

以累積展望理論
評價員工認股選擇權
Pricing Employee Stock Option with
Cumulative Prospect Theory

指導教授：戴天時 教授
學生：李元靖

目錄

Contents

- 一、員工認股選擇權簡介
- 二、文獻回顧與研究目標
- 三、研究方法
- 四、研究結果
- 五、結論



員工認股選擇權簡介



員工認股選擇權 (Employee Stock Option, ESO) 是標的物為公司股票的**美式買權**，但和一般買權相比多了兩個限制：

1. 在閉鎖期 (vesting period) 內不能履約
2. 員工不能放空此買權與公司股票

以上兩個限制使得 ESO 不符 Black-Scholes 的條件，因此**不能以傳統的 Black-Scholes 模型對 ESO 評價**

員工認股權 Employee Stock Option

依美國聯邦稅法

限制條款員工認股權
(Qualified Stock Option, QSO)

非限制員工認股權
(Non-qualified Stock Option, NQSO)

發行對象

公司內部員工

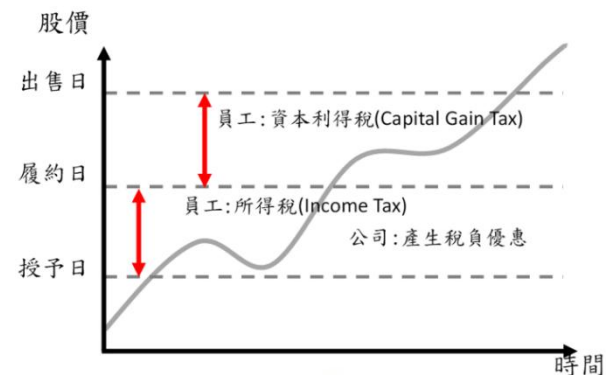
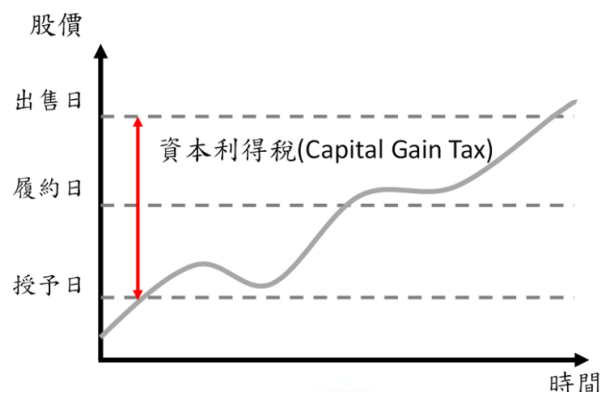
公司內部員工、董事、顧問、律師
等與公司有關之人士

特點

僅出售時課稅

- 無稅負之優惠
- 員工履約時對公司產生**稅盾效果**。

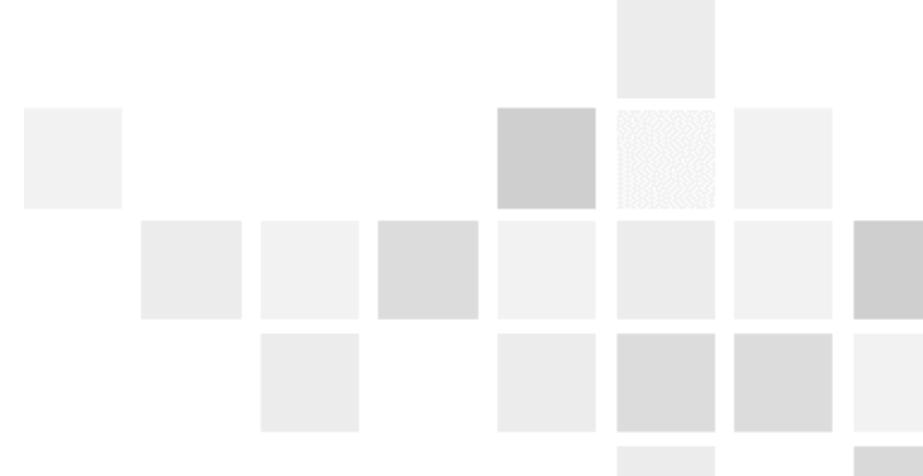
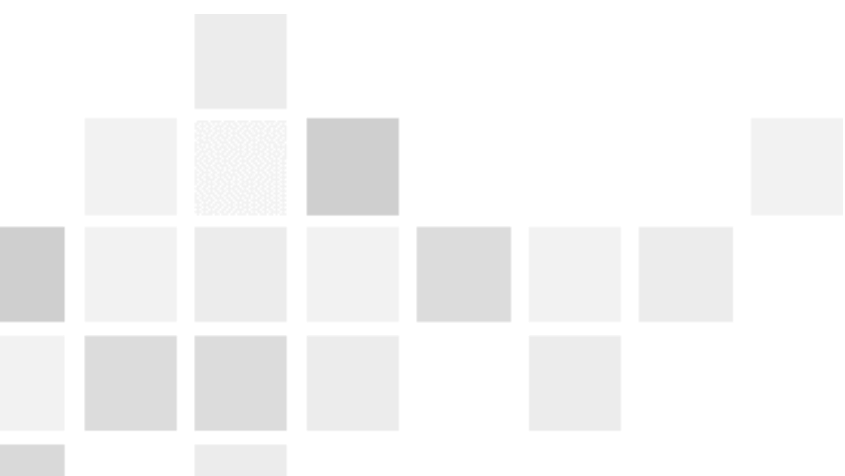
稅率





二

文獻回顧與研究目標





研究重點

➤目標：建構一個能考慮所有影響 ESO 成本的評價模型 — 資產樹森林結構

ESO 交易限制 (閉鎖期、到期年限...)、履約行為 (部分履約)、公司價值 (注資效果、稀釋效果、信用風險)、稅制 (NQSO 與 QSO 的不同)

過往文獻的缺點

1. 評價模型：以 Black-Scholes、股價過程評價者，無法將注資效果、稀釋效果、信用風險納入考量
 - Babenko et al. (2011) 的資料顯示**平均而言 ESO 佔流通在外股數的比例是 11.6%**
 - Core and Guay (2001) 回歸結果顯示現金流短缺的公司傾向發較多的 ESO
2. 效用理論：期望效用理論 (EU)、等級相依期望效用理論 (RDEU)、累積展望理論 (CPT)
 - EU 相關文獻使用負效用、直接解 PDE 者 (Grasselli and Henderson (2009)、Leung and Sircar (2009)) 模型假設“**無閉鎖期**”，與實際情況不符 (Carpenter et al. (2019) 實證資料顯示**閉鎖期平均為 57 個月**)
 - CPT 相關文獻皆**無討論部分履約**，也不符實證現象 (Carpenter et al. (2019) 實證資料顯示**平均履約比例為 67%**)
3. ESO 存在的合理性：有些文獻認為 **$CE > Cost$** 公司才會發行 ESO
 - CE 是員工角度的獲利價值， $Cost$ 是公司角度的價值
 - 加入稅制考量後，員工 CE 會下降；且員工延後履約可能會使公司成本上升
4. 美國稅法 100K 條款：限定每位員工每個會計年度能獲得的 QSO 總價值上限為 \$ 100K 美元，超過者皆視為 NQSO
 - Oyer and Schaefer (2005) 的實證資料中，僅 8% 的員工持有兩種 ESO，其餘 77% 只持有 NQSO，15% 僅擁有 QSO

