管 理 與 系 統
第十三卷 第四期 民國九十五年十月
393-413頁

Journal of Management & Systems
Vol. 13, No. 4, October 2006
pp.393-413

不同隨機影響規模下創投投資決策：實質選擇權法

Assessing Venture Capital Investment Decisions with Different Stochastic Impact Scales：A Real-Options Approach

邱清顯[1] Ching-hsien Chiu 劉維琪[2] Victor W. Liu 林達榮[3] Tyrone T. Lin

國立中山大學企業管理學系
遠東科技大學企業管理系

國票金融控股公司
國立中山大學企業管理學系

國立東華大學國際企業學系

[1]Department of Business Administration, National Sun Yat-Sen University and Department of Business Administration ,Far East University,[2]Waterland Financial Holdings Co., Ltd and Department of Business Administration, National Sun Yat-Sen University and [3]Department of International Business, National Dong Hwa University

(Received December 2, 2004; Final Version April 21, 2006)

摘要：本文假設創投公司未來現金流量，依循算術布朗運動與布阿松（跳躍）過程，隨機影響規模分別爲常態分佈、負指數分佈與 Laplace 分佈，利用實質選擇權法分析創投公司一次全部投入、分階段投資、清算或轉換決策。全文利用等價及平滑條件評估不同決策的門檻值與價值。最後，針對不同隨機影響規模對於一次全部投入、分階段投資、清算或轉換價值的影響進行比較。

關鍵詞：創業投資、跳躍擴散過程、隨機影響規模、實質選擇權

Abstract：This paper assumes the future cash flows of a venture capital company which follow an arithmetic Brownian motion and Poisson (jump) process, and utilizes the real options approach for analyzing the policy for lump-sum investment, staging investment, liquidation and convertibility. The stochastic impact scales are presented as normal, negative exponential, and Laplace distributions, respectively. This study is evaluated by value matching and smooth pasting conditions to assess the thresholds and value for different decisions. Finally, we compare the effect of different stochastic impact scales on the values for lump-sum investment, staging investment, liquidation and convertibility.

Keywords **:** venture capital, jump-diffusion process、stochastic impact scales、real options

1. 緒論

以往創投相關文獻，在研究創投投資階段之議題時，主要從實證性或以描述性觀點，進行創投投資準則評估，缺乏以經濟角度從事投資決策模型數理分析。通常評估投資專案時，以淨現值 (NPV，net present value) 法最常用，其決策準則係在靜態與確定情境下進行評估，不符實際動態不確定性投資環境之考量。Trigeorgis and Mason (1987) 指出傳統NPV法無法適切衡量或忽略不確定性，容易造成實際結果與預測結果嚴重落差，同時決策者缺乏依據投資市場情況進行調整能力，即傳統NPV法忽略投資決策中的管理彈性，純粹以傳統評估方法將無法提供創投正確合理的專案投資評價結果。實質選擇權 (real options) 法納入不確定性的影響，恰可改善NPV法忽略投資決策中的管理彈性的缺失。而創業投資與傳統投資不同，主要的投資標的大多是高科技、高風險之投資案；就創投公司而言，投資案價值除了受不確定性影響外，尚有突發事件的衝擊。如何衡量不確定性與特定跳躍風險，對於創投投資價值及門檻值的影響，將是評估創業投資評價時一項重要課題。

本文利用實質選擇權法，針對創投公司投資新創公司所產生之現金流量依循算術布朗運動 (arithmetic Brownian motion) 與布阿松 (跳躍) 過程 (Poisson (jump) process)，假設跳躍過程之影響規模分別爲常態、負指數與Laplace (雙指數) 分佈時，其一次全部投入投資、分階段投資、清算或轉換決策評估準則進行探討。利用Dixit and Pindyck (1994) 之等價條件 (value matching conditions) 及平滑條件 (smooth pasting conditions) 求算不同隨機影響規模之一次全部投入、分階段投資、清算或轉換價值與門檻值，並與Cossin *et al.* (2002) 模型之決策價值進行比較。最後，運用數值分析及敏感度分析針對模型重要參數對創投公司一次全部投入、分階段投資、清算或轉換決策價值影響程度進行說明。

Berk *et al.* (2004) 曾針對以實質選擇權法探討創投公司投資價值的文獻進行整理。Berk *et al.* (2004) 將系統風險與特定風險 (idiosyncratic risk) 納入專案評估中，利用貝魯曼方程式推導n階段新創企業研發投資決策，評估風險溢酬及專案價值。Cossin *et al.* (2002) 利用實質選擇權法探討創投契約四個特點，包含創投資金投資時點、投資期間、清償特別股、轉換、以及反稀釋等。

創投契約中的階段性投資特色，可視爲互利條款，提供創投公司一個再投資或是放棄的選擇權。Cossin *et al.* (2002) 據此，推導出分階段投資、轉換、清算的價值與門檻值，並以敏感度分析探討模型參數對於分階段投資、轉換、清算的價值的影響。Hsu (2002) 利用條件依附請求權分析 (Contingent Claim Analysis)，探討創業投資分階段投資決策，將投資機會視爲具多重波動性選擇權型態，並一般化Black and Sholes (1973) 及Geske (1979) 的公式，得出二階段複合實質選擇權。許培基等人(民79) 亦利用實質選擇權觀點，探討隱涵選擇權價值對創投投資決策影響。

本文與Cossin *et al.* (2002)、Berk *et al.* (2004) 和Hsu (2002) 都是以創投專案爲研究對象。然而， Cossin *et al.* (2002)、Berk *et al.* (2004) 和Hsu (2002) 都是假設決策變數隨機過程爲幾何布朗運動，本文則以算術布朗運動加入隨機跳躍影響過程進行評估。此外，本文與Cossin *et al.* (2002)、Berk *et al.* (2004) 及Hsu (2002) 文章在研究目的、特色、焦點截然不同。Cossin *et al.* (2002) 利用實質選擇權分析階段投資、轉換或清算的價值與門檻值。Berk *et al.* (2004) 研究特色在於將未來現金流量不確定性分成系統風險與技術的特定風險 (idiosyncratic risk) 評估創投的價值與風險溢酬。而Hsu (2002) 假設，(1)新創企業風險隨時間改變，(2)企業家的誘因是假設最大化取得下一回合投資的機率，探討創投一次全部投入投資價值與階段投資價值的風險性大小。本文則假設新創公司所產生之現金流量除了依循算術布朗運動，加入不同隨機影響，分別爲常態、負指數、與Laplace (雙指數) 分佈。

前述文獻考慮投資價值爲連續 (擴散) 過程，投資期間沒有突發事件發生之可能性。然而，在創投的投資評價過程中，經常存在突發事件，例如公司技術創新、競爭者加入、或取消創投優惠條例等，可能造成投資價值不連續跳動，傳統實質選擇權評估模式往往以連續模式進行探討，忽略突發事件對投資價值跳動之影響。因此部份文獻建議用跳躍過程取代連續(擴散)過程評估創業投資價值。其中以Willner (1995)、Pennings and Lint (1997) 最具代表性。Willner (1995) 認爲新創企業具有成長選擇權之特色，傳統選擇權法假設現金流量僅爲擴散過程，不適用於新創企業的評價。而Pennings and Lint (1997) 則利用跳躍過程探討技術進步或助競爭者加入對於創投投資價值變化影響。

