

以結構式信用風險模型評價有違約風險及股權稀釋效果下的巨災權益賣權

摘要

巨災選擇權是一種以巨災風險發生的損失指數及公司之股價為標的物，並大多以櫃檯買賣進行交易的選擇權，風險轉移者能夠透過巨災選擇權的避險操作，將巨災發生所導致的損失轉嫁給市場投資人，降低巨災對保險公司營運的影響。巨災權益賣權(Catastrophe Equity Put 亦稱為 CatEPut)即是上述之選擇權的一種，保險公司可經由支付賣權之權利金向市場投資者或風險承擔者購買此賣權，約定當公司所承保之巨災發生超過約定之額度且該公司之股價低於履約價時，公司得行使賣權，並將發行之新股賣給投資人，進而利用獲得的資金作為災後融通之用，其結果相當於投資人對於公司注入權益資金。

過去的研究如 Cox(2004)的巨災選擇權評價模型都直接模擬巨災發生時對股價的影響，而實務上保險出險賠償會直接反映在公司資產價值的減損，公司價值和股價變動複雜的非線性關係無法直接使用改變股價的隨機過程來正確表達。此外，當巨災頻繁發生時保險公司會因為頻繁出險而違約，但 Cox(2004)的股價過程只能描述股價滑落，而無法模擬保險公司違約的可能性。本論文則利用 stair tree 及 jump diffusion model 來模擬將巨災發生的損失對公司資產價值的影響，再使用結構式模型(Structural model)及複合選擇權(Compound option)的概念處理股價的變動及巨災選擇權的評價，此修正有下列幾項好處：1.正確估計巨災損失對股票及巨災選擇權價值的影響 2.評估保險公司破產的風險 3.評估賣權履約時所產生的股票稀釋效果。

研究動機與研究問題

近年來巨災發生的次數及造成的損失程度有明顯上升的趨勢，因此對巨災保險的需求也就相對增加。巨災與一般災害的不同之處包括災害的強度、發生的頻率和損失的多寡。例如車禍、火警幾乎天天發生，但破壞性的地震、洪水等則是數年才發生一次，損失的規模更是驚人。然而，傳統保險機構卻無法提供足夠的承保能量。市場上再保險機構皆無法完全承擔因巨災造成鉅額損失的風險，為了因應巨災再保險的承保能量供給短缺現象，市場上出現新的金融工具如巨災債券或選擇權，將保險風險轉移至資本市場。其理念在於將保險市場中的巨額賠款作為交易標的物或契約之執行條件，區域性的巨災風險即可轉移到承受度更大的資本市場。透過巨災權益賣權之應用，能為保險人帶來額外的資金挹注，提供保險人理賠的支付及維持保險公司的運作。許多學者認為巨災選擇權有其特殊的優勢與再保險競爭，優勢如下：交易成本低、資訊公開透明、道德風險較低等。但是另一方面卻面臨了兩個主要的缺點：基差風險，對避險者而言，由於巨災選擇權價值變動的幅度與避險公司巨災損失的變動不一致，因此無法完全達到避險的境界；再來就是成交量較低、流動性不足，由於市場對於巨災選擇權尚未熟悉，所以交易市場中普遍呈現避險者多、套利者小的情況。

以下將分兩個部分介紹本研究所參考的文獻資料，分別是：過去用以評價巨災權益賣權的模型以及影響巨災權益賣權價值的因素。前者的研究有 Cox(2004)假設股票價格被幾何布朗運動和額外固定規模的向下跳動所驅動，且單次巨災規模為一定值。張淑蓉(2004)則比較考慮 Jump diffusion 的二項式模型及不考慮 Jump 的二項式模型，進而探討巨災權益賣權與其他變數的關係。曾品源(2012)則使用 GARCH-Jump model 來評價巨災選擇權，並把其結果與使用 jump-diffusion model 得出的結論相比，發

現兩種方法最後獲得的結果並無顯著差異。後者的研究則有 Jaimungal, Wang(2005)則假定利率及災難規模為隨機的前提下進行一連串試驗。

本研究和以往的訂價模型主要不同之處，在於我們計畫建構公司價值隨機過程並模擬巨災賠償對公司價值的影響，並將股價視為標的物為公司資產的不確定請求權(contingent claim)，進而模擬出股價的變動來對巨災選擇權做評價。由於股價及公司資產價值變化量的比例為一複雜之函數¹，保險公司賠償巨災造成資產變動對於股價的影響無法使用過去文獻直接刻劃股價變動的模型精確描述，因此可能造成評價模型失準，此部分將在研究步驟中探討。此外，本計畫模擬公司資產價值的研究方式也可用來分析巨災災害造成保險公司的破產風險，且能夠充分解釋保險公司履約賣權時履約，發行新股用履約價格賣給巨災權益賣權賣家，所造成股權稀釋的效果，更準確的計算出巨災選擇權的價值。