我們的研究：以資產樹森林結構評價

- 巫柏宏 (2020) 與劉易洲 (2021) 為 EU、鄧名勛 (2021) 為 RDEU、本文為 CPT，並以限制式“固定員工確定等值”、“固定薪資組合成本”討論最適薪資組合配置是否有包含 ESO
- 鄧名勛 (2021) **RDEU** 的「**固定員工確定等值、極大化公司資產價值**」符合所有實證現象，是較合適的模型



ESO 評價模型

- Black-Scholes
 - 財務會計準則 FAS 123R 與員工會計公報 SAB 110 皆允許公司以 Black-Scholes 模型估計 ESO 成本 → 高估成本
 - Carpenter et al. (2019) 以回歸估計真實 ESO 成本對應的到期日，再代入 Black-Scholes 模型計算成本
- 股價過程
 - Jain and Subramanian (2004)、Sun and Widdicks (2016) 皆採用股價樹，前者設定員工可部分履約 (intertemporal exercise)，後者僅允許一次履約全部 (block exercise)
 - Grasselli and Henderson (2009)、Leung and Sircar (2009) 直接找 PDE 的封閉解 (close-form solution)
- 巫柏宏 (2020)、劉易洲 (2021)、鄧名勛 (2021) 與本文皆採用資產樹評價
 - 巫柏宏 (2020) 與劉易洲 (2021) 皆為 EU，鄧名勛 (2021) 為 RDEU，本文為 CPT



文獻	架構	效用函數	放寬條件	是否討論 部分履約	員工 稅制	公司 稅制(盾)	是否討論 薪資/財富	結果
The Intertemporal Exercise and Valuation of Employee Options Jain et al. 2004	建構 股價 樹來評價	$U(w) = e^{-\beta t} w^\gamma,$ $0 < \gamma < 1,$ $0 < \beta < 1$	履約後馬上 售出股票	是	是 (僅資本 利得稅)	無	否	- 公司成本 > 員工角度價值 - 風險趨避的員工傾向提前履約
Risk aversion and block exercise of executive stock options M. Grasselli, V. Henderson 2009	從股價出發 解履約邊界的封閉解 (close form solution)	$U(w) = \frac{-1}{\gamma} e^{-\gamma w},$ $0 < \gamma < 1$	視為美式、 無閉鎖期 、 無窮到期日、 履約後馬上 售出股票	是	無	無	獲利可再投資到 market index /company's stock saving	- 員工有部分履約的情形 若將閉鎖期納入考量，就不會有部分履約
Why do employees like to be paid with Options?: A multi-period prospect theory approach L. Sun, M. Widdicks 2016	從 股價八元 樹 出發來評價	$U = \begin{cases} (W - RP)^\eta, & \text{if Gain} \\ -\lambda(RP - W)^\eta, & \text{if Loss} \end{cases}$ $0 < \eta \leq 1$ $\lambda \geq 1$		否	無	無	否	$\sigma > 0.4$ 時就會有「$CE > Cost$」的結果，此外，在員工過度自信 (overconfidence) 的情況下，σ 的要求更低 - 越樂觀的員工越不會提前履約
Employee Stock Option Exercise and Firm Cost Carpenter et al. 2019	計算期望到期日的解析近似解，再以此到期日帶入 Black-Scholes 模型 估算 ESO 成本	無	-	是	無	無	是	實證資料統計： ESO平均履約比例、閉鎖期、到期日為67%、57個月、10年 實證迴歸： - 女性或是職等較高的員工傾向較晚履約 模型敏感性分析： σ 愈大、股利率愈低時 ESO 成本愈高



ESO 存在的合理性

- 期望效用理論 (Expected Utility theory, EU) 相關文獻中，計算而得的 ESO 成本皆大於員工確定等值 (Certainty Equivalence, CE)
- Spalt (2013) 發現若將員工的決策方式，從 EU 改成 CPT (Cumulative Prospect theory)，受到機率加權 (probability weighting) 的影響，會有「 $CE > Cost$ 」的情形
- 機率加權相關的效用理論：RDEU (Rank-dependent Expected Utility)、CPT
- 鄧名勛 (2021) 採用 RDEU，從“固定員工確定等值”與“固定薪資組合成本”的限制下，討論最適薪資組合配置是否有包含 ESO
 - CE 是員工角度的獲利價值， $Cost$ 是公司角度的價值
 - 加入稅制考量後，員工 CE 會下降；且員工延後履約可能會使公司成本上升



研究目標

- 承鄧名勛 (2021) 的資產樹森林結構與機率加權，另將效用函數改為 CPT 模型，以及履約決策改為「極大化員工確定等值」，比較 RDEU 與 CPT 的優缺點，以及理論模型結果或實證現象之驗證

理論模型結果 ([總表](#))

- 使 ESO 成本上升的變因：損失趨避程度↓、公司股價/資產價值波動度↑、
ESO 到期年限↑、現金股利↓、員工財富↑、機率加權程度↑
- 機率加權程度↑使 $CE - Cost$ 越大

實證現象 ([總表](#))

- 員工有部分履約的行為：Huddart and Lang (1996)、Carpenter et al. (2019)
- 公司股價報酬波動度越高，ESO 發行量越多：Spalt (2013)
- NQSO 多於 QSO：Oyer and Schaefer (2005)、Alexander (2007)
- CEO 的薪資組合接近零現金：ExecuComp資料庫
- 樂觀的 CEO 領到較少 ESO：Otto (2014)