若干文獻中亦有將擴散與跳躍過程合併考量之建議。Brunn and Bason (2001) 指出Merton (1976) 在衍生性金融商品評價上所發展的跳躍擴散 (jump diffusion) 模型，亦適用於評價創投投資專案的價值。Dixit and Pindyck (1994) 與本文皆採用此種方法。Dixit and Pindyck (1994) 採用跳躍擴散過程進行投資價值評估，但將跳躍過程的影響視爲增加或降低投資價值之非隨機影響，本研究則將跳躍影響視爲隨機分佈，進一步探討隨機影響規模對門檻值之影響程度。Merton (1976) 將跳躍影響視爲隨機常態分佈，而Kou (2002) 指出指數分佈的跳躍與擴散模式才可突顯資產價值呈高狹峰 (leptokurtic) 特性，(Ramezani and Zeng, 1999) 實證研究顯示指數分佈之跳躍與擴散模式，比常態之跳躍與擴散模式更符合實際股價波動情形。而Kou (2002) 指出，模型使用必須考慮經濟意涵，他認爲利用指數型 (雙指數或負指數)跳躍與擴散模式的動機之一係來自行爲財

務概念，實證研究 (Fama, 1998與Barberis *et al.*, 1998) 指出市場對於利多或利空消息存在過度反應或反應不足現象，模型的跳躍部份可視為對外在消息或事件之反應。亦即若不存在外在事件或消息下，資產價格變化僅符合擴散過程 (幾何布朗運動)。若出現外在消息或事件則依循跳躍過程 (布阿松過程)，資產價格變動依據跳躍規模分佈反應。因為指數分佈具有高狹峰與厚尾 (heavy tails) 特性，恰可用以表達過度反應或反應不足現象。本文將跳躍過程對創投投資價值變化影響視為Laplace (雙指數) 分佈或負指數分佈，結合跳躍與擴散過程分析不同隨機分佈之創投一次全部投入、分階段投資、清算或轉換決策門檻值。

本文數值分析結果顯示，考慮不同隨機分佈之創投決策模型比Cossin *et al.* (2002) 模型，得以更合理評估其一次全部投入、分階段投資、清算或轉換決策彈性價值。本文的結論可做為創投業者在進行各種決策的參考依據。

全文結構如下，除緒論外，第二節建立創業投資一次全部投入最適投資模式，並利用等價條件及平滑條件，求解不同隨機影響規模下創業投資最適投資價值及門檻，第三節以Cossin *et al.* (2002) 和Hsu (2002) 為基礎進行模型擴展，推導不同隨機影響規模下分階段投資、轉換、清算門檻值與決策價值。第四節利用數值分析與敏感度分析，探討不同參數變動對創投一次全部投入、分階段投資、清算或轉換價值的影響並將本文與Cossin *et al.* (2002)、Berk *et al.* (2004) 及Hsu (2002) 結果比較。最後則為本文結論。

2. 模式建構

本文假設創投公司投資專案之現金流量同時服從算術布朗運動與布阿松過程，分析一次全部投入最適投資決策。同時，假設影響規模呈現不同隨機分佈，分別是常態分佈、Laplace (對稱雙指數) 分佈及負指數分佈，檢視其最適投資門檻及決策價值。為簡化分析，假設創投公司僅投資一項投資案，暫不考慮競爭對手存在，且為風險中立。另外，創投公司的投資決策為不可逆且是一次全部投入資金的投資案。假設創投公司投資專案之現金流量 x 服從算術布朗運動[1]與布阿松過程，如(1)式所示 (Dixit and Pindyck, 1995)：

$$dx = \alpha dt + \sigma dz + qdJ \tag{1}$$

1 通常狀態變數假設服從幾何布朗運動 (geometric Brownian motion)，見Dixit and Pindyck (1994) 相關研究。事實上，還存在其它隨機過程，例如：算術布朗運動 (arithmetic Brownian motion)、均數回復過程 (mean-reverting process) 等。本文依循Duffie *et al.* (1997) 和Miao and Wang (2004) 的看法，採用算術布朗運動，原因在於考量投資可能出現損失，即早期現金流量可能出現負值的情況，更符合創投投資實際情況。

其中，α 爲現金流量成長率，σ 爲現金流量成長率之標準差，dz 爲標準Wiener過程增量，即 $dz \sim N(0,dt)$，q 爲隨機影響規模表示突發事件對於投資專案現金流量之影響，q 分別依循常態、Laplace與負指數分佈。dJ 爲突發事件的變動過程服從布阿松過程增量，而突發事件平均發生頻率爲 λ，且 dz 與 dJ 相互獨立，即 $E(dzdJ)=0$，而突發事件發生機率爲 λdt，不發生機率爲 $1-\lambda dt$。以下各節針對創投一次全部投入投資前之潛在投資機會價值、進行投資後之決策價值、創投最適投資門檻進行說明與推導。

2.1 創投一次全部投入潛在投資機會價值

本節利用動態規劃法，推導創投一次全部投入之潛在投資機會價值 (選擇權價值)。假設創投未投資前之潛在投資機會價值爲 $V_0(x)$。若創投未投資前無任何現金流量，r 爲折現率，則潛在投資機會價值 $V_0(x)$ 之無限期Bellman方程式如下：

$$rV_0(x)dt = E[dV_0(x)] \tag{2}$$

(2)式表示單位時間 dt 投資決策期望報酬 $rV_0(x)dt$ 等於 $E[dV_0(x)]$。利用 *Itô* 輔助定理（*Itô* (1951)）將 $dV_0(x)$ 展開如下：

$$dV_0(x) = V_0'(x)dx + \frac{1}{2}V_0''(x)(dx)^2 \tag{3}$$

其中，$V_0' = \frac{dV_0}{dx}$，$V_0'' = \frac{d^2V_0}{dx^2}$，又 $E[dZ]=0$，將(1)式代入(2)式，可得：

$$rV_0(x)dt = \frac{1}{2}\sigma^2 V_0''(x)dt + \alpha V_0'(x)dt + \lambda E[V_0(x+q) - V_0(x)]dt \tag{4}$$

將(4)式整理後得：

$$\frac{1}{2}\sigma^2 V_0''(x) + \alpha V_0'(x) - rV_0(x) + \lambda E[V_0(x+q) - V_0(x)] = 0 \tag{5}$$

(5)式一般解形式爲 $V_0(x) = C_1\exp(\beta_1 x) + C_2\exp(\beta_2 x)$，將 V_0、V_0'、V_0'' 代入(5)式可得下列特徵方程式：

$$\frac{1}{2}\sigma^2\beta^2 + \alpha\beta - r + \lambda E\{\exp[\beta(x+q)] - \exp[\beta x]\} = 0 \tag{6}$$