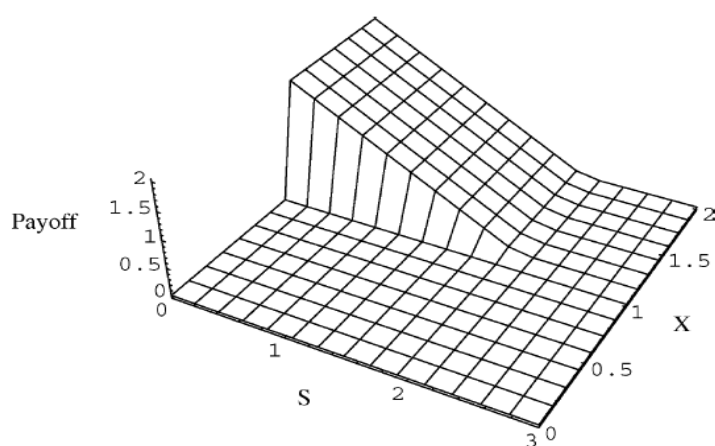
文獻回顧與探討

以下將分兩個部分介紹本研究所參考的文獻資料，分別是：過去用以評價巨災權益賣權的模型以及影響巨災權益賣權價值的因素。

➤ 評價巨災權益賣權

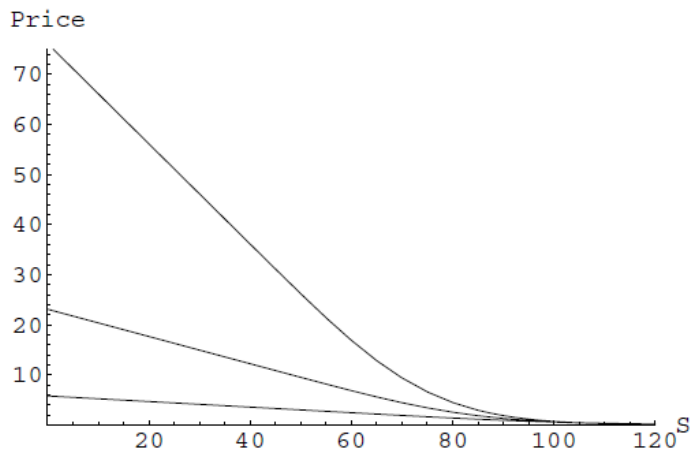
Cox(2004)認為巨災權益賣權是一項雙重啟動機制的契約（如圖一所示），此類契約的價值相較於傳統的歐式賣權契約便宜許多。他假定股價遵循幾何布朗運動，並將巨災損失量直接校正到公司股價的報酬率，其數學模型可利用 Black-Scholes 選擇權評價公式去評價巨災權益賣權。Cox(2004)定義出考慮巨災時股價的變化如下： $S_t = S_0 \exp(-AN_t + [\mu - \sigma^2/2]t + \sigma W_t)$ (S_0 為初始股價， $\{W_t : t \geq 0\}$ 為一個 standard Brownian motion， $\{N_t : t \geq 0\}$ 為一個 Poisson Process)。當尚未發生巨災時，股價 S_t 在 $(t, t + \Delta t)$ 時服從幾何布朗運動；當發生一次巨災時，不論規模大小，股價的瞬間變化為 $S_t^- \rightarrow S_t = S_t^- e^{-A}$ 。

巨災權益賣權方程式為：Payoff = $1_{\{X > x\}}(K - S)_+ = \begin{cases} K - S & \text{if } S < K \text{ and } X > x, \\ 0 & \text{if } S \geq K \text{ or } X \leq x. \end{cases}$



◀ 圖一. 巨災權益賣權的雙重啟動機制(S 為股價， X 為發生巨災次數)。假設履約價 $K = 2$ ，則當 X 大於一定值 $x = 1$ 且 $S < K$ 時才能行使巨災權益賣權。

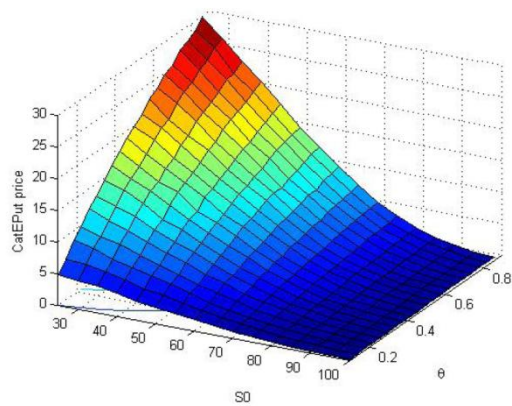
¹ 以 Merton (1974) 的結構式模型(structural model)為例，股票可視為標的物為公司資產的標準買權，所以股價和公司資產價格變動比例為買權的避險比例 Delta。