選用資產樹的考量

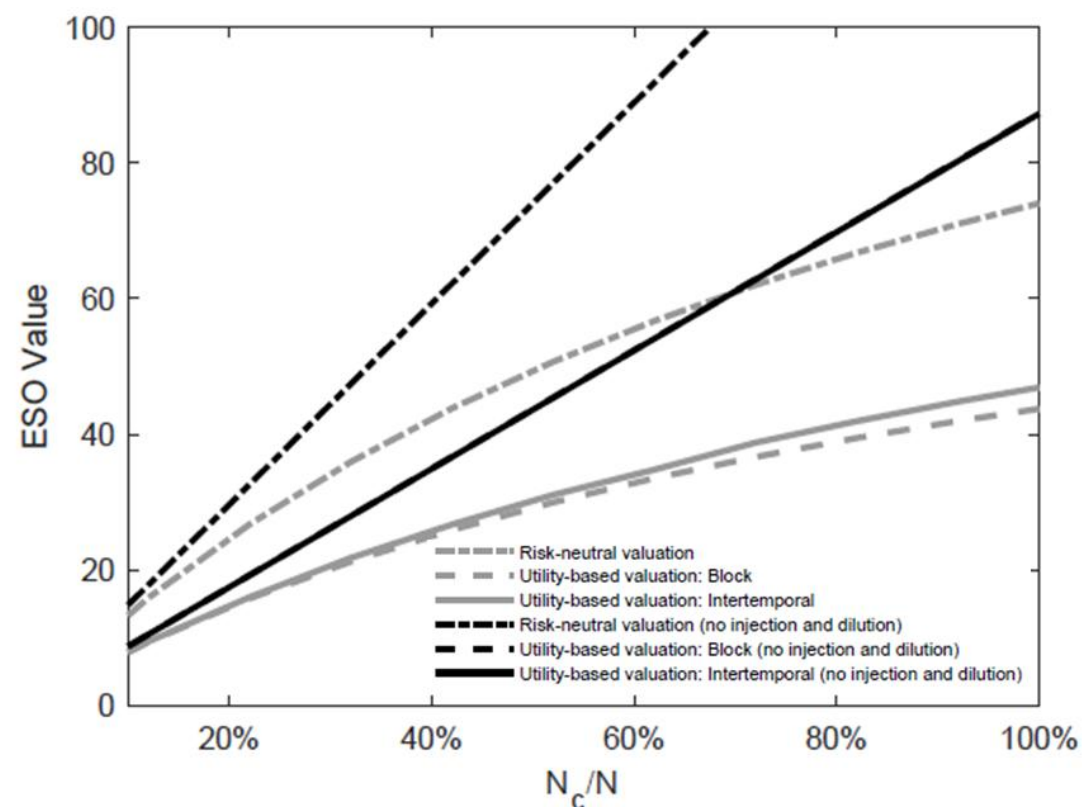
- 員工履約後，公司會發生注資和稀釋效果，因此公司的**資本結構會發生改變**，即履約後的公司資產會跳離原來的資產樹，故我們必須使用森林結構才能討論到跨不同資本結構間 (ESO 履約的程度不同) 的計算。
 - Babenko et al. (2011) 的資料顯示 ESO 佔流通在外股數比例的平均值是 11.6% (超過 1400 家公司)
- **注資效果**：員工履約會支付履約價來換取股票，此時每一張履約的 ESO 都相當於是**對公司做履約價的注資**，公司的股權價值增加。
- **稀釋效果**：本文在員工履約 ESO 採用**發行新股**的方式給予股票，因此會使在外流通股數上升，在股權價值不變之下，會使整體股價下跌，並降低原始股東的價值；此外履約價通常會低於市價，傷害原始股東權益。



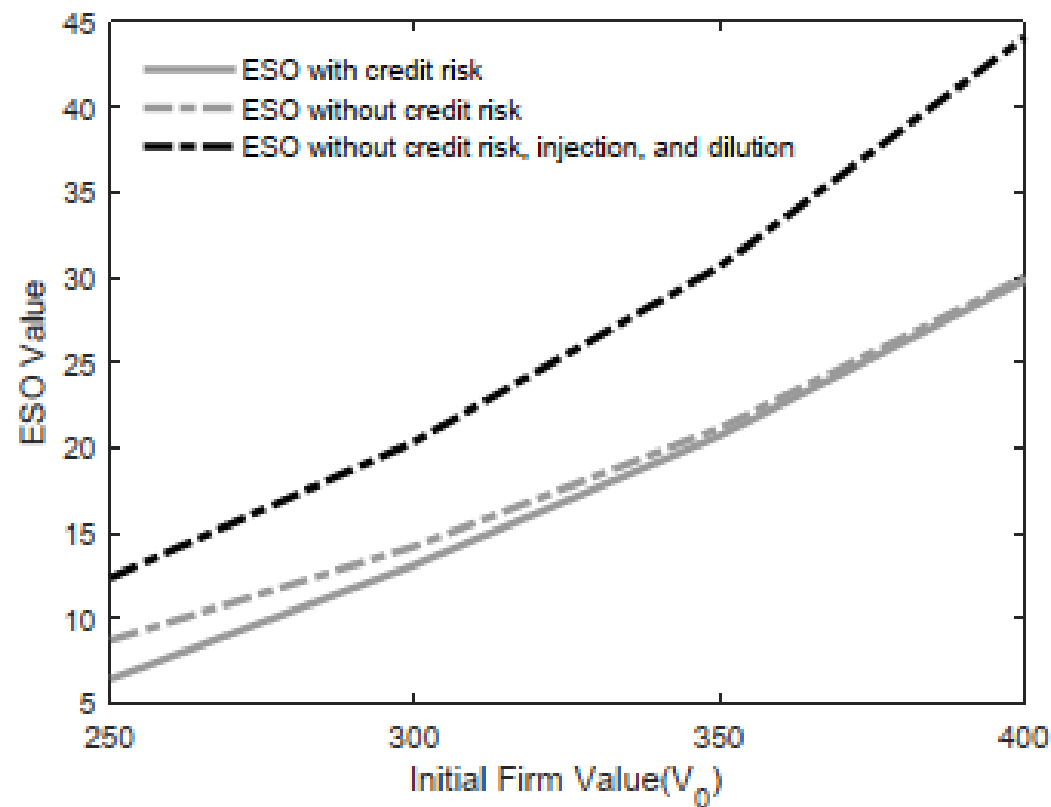
注資效果、稀釋效果、信用風險對評價結果的影響

Dai et al. (2021) 指出，未考慮注資與稀釋效果，會使得 ESO 價值與 ESO 發行總量無關 (左圖黑線)；而未考慮信用風險的模型會高估 ESO 價值 (右圖)

注資、稀釋效果



信用風險



Risk neutral: Utility discount $\beta = 0$, Risk aversion $\gamma = 1$
Risk averse: Utility discount $\beta = 0.125$ Risk aversion $\gamma = 0.4$



一	員工認股選擇權簡介	二	文獻回顧與研究目標	三	研究方法	四	研究結果	五	結論
---	-----------	---	-----------	---	------	---	------	---	----

文獻	架構	效用函數	是否討論 部分履約	員工 稅制	公司 稅制 (盾)	是否討論 薪資/財富	結果
使用實證及森林評價 結構推論高階認股權 的發行策略 劉易洲 2021	建構 資產樹 之森林結構進行評價，考慮 1. 注資效果 2. 股權稀釋效果 3. 信用風險	$U(w) = e^{-\beta t} w^\gamma,$ $0 < \gamma < 1,$ $0 < \beta < 1$	是	是 (討論到 資本利得 稅與累進 所得稅率)	有	是 (討論薪資和 ESO 的組合)	排序效果 ：員工越樂觀會 越偏好包含 ESO 的薪資組 合；較不樂觀且風險趨避 的員工會偏好全現金薪水
使用等級相依期望效 用模型與資產森林結 構 推論實證之員工認股 權發行決策 鄧名勛 2021	建構 資產樹 之森林結構進行評價，考慮 1. 注資效果 2. 股權稀釋效果 3. 信用風險 員工履約決策中加入 機率加權函數 (Probabi- lity weighting function) 的調整，稱為 RDEU	$U(w) = e^{-\beta t} w^\gamma,$ $0 < \gamma < 1,$ $0 < \beta < 1$	是	是 (討論到 資本利得 稅與累進 所得稅率)	有	是 (討論薪資和 ESO 的組合)	- 機率加權程度愈低， 公司發行 ESO 的成本 愈高 履約邊界：RDEU 高 於 EU