進一步整理得：

$$\frac{1}{2}\sigma^2\beta^2+\alpha\beta-r+\lambda\cdot\{\exp(\beta)\cdot E[\exp(q)]-1\}=0 \tag{7}$$

同時，假設突發事件對於創業投資之現金流量之隨機影響規模呈常態分佈、負指數分佈與、Laplace分佈下，探討創投投資現金流量之特徵方程式2：

(1) 當隨機影響 q 呈常態分佈時：即 $q\sim N(m,s^2)$，其中 $N(\cdot)$ 爲常態分佈函數，m、s^2 分別表示隨機影響之平均數與變異數，利用常態分佈之動差母函數(moment generating function) $M_q(t)=\exp(mt+\frac{1}{2}s^2t^2)$，則隨機影響規模 q 爲常態分佈時，其特徵方程式可表示爲(8)式：

---

2 (1)常態分佈 (log normal) 之機率密度函數及動差母函數

常態分佈之機率密度函數爲 (黃嘉，民81)：

$$f(y)=\begin{cases}\frac{1}{s\sqrt{2\pi}}\exp[-\frac{(y-m)^2}{2s^2}] & -\infty<y<\infty, m,s>0\\ 0 & 其它\end{cases} \tag{a}$$

其動差母函數爲：

$$M_x(t)=\exp(mt+\frac{s^2t^2}{2}) \tag{b}$$

(2)負指數分佈之機率密度函數及動差母函數

負指數分佈之機率密度函數爲(黃嘉，民81)：

$$f(y)=\begin{cases}\frac{1}{u}\exp(-\frac{y}{u}) & y>0, u>0\\ 0 & 其它\end{cases} \tag{c}$$

其動差母函數爲：

$$M_x(t)=\frac{1}{1-ut} \tag{d}$$

(3)Laplace分佈 (或稱雙指數分佈) 之機率密度函數及動差母函數

Laplace分佈之機率密度函數爲 (黃嘉，民81)：

$$f(y)=\frac{1}{2u}\exp[-\frac{|y|}{u}]，-\infty<x<\infty，u>0 \tag{e}$$

其動差母函數爲：

$$M_x(t)=\frac{1}{1-u^2t^2} \tag{f}$$

Merton (1976) 提出跳躍規模對數爲常態分佈之跳躍擴散模型的公式解如下：

$$F(S,\sigma,\lambda,\tau)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{e^{-\lambda'\tau}(\lambda'\tau)^n}{n!}F_{BS}(S,\sigma_n,\lambda_n,\tau) \tag{g}$$

其中 $\lambda'=\lambda(1+O),\sigma_n^2=\sigma^2+\frac{\delta}{n},r_n=r-\lambda O+\frac{n\ln(1+O)}{\tau},O=e^{m+0.5s^2}-1$。

此一公式解包含無限項數，實際計算時，所得解爲一逼近解。此外，爲與其它隨機分佈形式進行比較，本文一律採用實質選擇權法求解。

$$\frac{1}{2}\sigma^2\beta^2+\alpha\beta-r+\lambda\cdot[\exp(\beta)\cdot\exp(m\cdot\beta+\frac{1}{2}s^2\cdot\beta^2)-1]=0 \tag{8}$$

(2) 當隨機影響 q 呈負指數分佈時：即 $q\sim\varepsilon(u)$，其中 $\varepsilon(u)$ 爲負指數分佈函數，u 表示每次跳躍事件之時間間隔，負指數分佈之動差母函數 $M_q(t)=\dfrac{1}{1-ut}$，則隨機影響 q 爲負指數分佈時，其特徵方程式可表示成(9)式：

$$\frac{1}{2}\sigma^2\beta^2+\alpha\beta-r+\lambda\cdot[\frac{\exp(\beta)}{1-\beta\cdot u}-1]=0 \tag{9}$$

(3) 當隨機影響 q 呈Laplace分佈(雙指數分佈)：即雙指數分佈，即 $q\sim L(u)$，其中 $L(u)$ 爲Laplace分佈(雙指數分佈)，u 表示每次跳躍事件之時間間隔，與負指數分佈不同之處在於雙指數分佈考量正(負)面的影響。其動差母函數 $M_q(t)=\dfrac{1}{1-u^2t^2}$，當隨機影響 q 爲雙指數分佈時，其特徵方程式可表示成(10)式：

$$\frac{1}{2}\sigma^2\beta^2+\alpha\beta-r+\lambda\cdot[\frac{\exp(\beta)}{1-\beta^2\cdot u^2}-1]=0 \tag{10}$$

在此，參數滿足 $r>\alpha$，利用數值分析法 (polymath5.1軟體) 求解特徵方程式之兩根 $\beta_1>0$，$\beta_2<0$。利用邊界條件 $V_0(-\infty)=0$，即 $C_2=0$，則創投投資前的潛在機會價值之一般解如下所示：

$$V_0(x)=C_1\exp(\beta_1 x) \tag{11}$$

2.2 創投一次全部投入決策價值及決策門檻值

本節利用期望折現值法計算創投進行投資後投資案之價值 $V_1(x)$，說明如下：
$E[x_t]=x+\alpha t$，其中 $x(0)=x$，則創投之投資決策價值 $V_1(x)$ 爲：

$$V_1(x)=\int_0^\infty e^{-rt}(nx+\alpha t)dt=\frac{nx}{r}+\frac{\alpha}{r^2} \tag{12}$$

其中，$n=\dfrac{K}{x_0\exp(-\nu(T))}$ 表示創投投資股權比例，x_0 表示期初現金流量，ν 爲資金成本，T 爲投資期間。假設創投進行投資時，其期初投資 K 爲不可逆。利用前面推導之創投投資機會價值

$V_0(x)$ 與進行投資專案價值 $V_1(x)$ 求算其最適投資門檻值 x^*，採用Dixit 和Pindyck (1994) 之等價與平滑條件進行求解，說明如下：

$$V_0(x^*) = V_1(x^*) - K \tag{13}$$

$$V_0'(x^*) = V_1'(x^*) \tag{14}$$

其中(13)式為等價條件，表示創投一次全部投入前之潛在決策價值 $V_0(x^*)$ 等於進行投資後之價值 $V_1(x^*)$ 扣除期初投資 K。(14)式為平滑條件，意指在未來現金流量 x 觸及投資門檻 x^* 時，投資前後邊際價值應相等，亦即保證投資價值最大化。