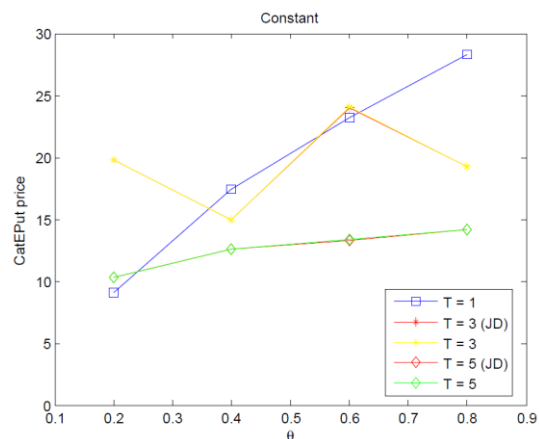
◀ 圖二. 此圖為利用 Black-Scholes 數學模型評價出的選擇權價值表（橫軸 S 為股價，縱軸 Price 為選擇權價值），最上面的曲線是傳統的歐式賣權，下面兩條曲線則是巨災權益賣權，設定 N_t 為 Poisson 分布參數 $\lambda = 0.5$, $A = 0.20$ ，可行使賣權的最低巨災發生次數 $n = 1, 2$ ，曲線中偏高者($n = 1$)與偏低者($n = 2$)皆在價格上與傳統歐式賣權有落差。

張淑蓉(2004)使用包含跳躍過程的二項式模型來評價巨災權益賣權。並與一般歐式賣權作比較，發現所計算出的巨災權益賣權較歐式賣權之價值為低。可能的原因為巨災權益賣權是雙重啟動機制契約，必須在巨災事件發生時才能執行。另外也發現履約價格、契約期間、巨災發生頻率及損失分配變異數，與巨災權益賣權價值皆有正向關係。期初股票價格與巨災權益賣權有負向關係。

曾品源(2012)使用 GARCH 模型模擬股價，並使用隨機跳躍頻率模型模擬巨災發生及損失。在使用風險中立評價模型計算巨災權益賣權的價值，他發現 GARCH-Jump model 和 Jump-Diffusion model 計算所得的巨災權益賣權價值並無顯著差別。最後歸納出巨災權益賣權的價值與災害造成損失的強度、跳躍的幅度以及到期期間有正向關係。



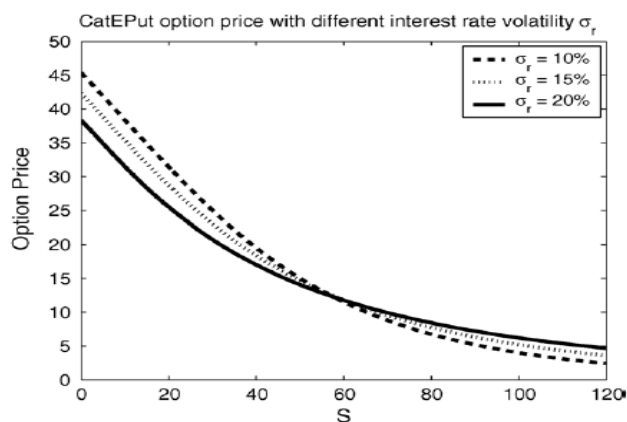
▲ 圖三.在 GARCH 模型中，巨災權益賣權價值與期初股價 S_0 和災害強度 θ 的關係圖。由此可知隨著 S_0 越小、 θ 越大會使選擇權價值增加。



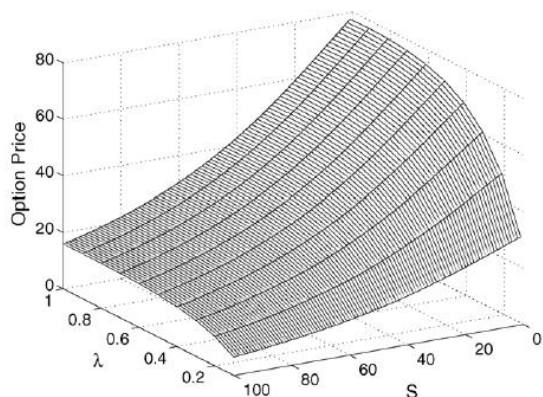
▲ 圖四.在 GARCH 模型和 Jump-Diffusion(JD)模型中，巨災權益賣權的價值與災害強度 θ 的關係(固定跳躍幅度)，到期日 $T = 1, 3, 5$ 。由此圖可知利用這兩個模型算得的巨災權益賣權並無太大差異。

➤ 影響巨災權益賣權價值的因素

Jaimungal, Wang(2005)針對隨機利率對巨災權益選擇權的影響進行研究。發現隨機利率對價格有顯著的影響。



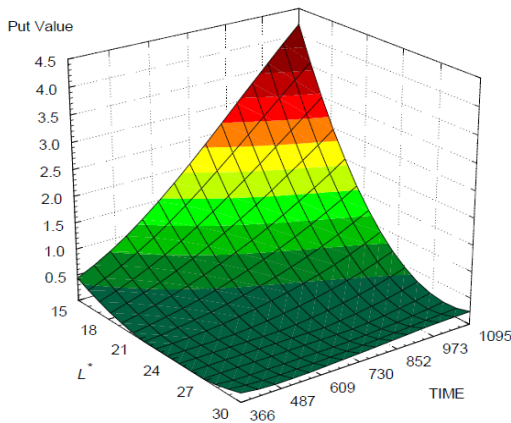
◀ 圖五.為一五年期、履約價為\$80 的巨災權益賣權在現貨價格 S 及不同利率波動度 σ_r 的關係圖。