最適 薪資組合 配置	限制式	目標式	ESO存在的 合理性	#NQSO > #QSO Oyer and Schaefer (2005)	$\sigma \uparrow, N \uparrow$ (Spalt 2013)	CEO拿接近 零現金薪酬 組合	部分履約 離到期日越近，會 履約較多的選擇權 Huddart and Lang(1996)	樂觀的CEO領到 較少Option (張) Otto(2014)	樂觀的CEO 領到較少 Option (占比) Otto(2014)
劉易洲 (2021) EU	固定薪資 組合成本	極大化公司 資產價值	○	○	-	○ (NQSO)	○	○	X
鄧名勛 (2021) RDEU	固定員工 感受度	極大化公司 資產價值	○	○	○ (除了 $\gamma = 0.9$)	$\gamma、\sigma$ 較大時	○	γ 較大時	γ 較大時



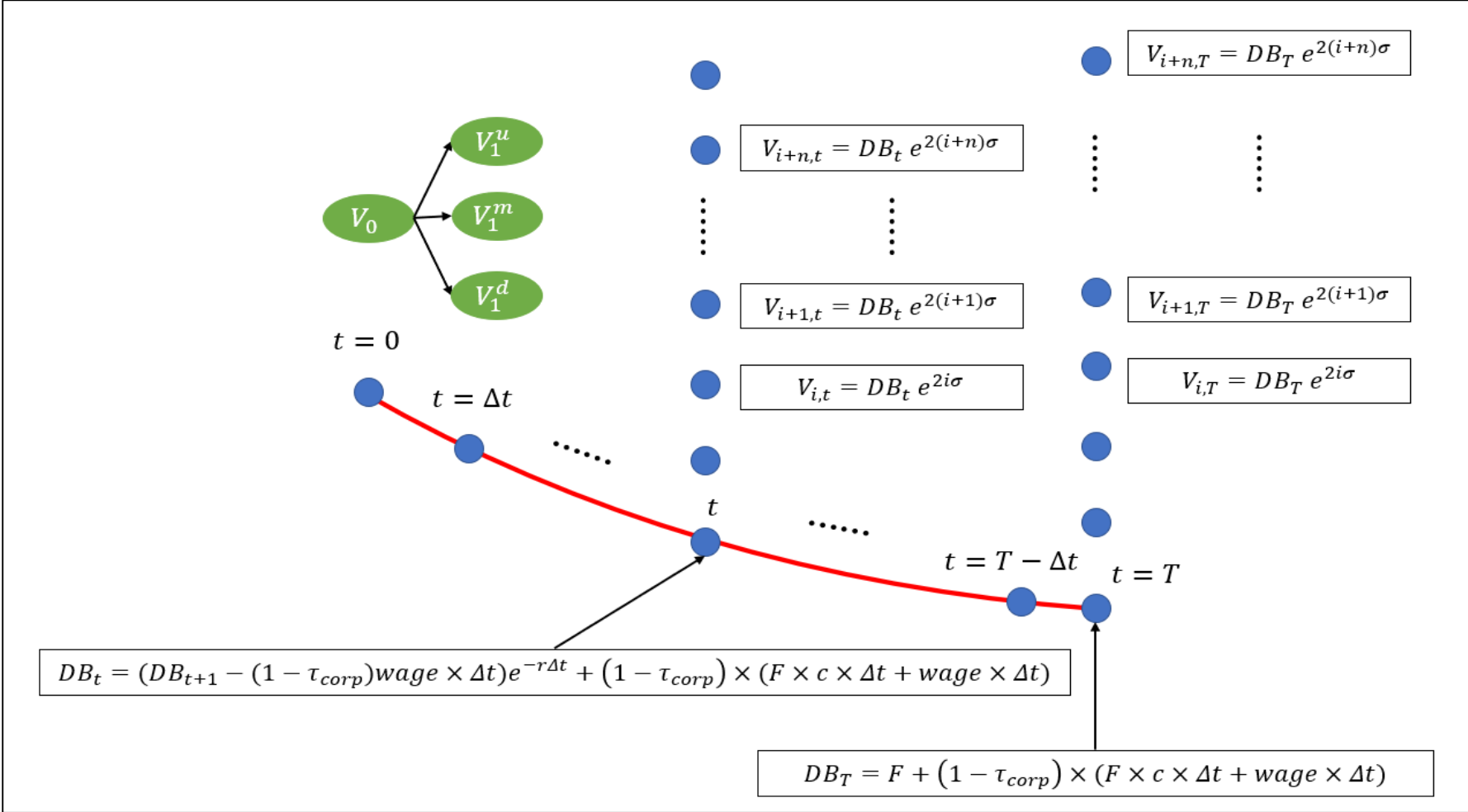
研究方法

1. 資產樹森林結構
2. 機率加權函數
3. 效用函數



1. 資產樹森林結構

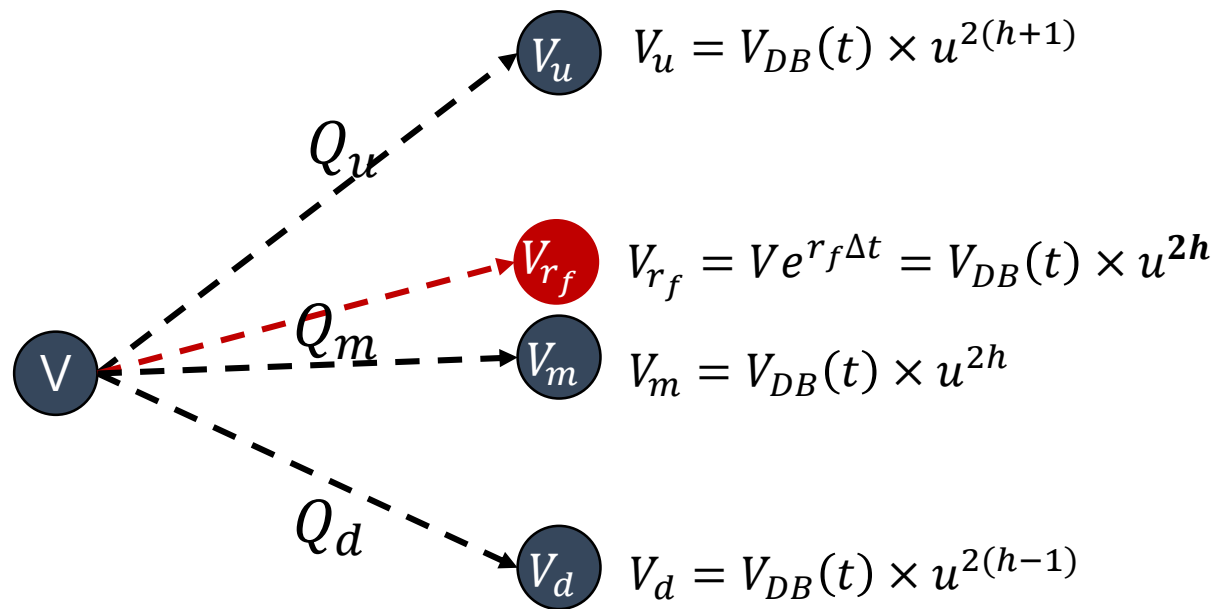
- 在破產邊界以上建構資產點 (信用風險)





1. 資產樹森林結構

- 計算接點與風險中立機率 (公司角度計算成本時)