考量 q 呈不同隨機分佈下，求算創投一次全部投入之投資門檻 x^* 與參數 C_1。當 q 為常態分佈、負指數分佈及Laplace分佈時，條件關係式如下：

$$C_1 \exp(\beta_1 x^*) = \frac{nx^*}{r} + \frac{\alpha}{r^2} - K \tag{15}$$

$$\beta_1 C_1 \exp(\beta_1 x^*) = \frac{n}{r} \tag{16}$$

整理(15)式、(16)式，可得創投一次全部投入投資門檻 x^*、門檻參數 C_1 與決策價值 $V_0(x)$ 如下：

$$x^* = \frac{1}{\beta_1} - \frac{\alpha}{nr} + \frac{rK}{n} \tag{17}$$

$$C_1 = \frac{n}{\beta_1 r} \exp(-\beta_1 x^*) \tag{18}$$

將(18)式代回(11)式可得到(19)式：

$$V_0(x) = \frac{n}{\beta_1 r} \exp[-\beta_1 (x - x^*)] \tag{19}$$

其中 q 為常態分佈、負指數分佈及為Laplace分佈時，條件關係式相同，不同點在於不同隨機影響將對應不同的特徵方程式之根。第四節，擬採用數值分析法評估模型參數對於不同隨機影響下創投一次全部投入之最適投資門檻與決策價值的影響程度與大小。創投一次性全部投入投資決策判斷準則如下：當創投專案之現金流量觸及一次全部投入投資門檻 x^* 時，即進行投資，否則繼續等待保有等待選擇權。

3. 模型擴展

本節以Cossin *et al.* (2002) 和Hsu (2002) 爲基礎，利用實質選擇權法推導不同隨機影響下創投分階段、轉換、清算門檻值與價值，分別說明如下：

3.1 創投分階段投資決策

爲了與Cossin *et al.* (2002) 進行比較，本文以兩階段爲例，推導創投兩階段投資門檻與價值。同時，加入Hsu (2002) 的考量，假設創投的專案價值的波動性在第一階段與第二階段不同，分別爲σ與σ_2，而$\sigma_2 = h\sigma$，$0 < h \le 1$。第一階段與第二階段的投資時點分別爲τ_1與τ_2，第一階段與第二階段的投入分別爲K_1與K_2。當創投的專案趨於成熟時，h趨近於0。假設不同隨機分佈影響只出現在創投投資進行第一階段。首先導出第二階段創投投資門檻與價值，再進一步評估創投在第一階段創投投資門檻與價值。假設創投在第二階段的潛在投資機會價值爲$V_{\tau_2}(x)$。利用(2)式之Bellman方程式及(3)式之*Itô*輔助定理，第二階段的潛在投資機會價值一般解可以表達如下：

$$V_{\tau_2}(x) = D\exp(\varepsilon_1 x) \tag{20}$$

採用Dixit and Pindyck (1994) 之等價與平滑條件評估創投第二階段投資門檻與價值。即

$$D\exp(\varepsilon_1 x^*_{\tau_2}) = \frac{n_2 x^*_{\tau_2}}{r} + \frac{\alpha}{r^2} - K_2 \qquad \text{等價條件} \tag{21}$$

$$\varepsilon_1 D\exp(\varepsilon_1 x^*_{\tau_2}) = \frac{n_2}{r} \qquad \text{平滑條件} \tag{22}$$

其中n_2爲創投第二階段投資股權比例。整理(21)式、(22)式，可得到創投第二階段投資門檻$x^*_{\tau_2}$、第二階段投資價值$V_{\tau_2}(x)$及係數D如下：

$$x^*_{\tau_2} = \frac{1}{\varepsilon_1} - \frac{\alpha}{n_2 r} + \frac{rK_2}{n_2} \tag{23}$$

$$D = \frac{n_2}{\varepsilon_1 r}\exp(-\varepsilon_1 x^*_{\tau_2}) \tag{24}$$

$$V_{\tau_2}(x) = \frac{n_2}{\varepsilon_1 r}\exp[-\varepsilon_1(x - x^*)] \tag{25}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 2\sigma_2 r}}{\sigma_2^{\ 2}} \tag{26}$$

其中 ε_1 沒有考慮隨機分佈影響。同理，創投在第一階段的潛在投資機會價值 $V_{\tau_1}(x)$ 之一般解如下：

$$V_{\tau_1}(x) = E\exp(\beta_1 x) \tag{27}$$

採用Dixit and Pindyck (1994) 之等價與平滑條件進行求解創投第一階段投資門檻與價值。即

$$E\exp(\beta_1 x_{\tau_1}^*) = D\exp(\varepsilon_1 x_{\tau_1}^*) + \frac{n_1 x_{\tau_1}^*}{r} + \frac{\alpha}{r^2} - K_1 \qquad \text{等價條件} \tag{28}$$

$$\beta_1 E\exp(\beta_1 x_{\tau_1}^*) = \varepsilon_1 D\exp(\varepsilon_1 x_{\tau_1}^*) + \frac{n_1}{r} \qquad \text{平滑條件} \tag{29}$$

其中 n_1 爲創投第一階段投資股權比例。由於(28)式與(29)式無封閉解析解，可以採用數值分析進行估算第一階段投資門檻 $x_{\tau_1}^*$ 及係數 E。值得注意的是，ε_1 與 β_1 不同，β_1 受到不同隨機分佈影響。我們可以利用前一節推導出的不同隨機影響規模之特徵方程式(8)、(9)與 (10)，代入(23)式、25) 、(28)及(29)求得創投兩階段投資不同隨機影響下投資門檻與價值。兩階段投資創投價值函數可整理如下：

$$V(x) = \begin{cases} D\exp(\varepsilon_1 x) & if \quad t < \tau_1 \\ E\exp(\beta_1 x) + \dfrac{n_1 x}{r} + \dfrac{\alpha}{r^2} - K_1 & if \quad \tau_1 < t < \tau_2 \\ \dfrac{n_2 x}{r} + \dfrac{\alpha}{r^2} - (K_1 + K_2) & if \quad t = \tau_2 \end{cases} \tag{30}$$

3.2 創投轉換與清算決策

假設創投公司投資專案的轉換門檻值爲 x_C^*，在轉換時點之潛在機會價值爲 $V_C(x)$；清算門檻值 x_L^*，在清算時點之潛在機會價值 $V_L(x)$。C 爲創投公司支付的轉換成本；L 表示創投公司投資專案的清算成本。如果專案價值大於 x_C^*，創投公司則執行轉換權，將股權移轉給外部投資人。當專案現金流量小於 x_L^*，創投公司隨即放棄此投資專案，執行清算權

