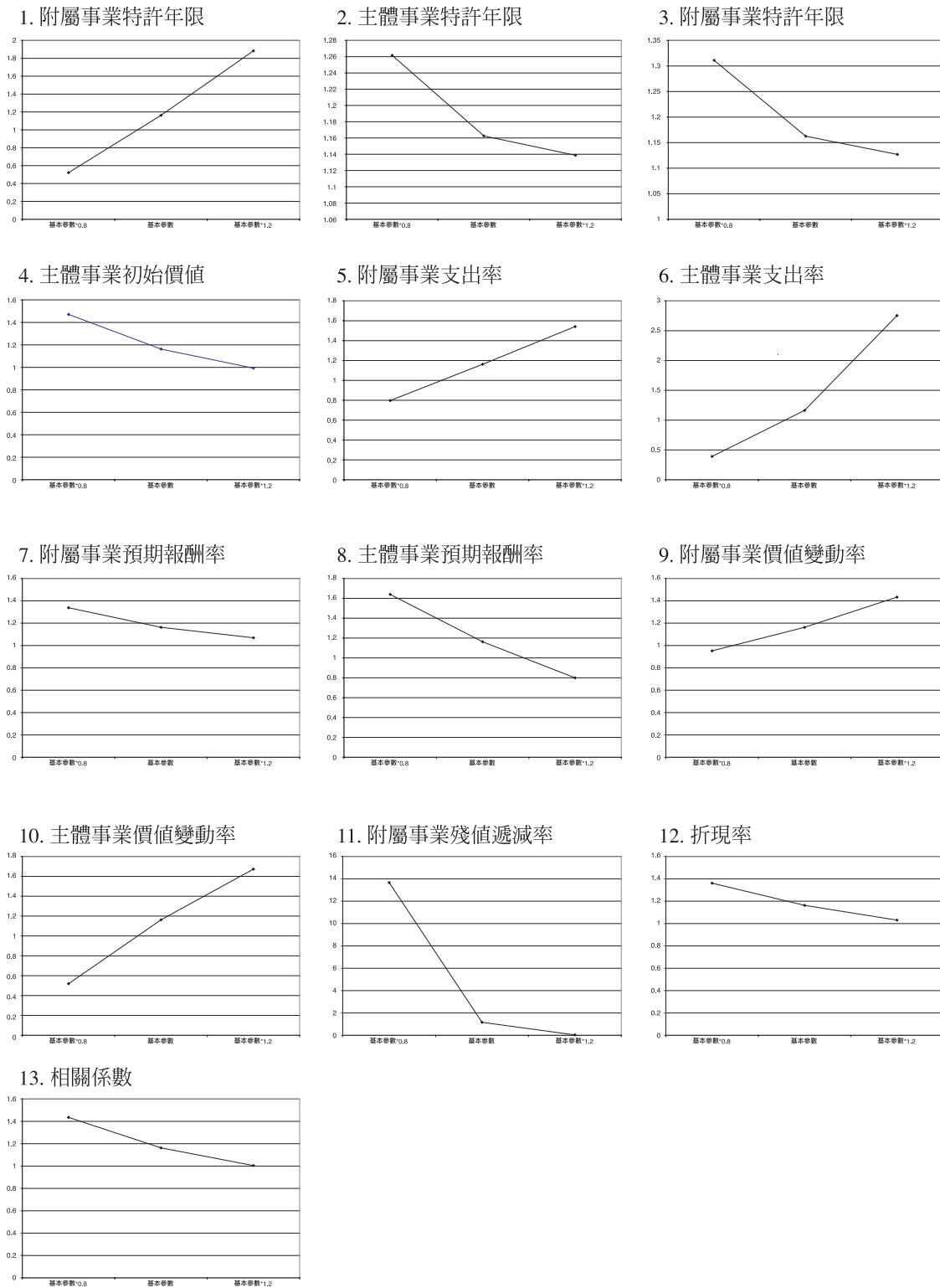
在高速鐵路特許經營期限(35年)內，高鐵附屬事業與高速鐵路主體的預期報酬率與高鐵附屬事業放棄選擇權價值間係呈現負關聯，即高鐵附屬事業及高速鐵路經營之預期報酬率增加，則將會降低高鐵附屬事業之放棄選擇權價值，反之，高鐵附屬事業及高速鐵路經營之預期報酬率降低，反而會增加高鐵附屬事業之放棄選擇權價值。當高速鐵路特許經營期限年滿後，高速鐵路將無償轉移給政府，惟其附屬事業之特許經營期限尚有25年，於此時無論高鐵附屬事業及高速鐵路經營之預期報酬率增減皆會增加高鐵附屬事業放棄選擇權價值，惟對其放棄選擇權價值影響不顯著。在高速鐵路特許經營期限(35年)內，高速鐵路經營預期報酬率的增減比高鐵附屬事業經營預期報酬率的增減對其放棄選擇權的影響為大。