◀ 圖六.描述了五年期、履約價為\$80 的巨災權益賣權在隨機利率的影響之下,與現貨價格 S 及 Poisson 過程中平均事件發生率 λ 之間的關係。

研究中指出利率的波動度會帶動兩種效應：折現和不確定性。利率會隨著其波動度的提高，進而促使借貸成本增加，使得選擇權價值減少；另一方面，利率波動度增加也會使不確定性提高，推高了選擇權的價值。在股價相對較低的情況下，折現效應的影響具主導地位，故利率波動度提高造成選擇權價值下降；相反的，在股價相對較高的情況下，不確定性會有顯著的影響，選擇權價值便和利率波動度呈正向關係。在成熟的市場裡，資產價格變動的風險可以靠 Delta-Gamma 避險來趨避。利率變動則靠 Rho 避險達到趨避效果，即使巨災選擇權仍屬一未成熟的市場，但是我們依舊可以靠 Rho 避險來降低可能帶來的風險。

林文昌(2005)指出巨災權益賣權若無盈餘保護條件，可能會有嚴重的道德風險（或代理人問題）。這是因為保險公司藉著道德危機不但可提早執行時間，而且可以擴大股東權益價差（履約價格減掉現貨價格的差），使賣權價值有顯著的增加。當保險公司的累積損失賠償金額愈接近損失履約門檻時，保險公司傾向放寬理賠標準來增加賠償金額，藉以提高賣權價值。但若累計損失過高而使盈餘不足時，則反而可能減緩道德危機的發生。大致而言，因損失門檻越低而且契約期間越長時越容易履約，因此賣權的價格越高。

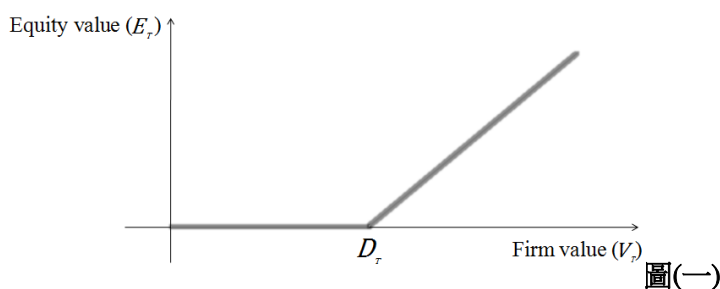


◀ 圖七.為不同巨災損失履約門檻(L^*)與契約到期時間之下巨災權益賣權價值的關係。

研究方法與步驟

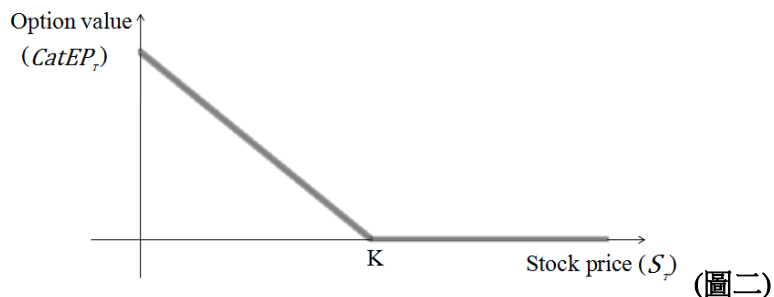
從上述文獻探討可知，過去研究皆「直接」描述巨災發生對保險公司股票價變化的影響，並在此考量之下直接評價以這家保險公司股票為標的物的巨災權益賣權 (Catastrophe Equity Put，設為 CatEP)。然而，實際上巨災發生後保險公司對保戶的出險賠償會直接反映在公司資產價值 (firm asset value) 的減項，進而「間接」影響其股票價值。本研究嘗試利用信用風險模型中的結構式模型 (structural model)，從假定保險公司資產價值的隨機過程 (stochastic process) 出發，以建立公司資產價值與其股票價值的關係 (結構式模型將公司的股東權益價值視為以此公司資產價值為標的物的選擇權)，並在這樣的關係之下描述巨災的發生對股價的影響，進而決定巨災權益賣權 (可視為以此保險公司的股票為標的物的複合式選擇權) 的價格。本章節首先以 Merton (1974) 的結構式模型為例來概述此複合式選擇權的評價模型，並與過去文獻中的方法 (直接假定股價的隨機過程) 做比較，以凸顯此方法的三大好處，接著我們將完整呈現本論文評價模型的數學推導與實作。