同理，利用前一節(2)式Bellman方程式及(3)式 $It\hat{o}$ 輔助定理，可得到創投公司投資專案清算潛在機會價值及轉換潛在機會價值一般解如下：

$V_L(x) = A\exp(\beta_1 x)$，$V_C(x) = B\exp(\beta_1 x)$。其中 β_1 爲前一節(8)式、(9)式及(10)式之特徵方程式之根。利用Dixit and Pindyck (1994)之等價與平滑條件進行求解創轉換投及清算決策門檻值與決策價值。

$$B\exp(\beta_1 x_C^*) = \frac{n_C x_C^*}{r} + \frac{\alpha}{r^2} - (C+L) \quad \text{轉換時等價條件} \tag{31}$$

$$\beta_1 \exp(\beta_1 x_C^*) = \frac{n_C}{r} \quad \text{轉換時平滑條件} \tag{32}$$

$$A\exp(\beta_1 x_L^*) = \frac{x_L^*}{r} + \frac{\alpha}{r^2} - L \quad \text{清算時等價條件} \tag{33}$$

$$\beta_1 A\exp(\beta_1 x_L^*) = \frac{1}{r} \quad \text{清算時平滑條件} \tag{34}$$

其中 n_C 爲創投轉換股權比例。 (31)式、(33)式爲等價條件表示創投潛創投在轉換時點之機會價值等於在將轉換時點的現金流量減掉轉換的成本 R 和清算成本 L。在清算機會價值等於在清算決策門檻值 x_L^* 扣除清算成本 L。(32)式、(34)式平滑條件說明專案的邊際轉換價值與清算價值各自在轉換門檻值 x_C^* 及清算門檻值 x_L^* 時之一階導數時應相等。整理(31)式-(34)式可以得到轉換門檻值 x_C^*、清算門檻值 x_L^*、轉換時點的決策價值係數 B、清算時點的決策價值係數 A、轉換時點的決策價值 $V(x_C^*)$ 及清算時點的決策價值 $V(x_L^*)$ 如下：

$$x_C^* = \frac{1}{\beta_1} - \frac{\alpha}{n_C r} + \frac{r(L+R)}{n_C} \tag{35}$$

$$B = \frac{n_C}{\beta_1 r}\exp(-\beta_1 x_C^*) \tag{36}$$

$$V_C(x_C^*) = \frac{n_C}{\beta_1 r}\exp[\beta_1(x - x_C^*)] \tag{37}$$

$$x_L^* = \frac{1}{\beta_1} - \frac{\alpha}{r} + rL \tag{38}$$

$$A = \frac{1}{\beta_1 r}\exp(-\beta_1 x_L^*) \tag{39}$$

$$V_L(x_L^*) = A\exp(\beta_1 x_L^*) \tag{40}$$

第四節將採用數值分析法評估模型參數對轉換門檻值、清算門檻值、清算決策及轉換決策價值的影響，並與Cossin *et al.* (2002) 結果進行比較。創投的轉換或清算決策判斷準則可歸納如下，當專案現金流量高於轉換門檻值 x_C^* ，創投公司將進行轉換；如果專案現金流量低於清算門檻值 x_L^* ，創投公司便進行清算。而專案現金流量如果位於 $\left(x_L^*, x_C^*\right)$ 時，創投最佳決策是保持現狀，等待未來專案發展好壞再判斷進行清算或是轉換。

4. 數值分析與敏感度分析

本文利用Dixit and Pindyck (1994) 的處理方法，採用數值分析評估不同隨機影響時，創投一次全部投入、分階段投資、轉換與清算決策價值。同時比較Cossin *et al.* (2002) 與本文的數值分析結果並以敏感度分析說明模型相關參數對創投公司各種決策價值的影響方向與大小。

4.1 數值分析

與傳統的實質選擇權模型Dixit and Pindyck (1994)、Cossin *et al.* (2002)、Hsu (2002) 及Berk *et al.* (2004) 比較，由本文推導結果(19)式顯示，創投公司之潛在價值不但受到期初投資、現金流量成長率、現金流量成長率標準差、折現率影響。忽略突發事件之隨機跳躍影響參數 (見特徵方程式(8)式、(9)式及(10)式)，包括突發事件之平均發生頻率、影響規模參數、常態分佈平均數、常態分佈標準差也不容忽視。

上述參數分別以Cossin *et al.* (2002) 假設值、Hsu (2002) 假設值與本文假設值 (見表1)，分別代入(8)式、(9)式、(10)式得出三種不同隨機影響特徵方程式之根。再分別代入(17)式、(19)式可以得到創投一次全部投入之投資門檻值及價值 (見表2)。而利用(23)式、(25)式、(28)及(29)式可以估算創投兩階段投資價值 (見表3)。而利用(35)式、(37)式、(38)及(40)式可求得創投清算與轉換決策門檻值及價值 (見表4及表5)。

在上述基準參數值設定下，由表2及表3得到創投一次全部投入與兩階段投資決策價值。以一次全部投入決策而言，創投公司的專案價值爲 x^* (常態200.939、Laplace 212.361、負指數326.483)。而兩階段投資決策，創投公司第投資決價值爲 (常態137.8、Laplace141.20、負指數152.71)，而Cossin *et al.* (2002) 投資決價值爲135.178，其中以負指數分佈影響的決策價值最高，沒有考慮隨機影響Cossin *et al.* (2002) 決策價值最低。

由附錄表4及表5可得到創投清算與轉換決策量化判斷依據，當創投公司的專案價值觸及轉換門檻值 x_L^* 時，其轉換價值分別爲 (常態161.013、Laplace 180.666、負指數327.658，Cossin *et al.* (2002) 爲135.27)，創投公司的最佳策略爲對專案執行轉換權利。如果創投公司的專案現金流量價值小於清算門檻值 x_L^* 其清算價值分別爲 (常態100.939、Laplace119.123、負指數128.015，Cossin *et al.* (2002) 爲58.65) 時，創投公司的最佳決策爲對專案進行清算。如果創投的專案現金流量價

表1 相關變數及參數

變數與參數	估計數值	資料來源
第一階段投資 K_1	$K_1 = 40$ 千萬元新台幣	Cossin *et al.* (2002) 假設值
第二階段投資 K_2	$K_1 = 20$ 千萬元新台幣	Cossin *et al.* (2002) 假設值
一次性投入期初投資 K	$K = 60$ 千萬元新台幣	本研究假設
資金成本 ν	$\nu = 0.05$	Cossin *et al.* (2002) 假設值
投資期間 T	$T = 3$	Cossin et al. (2002) 假設值
轉換股權比例	$n_C = 0.436$	Cossin *et al.* (2002) 假設值
現金流量成長率 α	$\alpha = 0.35$	Cossin *et al.* (2002) 假設值
期初現金流量 x_0	$x_0 = 100$	Cossin *et al.* (2002) 假設值
第一階段現金流量標準差 σ	$\sigma = 0.6$	Cossin *et al.* (2002) 假設值
第二階段現金流量標準差 σ_2	$\sigma_2 = h\sigma, h = 0.7$	Hsu (2002) 假設值
折現率 r	$r = 0.04$	Cossin *et al.* (2002) 假設值
轉換成本 C	$C = 60$	Cossin *et al.* (2002) 假設值
清算成本 L	$L = 60$ 千萬元新台幣	Cossin *et al.* (2002) 假設值
突發事件之平均發生頻率 λ	$\lambda = 2$	本研究假設
影響規模參數 u	$u = 0.1$	本研究假設
常態分佈平均數 m	m=0.04	本研究假設
常態分佈標準差 s	s=0.05	本研究假設

資料來源：Cossin, D., Leleux, B., and Saliasi, E. (2002) , "Understanding the Economic Value of Legal Covenants in Investment Contracts: A Real-Options Approach to Venture Equity Contracts," working paper, University of Lausanne, p.17 and Hsu, Y. (2002), "Staging of Venture Capital Investment: A Real Option Analysis," working paper, National Taiwan University Department of International Business, p.21.