5. 專案計畫價值變動率的標準差(波動度)

在高速鐵路特許經營期限(35年)內，高鐵附屬事業波動度與其放棄選擇權價值間呈正關聯，惟高速鐵路經營之波動度的增減變動將使高鐵附屬事業放棄選擇權價值降低。當高速鐵路特許經營期限年滿後，高速鐵路將無償轉移給政府，惟其附屬事業之特許經營期限尚有15年，於此時高鐵附屬事業波動度的增減皆會使其放棄選擇權增加，惟對其放棄選擇權價值影響並不顯著。於此期間高速鐵路經營之波動度對高鐵附屬事業放棄選擇權價值則呈正關聯。

6. 殘值遞減率

高鐵附屬事業殘值遞減率降低將會提高其放棄選擇權價值，反之，增加高鐵附屬事業殘值遞減率將會降低其放棄選擇權價值。因殘值遞減率=0%時，係表示高鐵附屬事業將以直



圖四 附屬事業放棄選擇權價值敏感性分析比較圖

線方式折舊，相對於加速方式折舊，其每期殘值較高，就放棄選擇權評價而言，執行價格較高，將可提高其選擇權價值。

7. 折現率

高鐵附屬事業折現率增加將會降低其放棄選擇權價值，反之，減少高鐵附屬事業折現率將會增加其放棄選擇權價值。放棄選擇權是一個賣權(put option)。在選擇權理論中，利率的增加會使得買權(call options)的價值增加，但會使得賣權的價值減少。本文研究的結果與選擇權理論相符(註9)。

8. 相關係數

在高速鐵路特許經營期間(35年)內，高速鐵路主體與其附屬事業經營價值之相關係數與高鐵附屬事業放棄選擇權價值間將呈負關聯，係因相關係數增大，高速鐵路將影響其附屬事業之經營價值，且隨之增加，故減少高鐵附屬事業之放棄選擇權價值。反之，當高速鐵路與其附屬事業經營價值之相關係數減少，高速鐵路將降低其對附屬事業經營價值之影響，因而增加高鐵附屬事業之放棄選擇權價值。當高速鐵路特許經營期限年滿後，高速鐵路將無償轉移給政府，惟其附屬事業之特許經營期限尚有15年，於此時高速鐵路與其附屬事業經營價值之相關係數將調低，此時高速鐵路與其附屬事業經營價值之相關係數亦與高鐵附屬事業選擇權價值呈負相關。因於高速鐵路特許經營期間，兩者之相關係數(C_1)高，故其對高鐵放棄選擇權的影響變動比 C_2 對高鐵放棄選擇權為大。

從表六及圖四中我們可以看出，影響附屬事業放棄選擇權價值重要的因素有附屬事業殘值遞減率及附屬事業期初價值。這兩個變數主要是放棄選擇權標第物(underlying asset)的價值變數，就像是股票賣權中股票的價值，是影響賣權價值的重要變數。主體事業與附屬事業間的相關係數也是影響附屬事業放棄選擇權價值的重大變數，尤其是我們發現當相關係數愈大時，放棄選擇權價值愈小，這顯示，我們在評價附屬事業的放棄選擇權價值時，不可以忽略主體事業對附屬事業經營的影響。

六、結論與建議

因政府財政困難，但為鼓勵民間投資於公共建設，大量採BOT方式進行，但部份專案計畫自償率不足，政府又無力就非自償部份注入資金，故考量以附屬事業增加該專案計畫未來潛在收益的可能性，作為吸引民間投資意願的替代方式。本文探討附屬事業的放棄選擇權如何對整個BOT專案計畫價值的影響，研究結果可作為政府、民間投資者及銀行間評估的重要課題，以作為投資決策、雙(三)方合約擬訂的參考。

我們的研究結果發現，以蒙地卡羅模擬法單獨計算高速鐵路附屬事業放棄選擇權價值，與使用有限差分法單獨計算高速鐵路附屬事業放棄選擇權價值，兩種方式所得結果相差不大。蒙地卡羅模擬法所得結果因常態分佈型態之隨機亂數的變動而不同，多次計算後平均各路徑結果，故其每次評價將有些微差異。有限差分法因係推導差分式，以後推歸納法計算，當假設參數不變時，其結果皆相同，惟欲使用有限差分法解決實質選擇權評價問題前，須先推導偏微分方程式及差分式，以利電腦程式撰寫，但往往因BOT計畫之性質複雜，增加方程式推導之困難度。就蒙地卡羅分析法而言，程式編寫及數理模型較為簡單，所得結果亦不差，故不失為簡易的數值分析方式。