➤ 複合式選擇權模型以 Merton(1974)結構式模型為例



假定 S_T 、 X_T 、 D_T 分別為公司於債務償還日 T 的股票價值、在外流通股數和所需償還的債務。圖(一) 的橫軸為時間點 T 的公司資產價值 V_T ，縱軸為時間點 T 的股東權益價值 E_T ， $E_T = S_T \cdot X_T$ 。若 $V_T \leq D_T$ ，此時所有的公司價值將用以清償債務，股東所持有的 $E_T = 0$ ；相反的，若公司債到期時， $V_T > D_T$ ，此時 $E_T = V_T - D_T$ ，隨著 V_T 比 D_T 多一單位， E_T 也將上升一單位。將股東權益價值畫出來便如圖(一)的灰色折線，形狀與一般選擇權中買權到期時的 payoff 情況一樣，而 D_T 便如同買權裡的履約價(Strike price)。因此股東權益價值可視為以公司資產價值為標的物的買權(Call on firm asset value)，亦及 $E_T = \text{Call}(V_T, D_T, T)$ 。將 E_T 求出後，我們可除上在外流通股數 X_T 得出股價 S_T ，並將

S_T 做為標的，利用到期時的賣權價值與股價之間的關係評價巨災權益賣權，也就是 $CatEP_T = f(S_T, K, T)$ ，其中 K 為此巨災權益賣權的履約價，如下圖(二)。所以巨災權益賣權可視為標的物為公司資產的複合式選擇權(Compound Option)，由於巨災賣權執行時，尚需考慮巨災造成的損失金額，所以其評價較一般複合式選擇權更複雜。



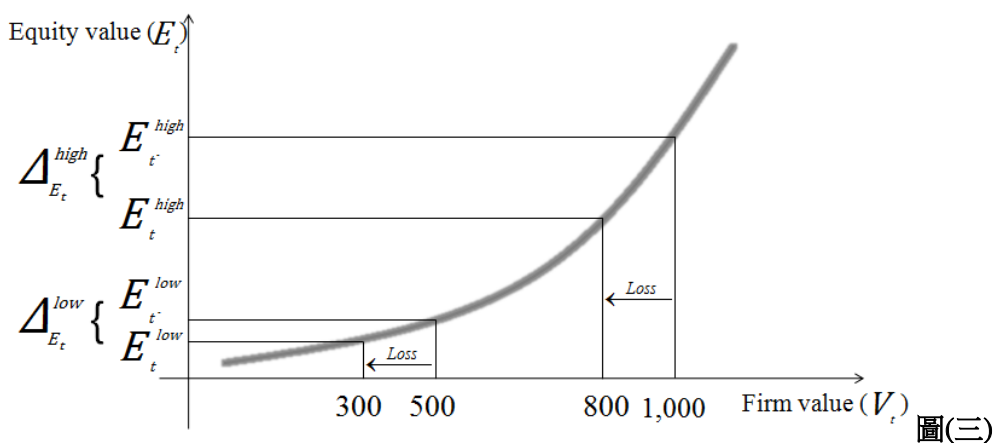
➤ 和過往直接模擬股價之研究方法相比之三大優勢

以下將討論利用本論文評價方式將如何改善過去的研究方法。

1. 正確估計巨災損失對公司價值的影響

Cox(2004)認為發生巨災災害時(假定在時間點 t 發生， $t \in (0, T]$)，無論其規模大小，股價變化為 $S_{t-} \rightarrow S_t = S_{t-}e^{-A}$ ，其中定值 $A > 0$ 。表示隨著股價高，下降量($\Delta S_t, \Delta S_t = S_{t-} - S_t$)也高，因此若 $S_{t-}^{high} > S_{t-}^{low}$ ，則 $S_{t-}^{high}(1 - e^{-A}) > S_{t-}^{low}(1 - e^{-A})$ ；不論股價高低，其降幅($\delta, 0 < \delta < 1$)皆為 $(S_{t-} - S_t)/S_{t-} = \Delta S_t/S_{t-} = 1 - e^{-A}$ 。

接著我們利用圖(一)中，股東權益可視為標的物為公司資產價值的買權這個概念，來探討股價下降量及降幅問題：



在債務未到期前(假設在時間點 t^-)，股東權益的價值為一曲線。設目前有兩家保險公司，其中一者為高資產的公司， $V_t^{high} = 1,000$ ，對應權益價值 $E_t^{high} = Call(V_t^{high}, D_t^-, t^-)$ ；另一者為低資產的公司， $V_t^{low} = 500$ ，對應權益價值 $E_t^{low} = Call(V_t^{low}, D_t^-, t^-)$ ；其他連同在外流通股數等條件皆相同(令 $X_t = X, t \in [0, T]$)。假定巨災發生(假設在時間點 t)使兩家公司的資產價值皆下降200，變成 $V_t^{high} = 800$ ，對應 E_t^{high} ； $V_t^{low} = 300$ ，對應 E_t^{low} 。我們發現當遭逢巨災時 $\Delta_{E_t^{high}} > \Delta_{E_t^{low}}$ ，如圖(三)。因為

$\Delta_{S_t} = S_{t-} - S_t = (E_{t-} - E_t)/X = \Delta_{E_t}/X$ ，則當 $\Delta_{E_t^{high}} > \Delta_{E_t^{low}}$ 時，將使得 $\Delta_{S_t^{high}} > \Delta_{S_t^{low}}$ ，此結果與