$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}}$$

$$Q_u \times (\ln V_u - \ln V_{r_f}) + Q_m \times (\ln V_m - \ln V_{r_f}) + Q_d \times (\ln V_d - \ln V_{r_f}) = 0$$

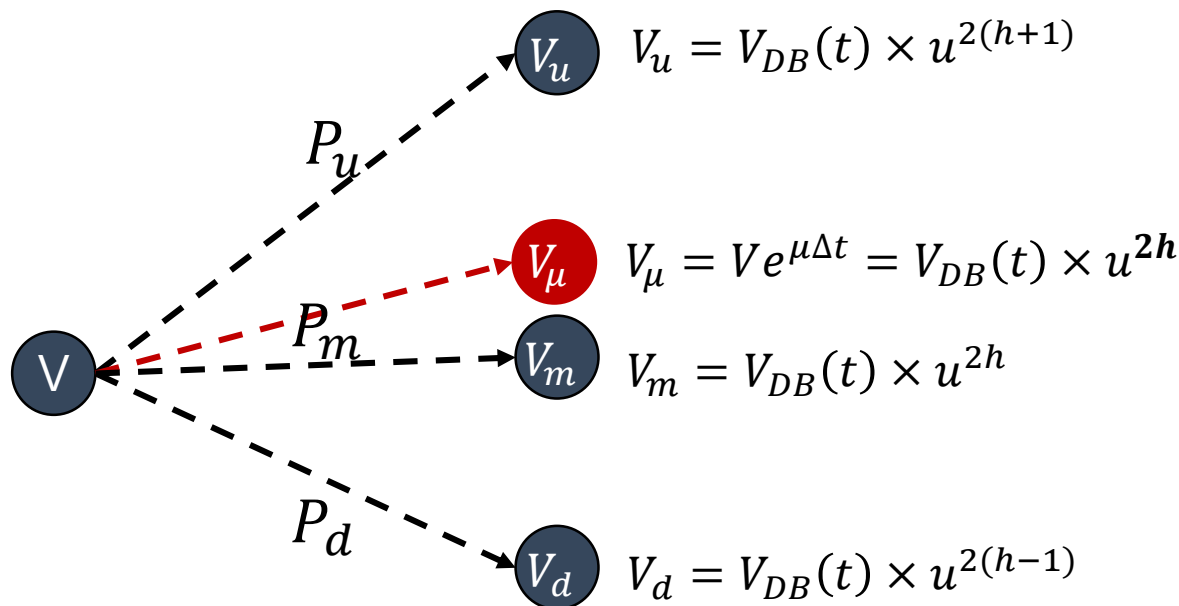
$$Q_u \times (\ln V_u - \ln V_{r_f})^2 + Q_m \times (\ln V_m - \ln V_{r_f})^2 + Q_d \times (\ln V_d - \ln V_{r_f})^2 = V_0^2 [e^{\sigma^2 \times \Delta t} - 1] \times e^{2r_f \Delta t}$$

$$Q_u + Q_m + Q_d = 1$$



1. 資產樹森林結構

- 計算接點與真實機率 (員工角度計算效用時)



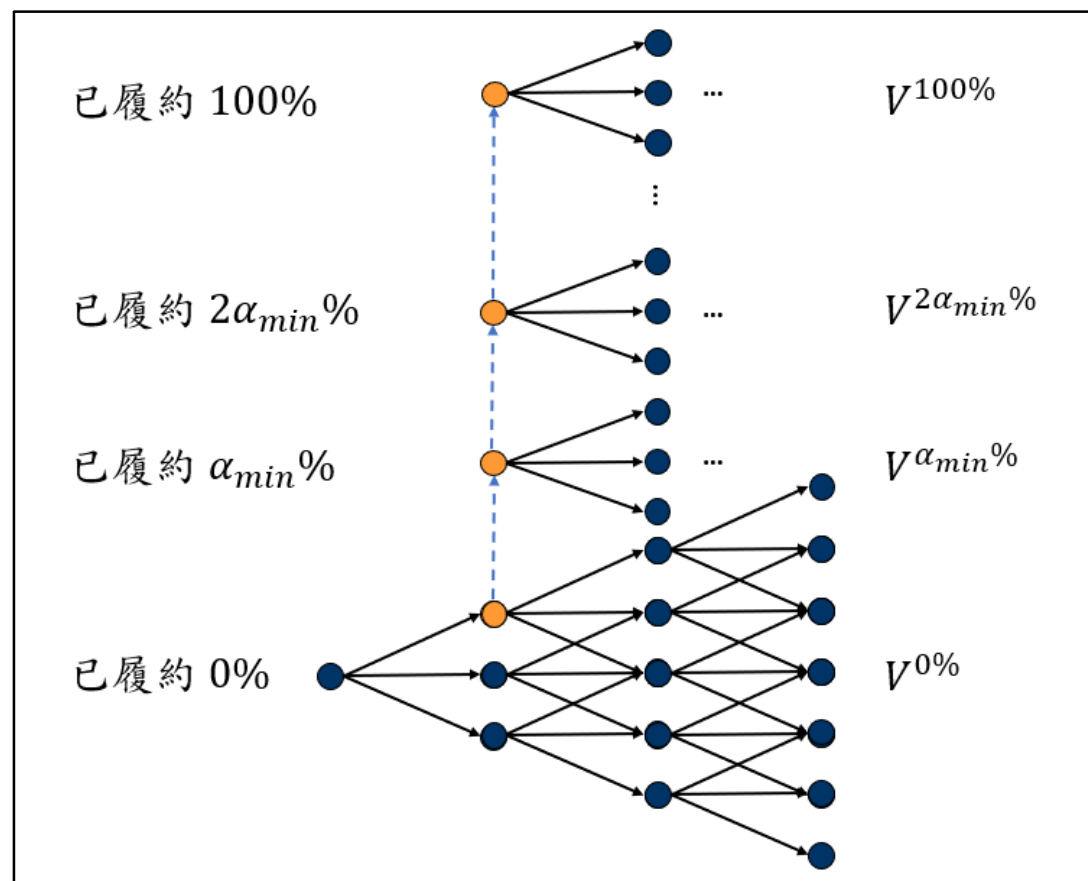
$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}}$$

$$\begin{aligned} P_u \times (\ln V_u - \ln V_\mu) + P_m \times (\ln V_m - \ln V_\mu) + P_d \times (\ln V_d - \ln V_\mu) &= 0 \\ P_u \times (\ln V_u - \ln V_\mu)^2 + P_m \times (\ln V_m - \ln V_\mu)^2 + P_d \times (\ln V_d - \ln V_\mu)^2 &= V_0^2 [e^{\sigma^2 \times \Delta t} - 1] \times e^{2\mu \Delta t} \\ P_u + P_m + P_d &= 1 \end{aligned}$$



1. 資產樹森林結構

- 最適履約比例的選取：巫柏宏 (2020)、鄧名勛 (2021)、劉易洲 (2021) 皆延伸 Jain and Subramanian (2004) 的作法，將樹狀模型展成多層級，每一層代表不同的履約比例。本文亦延續此作法，用以描繪不同已履約比例狀態下的資產點。