當僅考量高速鐵路附屬事業放棄選擇權價值時，使用蒙地卡羅模擬法計算，其價值為14.18億元，而當考量主體事業與附屬事業兩者之間的關聯後，高速鐵路附屬事業放棄選擇權價值將大幅縮減至1.16億元，兩者差異頗巨。主要係因高速鐵路運輸主體價值龐大，對其附屬事業價值產生正面影響，進而減低高鐵附屬事業放棄選擇權之價值。故當評價BOT附屬事業選擇權價值時，實有必要建立BOT主體與其附屬事業價值間的關聯，以避免過度評價，進而影響關係人之決策。

依張大成、賴景昌(2000)所估計，台灣高鐵公司有12.18%的主體事業放棄價值。但本文利用蒙地卡羅模擬法所估計之高鐵附屬事業選擇權價值僅1.16億元，佔高鐵附屬事業初始價值之 $1.16/611=0.19\%$ ，幾乎毫無放棄價值。

本文分別使用單因子變異數分析(ANOVA)及Tukey's Multiple Comparison Method對高速鐵路主體繼續經營與分期放棄時，各組母體之附屬事業放棄選擇權價值加以檢定。發現高速鐵路主體繼續或放棄經營對其附屬事業放棄選擇權價值有影響。

由本文所作之模擬參數敏感性分析結果得知，高速鐵路運輸主體對其附屬事業經營價值的影響頗大，進而影響高鐵附屬事業放棄選擇權的價值，其中尤以高速鐵路運輸主體期初價值、支出率、預期報酬率及波動度等參數對高鐵附屬事業放棄選擇權價值的影響較大。

目前實質選擇權研究皆著重於主體專案計畫的價值評估，對其附屬事業的價值就較少注意，本文僅就高鐵附屬事業個案加以模擬，惟就台灣南北高速鐵路BOT專案而言，高速鐵路運輸對其附屬事業價值會產生影響外，高鐵附屬事業所產生的群聚效應對高速鐵路運輸的營運亦會產生正面的影響，兩者價值將彼此相互影響，進而影響研究標的實質選擇權的價值，故如何進一步模擬此交互影響現象，對彼此價值產生的變動，應為值得探討的課題。本文僅針對高速鐵路附屬事業放棄選擇權的價值加以探討，但高速鐵路附屬事業專案應含有其它實質選擇權價值，因此，評價高速鐵路運輸對其附屬事業的其他或多重選擇權之影響，亦為後續研究努力的課題。本文係假設高鐵附屬事業與高鐵主體同時興建完成，並開始營運。惟高鐵附屬事業之規劃及興建尚需數年甚至長達數十年之時間的發展，故如能針對高鐵附屬事業之規劃、興建期間加以考量，當能對其選擇權價值作更為詳盡的衡量。

註 釋

註 1：台灣的許多BOT案皆允許經營附屬事業，這可從許多的案例名稱中看出，如台東縣政府「深層海水觀光遊憩重大設施及附屬事業」(BOT)案，「國立臺灣海洋大學女生宿舍及附屬事業徵求民間自行規劃投資興建營運(BOT及ROT)」，及「國立台灣大學學生宿舍及附屬事業徵求民間自行規劃投資興建營運(BOT)」等。

註 2：台灣高鐵公司所獲之特許權與特許期間：

- * 高鐵興建營運特許權：興建營運台北(汐止)至高雄(左營)間高速鐵路及其附屬設施；特許期間自簽約日起算，包括特許興建期及特許營運期合計三十五年。
- * 站區開發使用權：辦理桃園、新竹、台中、嘉義、台南等五座車站站區用地之開發及經營其附屬事業；其中車站用地之開發經營期間與高鐵興建營運特許權期間相同，事業發展用地之開發經營期間為自土地交付日起算五十年。
- * 高鐵營運附屬事業經營權：依相關法令在高鐵路線、車站及維修基地用地範圍內，經營高鐵營運附屬事業；其經營期間與高鐵興建營運特許權期間相同。