Cox(2004)論證相同。給定上述推論，兩者股價降幅 $\Delta_{S_t^{high}}/S_t^{high}$ 與 $\Delta_{S_t^{low}}/S_t^{low}$ 卻不一定會相同，以下提供一簡單例子。

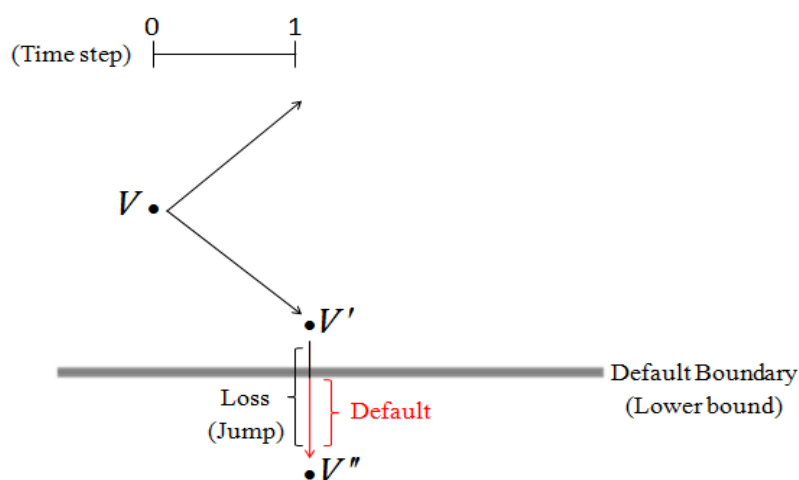
假定公司債 $D_T = 400$ ，債務期間 $T=1$ ，無風險利率 $r=0.05$ ，公司價值波動度 $\sigma_V=0.3$ ， $V_0^{high} = 1,000$ ， $V_0^{high'} = 800$ ， $V_0^{low} = 500$ ， $V_0^{low'} = 300$ ， $X = 100$ ；利用 Black-Scholes formula： $E_0 = V_0 N(d_1) - D_T e^{-rT} N(d_2)$ ，其中 $d_1 = [\ln(V_0/D_T) + (r + \sigma_V^2/2)T]/\sigma_V \sqrt{T}$ ，且 $d_2 = d_1 - \sigma_V \sqrt{T}$ ；將參數代入後，可得 $E_0^{high} = 619.54$ ， $S_0^{high} = 6.1954$ ， $E_0^{high'} = 419.86$ ， $S_0^{high'} = 4.1986$ ， $\Delta_{S_0^{high}} =$

1.9968 ， $\delta_{S_0^{high}} = 32.23\%$ ； $E_0^{low} = 132.31$ ， $S_0^{low} = 1.3231$ ， $E_0^{low'} = 12.27$ ， $S_0^{low'} = 0.1227$ ， $\Delta_{S_0^{low}} =$

1.2004 ， $\delta_{S_0^{low}} = 90.73\%$ ；可知在兩者股價下降量不同的情況下，降幅也不一樣，此與 Cox(2004)的假設不同。所以利用結構式模型來推論股價的下降量及幅度會比較精確。

2. 考慮保險公司破產風險

Cox(2004) 假定，如果巨災發生會影響股票價值，則其價格應表示成 $S_t = S_0 \exp(-AN_t + [\mu - \sigma^2/2]t + \sigma W_t)$ 。但是從此方程式無法設定模擬保險公司破產情況；因為公司股票價值恆大於 0，意為著無論發生多少次巨災保險公司都不會因為無力賠償而違約破產。然而這和真實狀況不符。反之，我們的模型則可引用 Black and Cox (1976)的 first passage model 來設定破產邊界以處理公司違約問題：



圖(四)

利用兩個 time steps 的簡單二元樹分析。假定以公司債(Debt)的面額為破產邊界。如圖(四)，在第 0 期時原始公司價值為 V ；設下期公司價值跌至 V' ，且在第 1 期發生巨災直接影響公司價值下，再跌至 V'' 。因為此時 V'' 低於公司債的面值，則發生違約事件，公司將被清算。

3. 賣權履約的股權稀釋效果

如同之前所提到，當行使巨災權益賣權時，公司將會發行新股並以特定履約價 K 賣給交易對手 (Counterparty)，此時在外流通股數將增加，可能會有股權稀釋的效果產生，然而過去研究未將此問題

考慮進去。利用結構式模型評價時會同時模擬公司資本結構，如此便能夠捕捉股權稀釋的現象。當發生巨災的發生(在時間點 t)使公司價值下降、股東權益價值下降，進而導致股價下降，若符合巨災賣權雙重啟動機制的條件時，則保險公司履約(在時間點 $\tau, \tau \in (0, T]$)，以事前約定的履約價 K 賣出新發行的股票 Y 股，因此履約後的公司價值為 $V_t = V_{t-} + KY$ ，其中 V_{t-} 為尚未履約前的公司價值， V_t 為履約後的公司價值， KY 則是因履約而產生的現金流入。此時股價為： $S_t = \text{Call}(V_{t-} + KY)/(X + Y)$ ，若履約日恰為公司債到期日($\tau = T$)，則股價可表示為： $S_T = (V_{T-} + KY - D_T)/(X + Y)$ 。