1. 資產樹森林結構

觀察A1點即可了解森林結構的計算方式：

在 A1 點員工有 3 種策略

1.全部履約

CE 為 $CE(A1'') = w + ESO_{payoff,100\%} + U^{-1} \left(\tilde{E}_P(U(A2''), U(A3''), U(A4'')) \right) \times e^{-rt}$

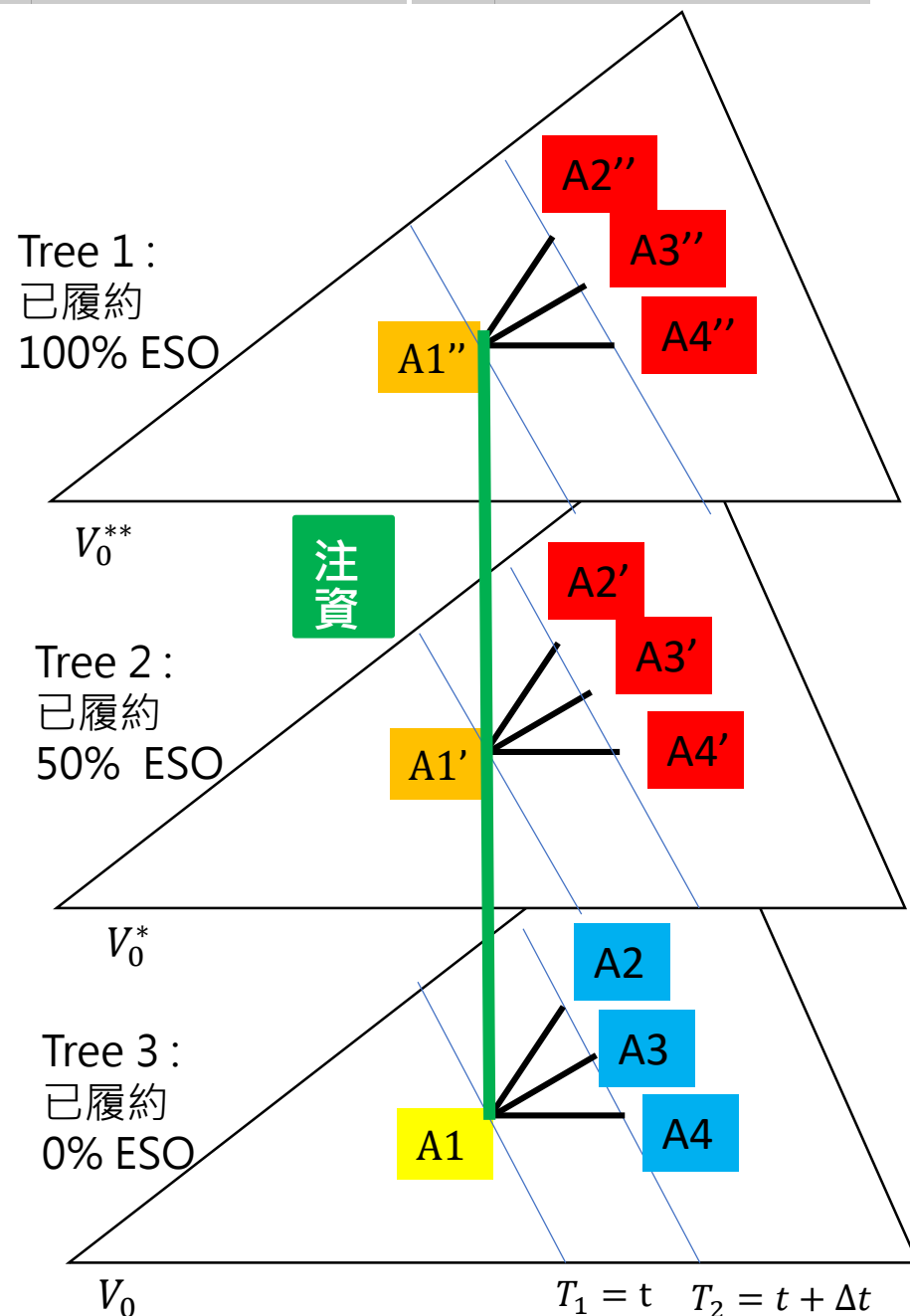
2.履約50%

CE 為 $CE(A1') = w + ESO_{payoff,50\%} + U^{-1} \left(\tilde{E}_P(U(A2'), U(A3'), U(A4')) \right) \times e^{-rt}$

3.不履約

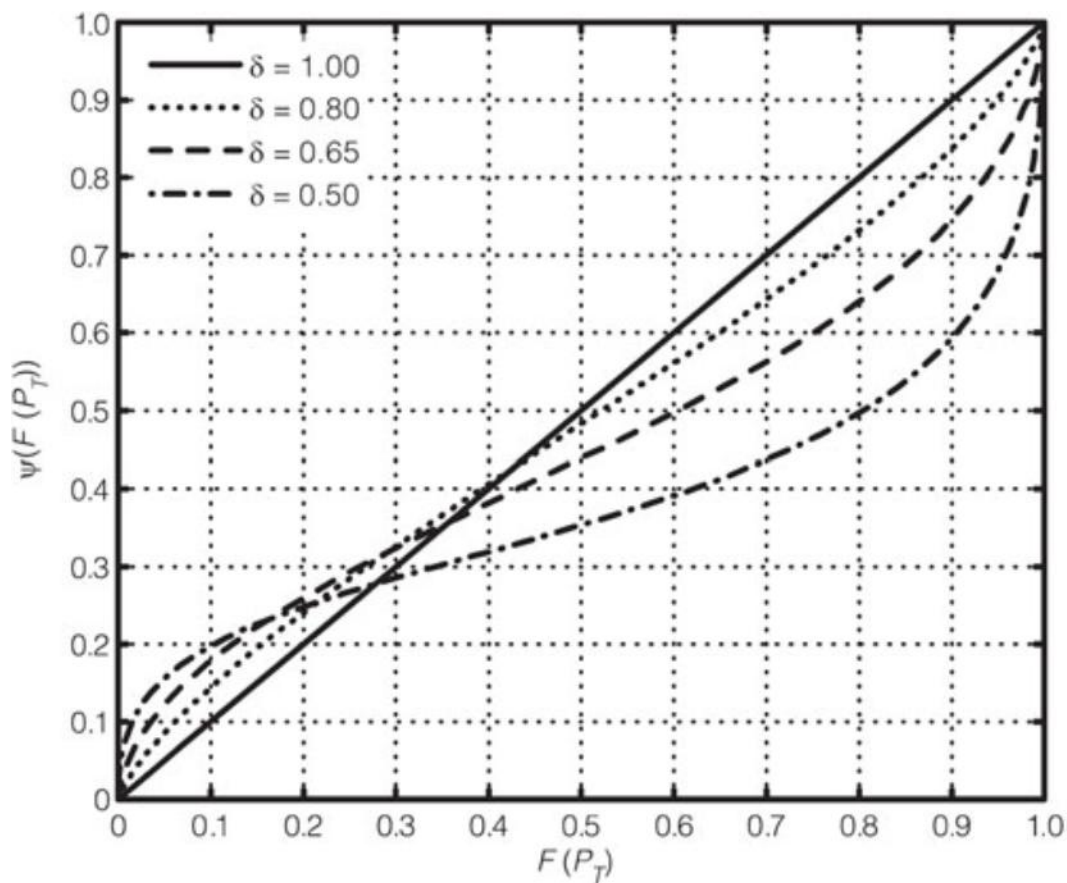
CE 為 $CE(A1) = w + U^{-1} \left(\tilde{E}_P(U(A2), U(A3), U(A4)) \right) \times e^{-rt}$