註 3：資料來源：交通部高速鐵路工程局。後來因為土建及軌道工程經費增加，使得總成本更提升。

註 4：根據台灣高速鐵路股份有限公司副總經理林天送先生(1998)「台灣南北高速鐵路計畫簡介」的簡報資料。

車站位址	開發主題	事業發展用地淨收益
桃園	國際機場城市	236.89億
新竹	高科技商務園區	17.36億
台中	轉運中心商業特區	278.47億
嘉義	旅遊休閒中心	34.86億
台南	台南新生活圈	43.84億
合計		611.42億

註 5：附屬事業事有可能有出售型。惟出售型在開發完成後採出售方式，沒有本文所討論的放棄選擇權問題。本文著重在經營型附屬事業的放棄與否的決策分析。

註 6：台灣高鐵公司董事長殷琪於2005年9月8日宣布高鐵延後一年通車，即是彈性調整工期選擇權的應用。

註 7：根據台灣高鐵2004年9月17日宣布的財務調整計畫估算。

註 8：德商Morgan Grenfell是台灣高鐵的財務顧問。1993年德意志銀行收購了英國投資銀行Morgan Grenfell。

註 9：請參閱Stoll & Whaley (1993), p227, (11.34b)式， $\frac{\partial p}{\partial r} = -TXe^{-rT} N(-d_2) < 0$ 。

參考文獻

余尚武、邱雪娥

2003 〈BOT 專案決策支援系統：實質選擇權之應用〉《中華管理學報》4 (3)：1-22。

張大成、賴景昌

2000 〈BOT 放棄價值的評估—以台灣高速鐵路為例〉《管理學報》17 (3)：441-460。

馮世道、姜堯民、林炯堦

1999 〈台灣高鐵 BOT 專案的實質選擇權價值〉《中國財務學會 1999 年會暨財務金融學術論文集》。

Berger, P. G., E. Ofek, & I. Swary

1996 “Investor Valuation of the Abandonment Option,” *Journal of Financial Economics*. 42: 257-287.

Black, F. & M. Scholes

1973 “The Pricing of Options and Corporate Liabilities,” *Journal of Political Economy*. 81: 637-659.

Boyle, P.

1977 “Options: A Monte Carlo Approach,” *Journal of Financial Economics*. 4: 323-338.

Brennan, M. J. & E. S. Schwartz

1985 “Evaluating Natural Resource Investment,” *Journal of Business*. 58(2): 135-157.

Charoenpompattana, Santi, Takayuki Minato & Shunsuke Nakahama

2003 “Government Supports as bundle of Real Options in Built– Operate- Transfer Highways Projects,” 7th Annual International Conference on Real Options, Washington DC.

Cox, J., S. Ross & M. Rubinstein

1979 “Option Pricing: A Simplified Approach,” *Journal of Financial Economics*. 7: 229-263.

Daley, L., Mehrotra, V., & Sivakumar, R.,

1997 “Corporate Focus and Value Creation: Evidence from Spinoffs,” *Journal of Financial Economics*. 45: 257–281.

Desai, H., & Jain, P.C.,

1999 “Firm Performance and Focus: Long-Run Stock Market Performance Following Spinoffs,” *Journal of Financial Economics*. 54: 75–101.

Fisher, G. & S. Babbar

1996 “Private Financing of Toll Roads,” RMC Discussion Paper Series 117, the World Bank, Washington D.C.

John, K., & Ofek, E.,

1995 “Asset Sales and Increase in Focus,” *Journal of Financial Economics*. 37: 105–126.

Majd, S. & R. Pindyck

1987 “Time to Build, Option Value, and Investment Decisions,” *Journal of Financial Economics*. 18 (March): 7-27.

McDonald, R. & D. R. Siegel

1985 “Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shut Down,”

International Economic Review, 26: 331-349.

Merton, R. C.,

1973 "Theory of Rational Option Pricing," *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4: 141-183.

Myers, S. C.,

1977 "Determinants of Corporate Borrowing," *Journal of Financial Economics*, 5: 146-175.

Myers S.C. & S. Majd,

1990 "Abandonment Value and Project Life," *Advances in Futures and Options Research*, 4: 1-21.

Schwartz, E.S.

1977 "The Valuation of Warrants: Implementing a New Approach," *Journal of Financial Economics*, 4: 79-93.

Slovin, Myron B, & Marie E Sushka

1997 "The Implications of Equity Issuance Decisions Within a Parent-Subsidiary Governance Structure," *The Journal of Finance*, 52(2): 841.

Stoll, Hans R. & Robert E. Whaley

1993 *Futures and Options: Theory and Applications*, Cincinnati: South-Western Publishers.

Trigeorgis, L.,

1996 *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, New York: MIT Press.