➤ 定義考慮巨災下的公司價值

當尚未考慮巨災對公司的影響，公司價值可表示成 $V_t = V_0 \exp([r - \sigma^2/2]t + \sigma W_t)$ ，為幾何布朗運動(Geometric Brownian motion)。若將巨災災害考慮進去，方程式改為：

$$\begin{aligned} V_t &= V_0 \exp([\mu - \sigma^2/2]t + \sigma W_t) - \sum_{i=1}^{n(t)} \ell_i \\ &= V_0 \exp([\mu - \sigma^2/2]t + \sigma W_t) - L_t \end{aligned}$$

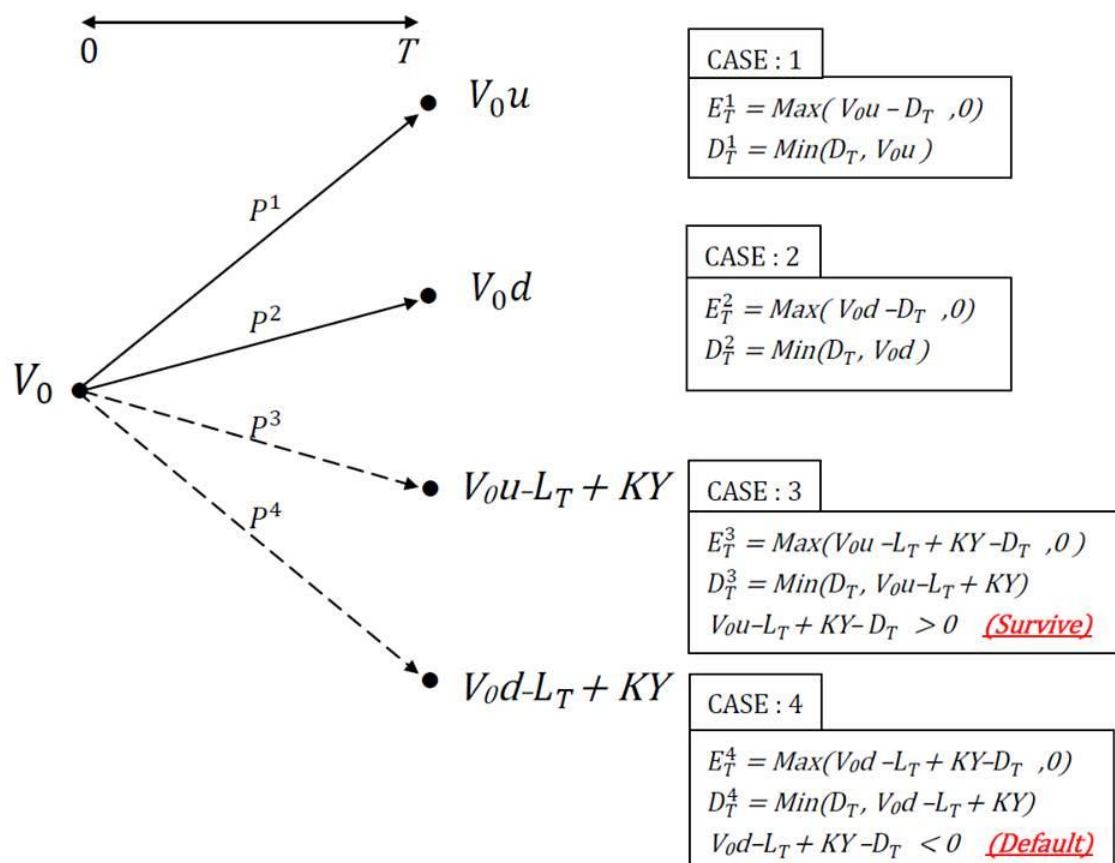
其中上式中 ℓ_i 為發生在 0 至 t 之間的第 i 次損失， $L_t = \sum_{i=1}^{n(t)} \ell_i$ 。而公司價值報酬率 μ 需滿足下式：

$$E[V_t] = E[V_0 \exp([\mu - \sigma^2/2]t + \sigma W_t) - \sum_{i=1}^{n(t)} \ell_i] = V_0 e^{rt}$$

使得公司價值的期望報酬率為無風險利率 r 。

➤ 評價巨災權益賣權

我們接著利用利用兩個 time steps 的 stair tree 對巨災賣權做評價：



圖(五)

假定 p 為公司價值上升至 V_0u 的機率(不考慮巨災影響)， q 為不發生巨災的機率，且假設公司資產價值的漲跌與巨災的發生與否無關，兩者互為獨立；假定 0 至 T 發生巨災的次數為一次，總損失為 L_T ，同時假設此巨災的發生，此巨災權益賣權會履約。圖(五)的 $P^1 \sim P^4$ 可寫成下列形式：

$$\begin{cases} P^1 = pq \\ P^2 = (1-p)q \\ P^3 = p(1-q) \\ P^4 = (1-p)(1-q) \end{cases}$$