表2 創投一次性投入價值與Cossin *et al.* (2002) 比較

單位：新台幣千萬元

參數變動 \ 結果比較		投入股權比例 n	本研究 a	本研究 b	本研究 c	Cossin *et al.* (2002)
K	40	0.332	162.550	178.862	248.606	141.661
	60	0.436	200.939	212.361	326.483	193.926
	80	0.516	229.41	255.822	386.389	245.83
ν	0	0.375	178.423	186.847	280.805	174.409
	0.05	0.436	200.939	212.361	326.483	193.926
	0.1	0.506	226.778	221.640	378.900	216.609
K	40	0.332	162.550	178.862	248.606	141.661
	60	0.436	200.939	212.361	326.483	193.926
	80	0.516	229.41	255.822	386.389	245.83
ν	0	0.375	178.423	186.847	280.805	174.409
	0.05	0.436	200.939	212.361	326.483	193.926
	0.1	0.506	226.778	221.640	378.900	216.609

表2 創投一次性投入價值與Cossin *et al.* (2002) 比較 (續)

單位：新台幣千萬元

參數變動		投入股權比例 n	本研究 a	本研究 b	本研究 c	Cossin *et al.* (2002)
α	0.2	0.436	161.888	189.559	288.5485	120.295
	0.35	0.436	200.939	212.361	326.483	193.926
	0.4	0.436	234.135	243.876	338.681	229.312
σ	0.4	0.436	179.137	190.991	325.639	159.885
	0.6	0.436	200.939	212.361	326.483	193.926
	0.8	0.436	230.399	244.252	328.658	225.709
λ	0.1	0.436	170.853	185.406	220.648	-
	0.2	0.436	200.939	212.361	326.483	
	0.3	0.436	220.986	236.340	419.418	
u	1.8	0.436	-	187.332	264.991	-
	2.8	0.436		212.361	326.483	
	3.6	0.436		259.106	384.146	
m	0.08	0.436	200.805	-	-	-
	0.1	0.436	200.939			
	0.5	0.436	200.783			
s	0.005	0.436	200.012	-	-	-
	0.04	0.436	200.939			
	0.20	0.436	200.013			

資料來源：本研究整理

模型基準參數設定如下：

$\alpha=0.35$，$K=60$，$\sigma=0.6$，$\lambda=0.2$，$u=2$，m=0.1，$s=0.04$，$r=0.04$，$\nu=0.05$。

a：常態分佈； b：Laplace分佈；c：負指數分佈；-：不考慮

表3 創投兩階段決策價值與Cossin *et al.* (2002) 比較

單位：千萬元新台幣

K_1	K_2	本研究 a	本研究 b	本研究 c	Cossin *et al.* (2002)
60 (0.46*)	0 (0.0**)	137.80	141.20	152.71	135.178
40 (0.35*)	20 (0.11**)	136.14	140.70	151.32	135.247
20 (0.20*)	40 (0.23**)	128.46	132.46	142.45	127.766
0 (0.0*)	60 (0.35**)	109.85	114.45	125.75	108.98

資料來源：本研究整理

模型基準參數設定如下：

$\alpha=0.35$，$\sigma=0.6$，$\lambda=0.2$，$u=2$，m=0.1，$s=0.04$，$r=0.04$，K_1：第一階段投入，K_1：第二階段投入，括號內*：第一階段投入股權比例，括號內**：第二階段投入股權比例。a：常態分佈；b：Laplace分佈；c：負指數分佈。

表4 創投轉換價值與Cossin *et al.* (2002)

單位：千萬元新台幣

參數變動 \ 結果比較		投入股權比例 n	本研究 a	本研究 b	本研究 c	Cossin *et al.* (2002)
K	40	0.332	122.606	137.572	249.501	102.20
	60	0.436	161.013	180.666	327.658	135.27
	80	0.516	190.557	213.816	378.900	168.44
v	0	0.375	138.486	155.390	280.805	116.75
	0.05	0.436	161.013	180.666	327.658	135.27
	0.1	0.506	186.864	209.672	376.875	157.95
α	0.2	0.436	121.985	147.586	288.245	63.34
	0.35	0.436	161.013	180.666	327.658	135.27
	0.4	0.436	174.203	192.265	339.130	170.30
σ	0.4	0.436	159.213	179.273	324.605	99.94
	0.6	0.436	161.013	180.666	327.658	135.27
	0.8	0.436	163.470	182.588	329.126	169.63
λ	0.1	0.436	130.899	144.275	218.964	
	0.2	0.436	161.013	180.666	327.658	-
	0.3	0.436	191.078	214.250	418.352	
u	1.8	0.436		165.158	263.268	
	2.8	0.436	-	180.666	327.658	-
	3.6	0.436		234.429	382.247	
m	0.08	0.436	159.880			
	0.1	0.436	161.013	-	-	-
	0.5	0.436	183.848			
s	0.005	0.436	160.936			
	0.04	0.436	161.013	-	-	-
	0.20	0.436	161.107			

資料來源：本研究整理

模型基準參數設定如下：

$\alpha=0.35$，$K=60$，$\sigma=0.6$，$\lambda=0.2$，$u=2$，m=0.1，$s=0.04$，$r=0.04$，$v=0.05$。

a：常態分佈；b：Laplace分佈；c：負指數分佈； -：不考慮。

表5 創投清算價值與Cossin *et al.* (2002) 比較

單位：千萬元新台幣

參數變動 \ 結果比較		本研究 a	本研究 b	本研究 c	Cossin *et al.* (2002)
K	40	82.550	107.506	129.501	39.572
	60	100.939	119.123	128.015	58.66
	80	110.470	131.996	139.247	77.387
K	40	82.550	107.506	129.501	39.572
	60	100.939	119.123	128.015	58.66
	80	110.470	131.996	139.247	77.387

表5 創投清算價值與Cossin *et al.* (2002) 比較 (續)

單位：千萬元新台幣

參數變動 \ 結果比較		本研究 a	本研究 b	本研究 c	Cossin *et al.* (2002)
ν	0	100.939	119.123	128.015	58.66
	0.05	100.939	119.123	128.015	58.66
	0.1	100.939	119.123	128.015	58.66
α	0.2	41.8883	63.725	88.27	56.954
	0.35	100.939	119.123	128.015	58.66
	0.4	104.135	140.403	139.149	59.017
σ	0.4	109.399	119.409	129.147	59.95
	0.6	100.939	119.123	128.015	58.66
	0.8	92.463	118.924	124.508	56.083
λ	0.1	89.653	116.806	118.947	
	0.2	100.939	119.123	128.015	-
	0.3	109.233	124.226	138.492	
u	1.8		118.791	118.268	
	2.8	-	119.123	128.015	-
	3.6		120.928	139.204	
m	0.08	78.339	118.359		
	0.1	100.939	119.123	-	-
	0.5	102.097	119.897		
s	0.005	79.460	118.456		
	0.04	100.939	119.123	-	-
	0.20	101.205	120.227		