CE 較大的策略($\max(CE(A1), CE(A1'), CE(A1''))$) 即為員工的選擇。





2. 機率加權函數



$$w(F(x)) = \frac{F(x)^\delta}{[F(x)^\delta + (1 - F(x))^\delta]^{\frac{1}{\delta}}}$$

For event $\{a < X < b\}$

原本的機率：

$$P(a < X < b) = F(b) - F(a)$$

加權後的機率：

$$P(a < X < b) = w(F(b)) - w(F(a))$$

• 對**真實**機率加權：

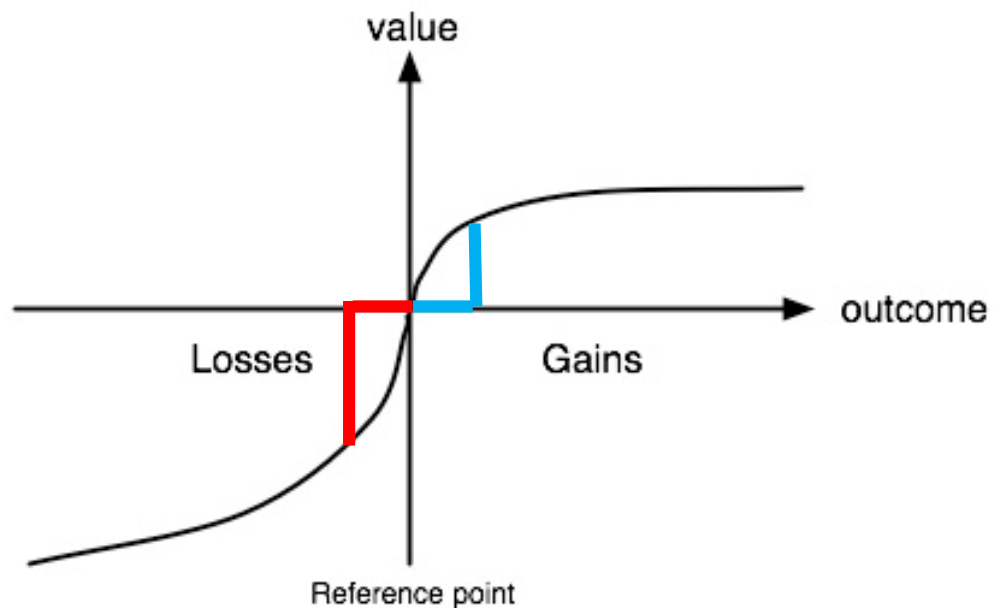
$$\tilde{P}_{d,i,t}^{a\%} = w(P_{d,i,t}^{a\%})$$

$$\tilde{P}_{m,i,t}^{a\%} = w(P_{m,i,t}^{a\%} + P_{d,i,t}^{a\%}) - w(P_{d,i,t}^{a\%})$$

$$\tilde{P}_{u,i,t}^{a\%} = 1 - w(P_{m,i,t}^{a\%} + P_{d,i,t}^{a\%})$$



3. 效用函數



$$U(x - RP) = \begin{cases} (x - RP)^\eta, & \text{if } x \geq RP \\ -\lambda(RP - x)^\eta, & \text{if } x < RP \end{cases},$$
$$\lambda \geq 1, 0 < \eta \leq 1$$

RP (reference point) 有兩種設定

- 選擇權內涵價值 + 現金薪水
- 選擇權 Black-Scholes 價值 + 現金薪水

四

研究結果

1. CPT 敏感性分析
2. 驗證部分履約
3. 最適薪資組合配置
4. 排序效果與員工樂觀程度

1. CPT 敏感性分析

• 參數設定

為使本文的分析結果貼近實證情形，因此參數設定皆參照 ESO 的實證或理論研究文獻之設定

- (1) 期初公司資產價值 ($V_0 = 9,910,000,000$ ，Otto (2014) Table3 的平均數)
- (2) 債券票面價值 ($D = V_0 \times 0.18$ ，0.18 為 Otto (2014) Table3 中的槓桿比例平均數)
- (3) 票面利率 ($c = 0.078$ ，2000 年 10-Year High Quality Market (HQM) Corporate Bond Spot Rate 的平均值)
- (4) 公司價值波動度 ($\sigma = 0.3$ ，Hall et al. (2002) 2000 年的樣本平均)
- (5) 破產成本比例 ($\rho = 0.4296$ ，Hamilton (2007) 中 AA 等級債券的 constant recovery rate 為 57.04%)
- (6) 無風險利率 ($r = 0.06$ ，Hall et al. (2002) 2000 年的樣本平均)
- (7) 公司所得稅 ($\tau_{\text{corporate}} = 0.21$ ，美國公司所得稅率)
- (8) 真實世界折現率 ($\mu = 0.125$ ，Hall et al. (2002) 的樣本平均數)
- (9) 員工風險趨避係數 ($\eta = 0.88$ ，Sun and Widdicks (2016) 中的風險趨避係數)
- (10) 員工損失趨避係數 ($\lambda = 2.25$ ，Sun and Widdicks (2016) 中的損失趨避係數)
- (11) 員工年薪 ($wage = 670,000$ ，Otto (2014) Table2 的平均數)
- (12) 股利 ($Div = 0$ ，以不發股利為基準)⁶

(13) 在外流通股數 ($O = 1,000$ ，可看成每股占總股權千分之一)

(14) 債券和認股權到期日 ($T = 10$ 年，Hall et al. (2002) 的設定)

(15) 認股權張數 $N = 7$ (Otto (2014) Table2 的每年 CEO 獲得認股權價值的平均數為 3,087,000，換算到本文 10 年的認股權價值總額應為 30,870,000，而本文在其他設定皆固定下，10 年總認股權張數為 7 張 (每張認股權換一股) 時認股權價值最接近此值，且遠小於 Huddart & Lang (1996) Table2 所提到的實證資料中：認股權占公司流通在外股數的最大值為 32.4%，7 張只占 0.7% 屬於合理範圍)

(16) 認股權閉鎖期 (vesting period) ($T_{\text{exercise}} = 3$ ，Hall et al. (2002) 的樣本平均)

(17) 一年內有 4 個可履約時間點 (本模型設定一年內可以履約多次，以一年有 4 個可履約時間點為標準)

(18) 本文選用的效用函數為

$$U(x - RP) = \begin{cases} (x - RP)^\eta, & \text{if } x \geq RP \\ -\lambda(RP - x)^\eta, & \text{if } x < RP \end{cases}, \lambda \geq 1, 0 < \eta \leq 1$$

η 為員工的風險趨避係數 ($0 < \eta < 1$)， λ 為員工的損失趨避係數 ($\lambda \geq 1$)，當 η 值越大時越風險中立，反之越風險趨避； λ 越大越損失趨避； RP 是參考點，不同時間點的 RP 如章節 3.2.4 所定義。