若保險公司未持有巨災權益賣權(令圖(五)中 $KY = 0$)，則 $E_0 = e^{-rT} \sum_{i=1}^4 P^i E_T^i$ ； $D_0 = e^{-rT} \sum_{i=1}^4 P^i D_T^i = e^{-rT} [P^1 D_T + P^2 D_T + P^3 D_T + P^4 (V_0 d - L_T)]$ 。

若保險公司持有巨災權益賣權，則須考慮因賣權啟動時的股權稀釋效果。所以整體股東權益價值(舊有股東加上巨災權益賣權履約後產生的新股東) $E_0^{total} = e^{-rT} \sum_{i=1}^4 P^i E_T^i$ ，且 $S_0 = e^{-rT} \sum_{i=1}^4 P^i S_T^i$ ，其中 $S_T^1 = E_T^1/X$ ， $S_T^2 = E_T^2/X$ ， $S_T^3 = E_T^3/(X+Y)$ ， $S_T^4 = 0$ ；在考量未來可能被稀釋情況下的舊有股東權益 $E_0^{original} = S_0 \times X$ ； $D_0 = e^{-rT} \sum_{i=1}^4 P^i D_T^i = e^{-rT} [P^1 D_T + P^2 D_T + P^3 D_T + P^4 (V_0 d - L_T + KY)]$ 。賣權價值則可用下式求出：

$$CatEP_0 = e^{-rT} [P^3(K - S_T^3) + P^4 K]$$

當巨災未發生時，巨災權益賣權未履約，故賣權的 payoff 為 0，因此 CASE 1 及 CASE 2 不會出現在上式中。當巨災發生時，使巨災權益賣權履約；在 CASE 3 之下，因公司不違約，故行使賣權的 payoff 為 $(K - S_T^3)$ ；在 CASE 4 之下，因公司違約，此情況下賣權的 payoff 為 $(K - S_T^4) = K$ 。最後依各個 CASE 的 payoff 乘上機率後折現便可計算出巨災權益賣權價值。

預期結果

1. 正確估計巨災損失對股票及巨災權益賣權價值的影響
2. 考慮保險公司破產的風險，推斷其破產的可能性。
3. 解決賣權履約時所產生的股權稀釋問題。
4. 利用公司價值與股價的比對，檢測兩者相關性，進而評估巨災權益賣權的價值。
5. 藉由實作本計畫，利用程式計算相關數據，對於往後軟體工具的使用也多所裨益。
6. 將此計畫之研究成果投稿至學術期刊或研討會上。

參考文獻

- Black, Fischer, and Myron Scholes. "The pricing of options and corporate liabilities." *The journal of political economy* (1973): 637-654.
- Cox, John C., Jonathan E. Ingersoll Jr, and Stephen A. Ross. "An intertemporal general equilibrium model of asset prices." *Econometrica: Journal of the Econometric Society* (1985): 363-384.
- Cox, John C., Jonathan E. Ingersoll Jr, and Stephen A. Ross. "A theory of the term structure of interest rates." *Econometrica: Journal of the Econometric Society* (1985): 385-407.
- Cox, Samuel H., Joseph R. Fairchild, and Hal W. Pedersen. "Valuation of structured risk management products." *Insurance: Mathematics and Economics* 34.2 (2004): 259-272.

Hull, John, and Alan White. "Pricing interest-rate-derivative securities." *Review of financial studies* 3.4 (1990): 573-592.

Jaimungal, Sebastian, and Tao Wang. "Catastrophe options with stochastic interest rates and compound Poisson losses." *Insurance: Mathematics and Economics* 38.3 (2006): 469-483.

Kou, Steven G. "A jump-diffusion model for option pricing." *Management science* 48.8 (2002): 1086-1101.

Merton, Robert C. "On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates*." *The Journal of Finance* 29.2 (1974): 449-470.

林文昌、王祝三、李佩純 “巨災鏈結權益賣權契約與評價”，風險管理學報 (2005)

林文昌、賴怡洵 “台灣巨災超額再保險契約與評價”，風險管理學報 (2005)

張偉忠 “巨災債券之理論與實際”，國立中央大學財務管理研究所，碩士論文 (2005)

張淑蓉 “二項式巨災權益賣權訂價模型”，逢甲大學保險學系碩士班，碩士論文 (2004)

曾品源 “考慮有隨機跳躍頻率強度的 GARCH 模型之巨災選擇權定價”，國立高雄大學統計學研究所，碩士論文 (2012)

需要指導教授指導內容

- 1.如何改進以往相關研究使用之數學模型。
- 2.如何利用程式建構模型以更有效率地計算複雜數據。
- 3.如何取得相關文獻及如何研究文獻重點
- 4.瞭解 OTC 市場的運作模式及契約雙方的互動關係。