資料來源：本研究整理

模型基準參數設定如下：

$\alpha=0.35$，$K=60$，$\sigma=0.6$，$\lambda=0.2$，$u=2$，m=0.1，$s=0.04$，$r=0.04$，$\nu=0.05$。

a：常態分佈；b：Laplace分佈；c：負指數分佈； -：不考慮。

值大於清算門檻值，小於轉換門檻值時，創投最佳決策是維持現狀，依據未來狀況判斷進行清算或是轉換。

4.2 數值分析結果比較

本研究結果與Cossin *et al.* (2002)、Berk *et al.* (2004)，以及Hsu (2002) 等三篇文章結果的比較，分別說明如下：

4.2.1 本文與Cossin *et al.* (2002) 之結果比較

由表2可知，在基準參數設定下本文不同隨機影響之一次性投入決策價值 (常態、Laplace、負指數分佈) 分別爲200.939、212.361、326.483，Cossin *et al.* (2002) 之模型爲193.926。考慮不

同隨機影響之創投兩階段投資決策價值高於Cossin *et al.* (2002) 之模型，表示Cossin *et al.* (2002) 有低估決策價值之虞。

在表3中，在基本參數設定下，且第一、二階段投入成本分別爲40與20下，本文不同隨機影響 (常態、Laplace、負指數分佈) 之兩階段投資決策價值分別爲136.14、140.70、151.32，Cossin *et al.* (2002) 之模型爲135.247。由以上數值分析結果可知，Cossin *et al.* (2002) 之模型在評估兩階段投資決策價值上也存在低估情形。

在轉換決策價值方面，由表4可知，在基準參數設定下，本文得到不同隨機影響 (常態、Laplace、負指數分佈) 之創投轉換決策價值分別爲161.013、180.666、327.658。而Cossin *et al.* (2002) 數值分析結果爲135.27。Cossin *et al.* (2002) 之模型低於考慮不同隨機影響之創投轉換決策價值。由表5可知，在清算決策價值方面，不同隨機影響 (常態、Laplace、負指數分佈) 之創投清算決策價值分別爲100.939、119.123、128.015。而Cossin *et al.* (2002) 數值分析結果爲58.66。本文考慮不同隨機影響之創投轉換決策價值也高於Cossin *et al.* (2002) 之模型。

4.2.2 本文與Berk *et al.* (2004) 之結果比較

本文與Berk *et al.* (2004) 主要不同點爲，(1)本文利用推導出不同隨機影響一次投入、分階段投資、轉換或清算的價值與門檻值，進行模型主要參數之敏感度分析，突顯出納入不同隨機影響對於創投不同決策價值的重要影響。而Berk *et al.* (2004) 數值分析結果則在討論不同專案完成階段及不同現金流量水準下繼續投資與暫時停止專案間風險溢酬與專案價值的關係。(2)本文在創投分階段投資決策中，考慮不同投資階段的風險性大小不同，對於決策價值影響也不同，而Berk *et al.* (2004) 的繼續投資與暫時停止專案決策並未將此一情況納入考量。(3) Berk *et al.* (2004) 假設專案的成功強度 (success intensity) ，已知 (沒有學習效果) 、未知 (存在學習效果) 情形。本文目前並未將新創專案成功之學習效果納入考量，未來可導入此一概念，可做爲本文擴展方向。

4.2.3 本文與Hsu (2002) 之結果比較

本文與Hsu (2002) 同樣是進行創投一次全部投入與兩階段投資決策價值評估。主要不同點如下：(1)本文除了考慮創投一次全部投入與兩階段投資決策外，也將轉換與清算決策納入考量。(2)本文針對不同隨機影響參數對於創投一次全部投入、分階段投資、轉換或清算決策影響進行評估。Hsu (2002) 數值分析的重點則是著重在一次全部投入與分階段投資決策之風險與大小比較。(3)Hsu (2002) 之數值模擬結果發現，分階段融資決策的目的有兩個，一是企業家採取較低風險活動可以降低代理問題，二是採用分階段融資可以等待並檢視是否值得投入更多資金，避免過早投入太多資金。而本文數值分析顯示，同時考量不確定性與突發性的創投之不同隨機影響決策模式(分階段、轉換或清算)決策彈性價值將高於未考慮隨機影響之實質選擇權評估模式。

4.3 敏感度分析

以下針對相關參數進行敏感度分析，觀察參數變動對於不同決策價值的影響。

4.3.1 創投一次全部投入決策

相關參變動對於創投一次全部投入決策價值之影響如附錄表2所示。在其它情況不變下，當期初投入增加時，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈之創投決策價值逐漸增加，可知期初投入與一次全部投入決策價值呈正相關，其原因是投入成本愈高，要求未來現金流量也愈高。其中，以負指數分佈的決策價值最大，常態分佈決策價值最小。同理，資金成本 ν 的作用與期初投入類似，即知資金成本 ν 與一次全部投入決策價值呈正相關。

在其它情況不變下，當專案現金流量成長率 α 增加時，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈之創投決策價值逐漸增加，可知 α 變動對一次全部投入決策價值呈正相關，其原因是專案現金流量成長率 α 愈高，要求未來現金流量也愈高。以負指數分佈的決策價值最大，常態分佈決策價值最小。

在其它情況不變下，當專案現金流量標準差 σ 增加時，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈之創投決策價值逐漸增加，可知 σ 變動對一次全部投入決策價值呈正相關，符合傳統實質選擇權的論點，不確定性愈大，等待選擇權價值愈大，延後投資誘因愈高 (Dixit and Pindyck, 1994)。

當突發事件之平均發生頻率 λ 越高，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈之創投決策價值逐漸增加，可知 λ 變動對一次全部投入決策價值呈正相關。而每次跳躍事件之時間 u 愈長，Laplace分佈、負指數分佈之創投決策價值逐漸增加，可知 u 對一次全部投入決策價值呈正相關。而常態分佈影響平均數 m 越大，對創投決策價值影響也越高，常態分佈影響標準差 s 越大，對創投決策價值影響也越高，但變動幅度不高。

4.3.2 創投轉換決策

相關參變動對於創投轉換決策價值之影響如附錄表4所示。在其它條件不變之下，(1)期初投入或資金成本 ν 增加時，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈之創投決策價值逐漸增加，可知期初投入與創投轉換決策價值呈正相關，(2)專案現金流量成長率 α 越大，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈，(3)專案現金流量標準差 σ 增加，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈及Cossin *et al.* (2002) 之創投轉換決策價值也越大，故將延後進行轉換， (4)當突發事件之平均發生頻率 λ 越高，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈轉換決策價值越高。(5)每次跳躍事件之時間 u 愈長，Laplace分佈、負指數分佈轉換決策價值越高，(6)常態分佈影響平均數 m 越大，其創投轉換決策價值也越高。(7)常態分佈影響標準差 s 越大，對其創投轉換決策價值也越高，但變動幅度不大。

4.3.3 創投清算決策

相關參變動對於創投清算決策價值之影響如附錄表5所示。在其它條件不變之下，(1)期初投入或資金成本ν增加時，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈之創投決策價值逐漸增加，可知K與清算決策價值呈正相關，(2)專案現金流量成長率α越大，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈及Cossin *et al.* (2002) 之創投清算價值也越小，(3)專案現金流量標準差σ增加，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈及Cossin *et al.* (2002) 之創投清算決策價值愈小， (4)當突發事件之平均發生頻率λ越高，常態分佈、Laplace分佈、負指數分佈清算決策價值越高。(5)每次跳躍事件之時間u愈長，Laplace分佈、負指數分佈清算決策價值越高，(6)常態分佈影響平均數m越大，其創投清算決策價值也越高。(7)常態分佈影響標準差s越大，對其創投清算決策價值也越高，但變動幅度不大。

5. 結論

創投業通常採用傳統NPV法進行投資決策評估，然而此法缺乏處理不確定性與突發事件對於創投投資專案價值的影響，無法有效提供創投合理的決策評估準則。本文的特色在於利用實質選擇權法，結合跳躍擴散過程，進行不同隨機分佈創業投資一次全部投資、分階段投資、清算或轉換決策模型之擴展。

本文數值分析結果顯示，未考慮不確定性與突發性的創投Cossin *et al.* (2002) 低於考量不同隨機影響創投 (一次性投入、分階段、轉換或清算)決策價值。就高度不確定、高風險性的創投市場而言，創投管理決策者不應忽視不同隨機分佈對於分階段、轉換或清算決策價值可能產生重大的影響。敏感度分析結果顯示對於一次性投入、轉換或清算決策價值呈正相關因素有期初投入K或資金成本ν、專案現金流量成長率α、突發事件之平均發生頻率λ、每次跳躍事件之時間u、常態分佈影響平均數m、常態分佈影響標準差s；而專案現金流量標準差σ與清算決策價值呈負相關，但σ與一次性投入、轉換決策價值呈正相關。本文的結論可做爲創投業者在進行各種決策的參考依據。

本文初步結果與貢獻說明爲，第一，專案價值之決策變數 (服從算數布朗運動與跳躍過程)與Cossin *et al.* (2002)、Berk *et al.* (2004)、Hsu (2002) 之決策變數隨機過程假設 (服從幾何布朗運動) 不同。其次，本文建構之模型找出創投投資專案價值之一般化代表形式，透過數值與敏感度分析能有效說明模型參數變動對創投不同決策價值影響程度大小。最後，本文延伸至突發事件影響之創投一次全部投入、分階段投資、清算或轉換決策評估。就創投公司不同投資決策而言，在不同隨機影響分佈設定下，不確定性與突發性的影響，印證創投投資風險與報酬之關係。即不同的隨機分佈影響將伴隨不同的風險考量。換言之，創投在考量跳躍擴散模型及不同隨機影響之其一次投入決策、兩階段決策、清算或轉換決策價值將不同。

參考文獻

許培基、陳隆麒、謝劍平，「隱涵選擇權對投資決策影響之研究—以台灣地創投爲例」，管理與系統，第六卷第三期，民國89年，301-324頁。

黃嘉，機率論，台北，大碩出版社，民國81年，404-417頁。

Barberis, N., Shleifer, A., and Vishny, R., "A Model of Investor Sentiment," *Journal of Financial Economics*, Vol. 49, No. 3, 1998, pp. 307-343.

Berk, J. B., Green, R. C., and Naik, V., "Valuation and Return Dynamics of New Ventures," *The Review of Financial Studies*, Vol. 17, No. 1, 2004, pp. 1-35.

Black, F. and Scholes, M., "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy,* Vol. 81, No. 3, 1973, pp. 637-659.

Bruun, S. and Bason, P., "Literature on Real Options in Venture Capital and R&D," Essay Number 8 in Series: Real Options Approaches in Venture Capital Finance, web page www.realoptions.dk, 2001.

Cossin, D., Leleux, B., and Saliasi, E., "Understanding the Economic Value of Legal Covenants in Investment Contracts: A Real-Options Approach to Venture Equity Contracts," working paper, University of Lausanne, 2002.

Dixit, A. K. and Pindyck, R. S., *Investment under Uncertainty*, Princeton NJ: Princeton University Press, 1994.

Dixit, A. K. and Pindyck, R. S., "The Options Approach to Capital Investment," *Harvard Business Review*, Vol. 73, No. 3, 1995, pp. 105-115.

Duffie, D., Fleming, W. H., Soner, H. M., and Zariphopoulou, T., "Hedging in Incomplete Markets with HARA Utility," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 21, No. 4, 1997, pp. 753-782.

Fama, E., "Market Efficiency, Long-term Return, and Behavioral Finance," *Journal of Financial Economics*, Vol. 49, No. 3, 1998, pp. 283-306.

Geske, R., "The Valuation of Compound Options," *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, No. 1, 1979, pp. 63-81.

Hsu, Y., "Staging of Venture Capital Investment: A Real Option Analysis," working paper, National Taiwan University Department of International Business, 2002.

Ito, K., "On Stochastic Differential Equation Memories," *American Mathematical Society*, Vol. 4, 1951, pp. 1-51.

Kou S. G., "A Jump-Diffusion Model for Option Pricing," *Management Science*, Vol. 48, No. 8, 2002, pp. 1086-1101.

Merton, R. C., "Option Pricing When Underlying Stock Returns Are Discontinuous," *Journal of Financial Economics*, Vol. 3, No. 1, 1976, pp. 125-144.

Miao, J. and Wang, N., "Investment, Hedge and Consumption Smoothing," working paper, Department of Economics, Boston University, 2004.

Pennings, E. and Lint, O., "The Option Value of Advanced R&D," *European Journal of Operational Research*, Vol. 103, No. 1, 1997, pp. 83-94.

Ramezani, C. A. and Zeng. Y., "Maximum Likelihood Estimation of Asymmetric Jump–Diffusion Process: Application to Security Prices," working paper, Department of Statistics , University of Wisconsin, Madison, WI, 1999.

Trigeorgis L. and Mason, S. P., "Valuing managerial flexibility" , *Midland Corporate Finance Journal*, Vol. 5, No. 1, 1987, pp. 14-21.

Willner, R., "Valuing Start-up Venture Growth Options," in Trigeorgis, L. (ed.) Real Options in Capital Investment：Models, Strategies and Applications, New York, NY: Praeger , 1995, pp. 221-239.