(19) 機率加權參數 $\delta = 0.69$ (Sun and Widdicks (2016) 設定)

(20) 模型計算出來的數據皆用過 MM 理論驗證： $V_0 + TB_0 - BC_0 = D_0 + E_0 + ESO_0 + Salary$ (V_0 為期初公司資產價值，其他價值皆是用資產樹模型透過倒推法求出期初的期望值)。



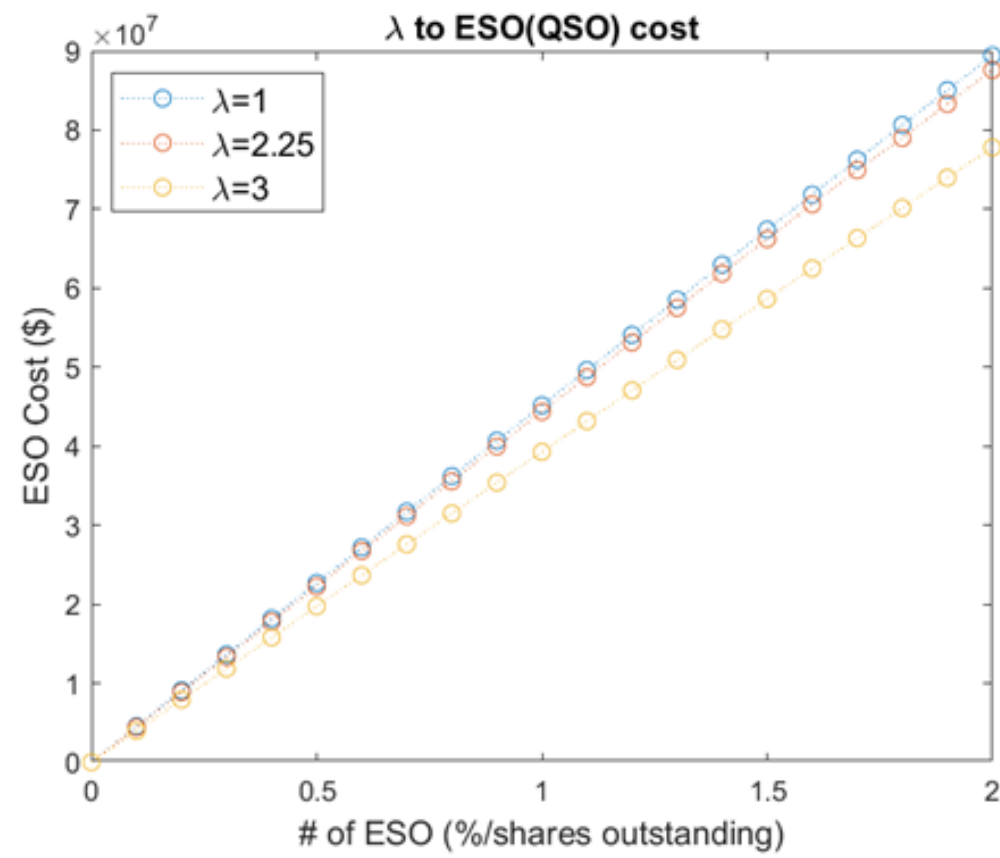
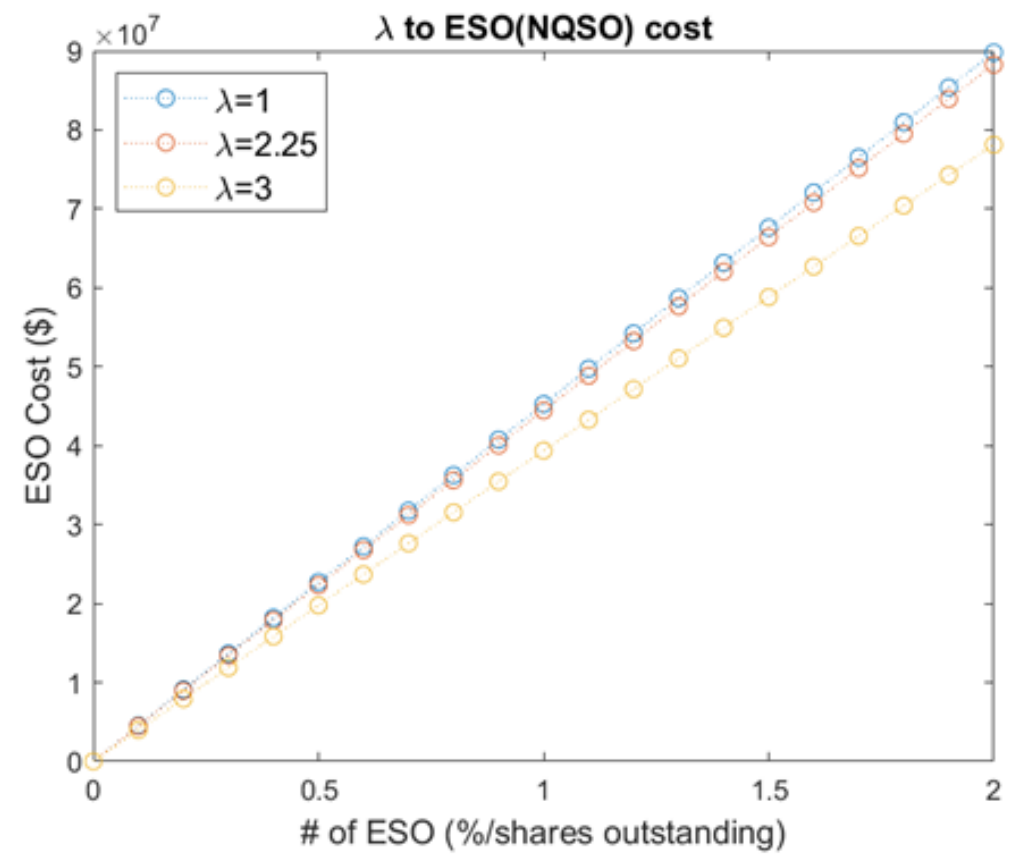
1. CPT 敏感性分析

參數變化	<u>損失趨避程度</u> <u>下降</u>	<u>公司股價報酬</u> <u>波動度上升</u>	<u>ESO 到期年限</u> <u>上升</u>	<u>現金股利下降</u>	<u>現金薪資上升</u>	<u>機率加權程度</u> <u>上升</u>
本文結果	ESO 成本上升				ESO 成本下降	ESO 成本上升 <i>CE – Cost</i> 上升
相關文獻	Bahaji (2018)	Jain and Subramanian (2004) Carpenter et al. (2019) 巫柏宏 (2020) 鄧名勛 (2021)	Jain and Subramanian (2004) 巫柏宏 (2020) 鄧名勛 (2021)	Carpenter et al. (2019) Carpenter et al. (2010) Leung and Sircar (2009) 巫柏宏 (2020) 鄧名勛 (2021)	Carpenter et al. (2010) 鄧名勛 (2021)	Spalt (2013) Sun and Widdicks (2016) 鄧名勛 (2021)
本文結果與文獻比較	相同	相同	相同	相同	相反	相同



1. CPT 敏感性分析 – 損失趨避程度

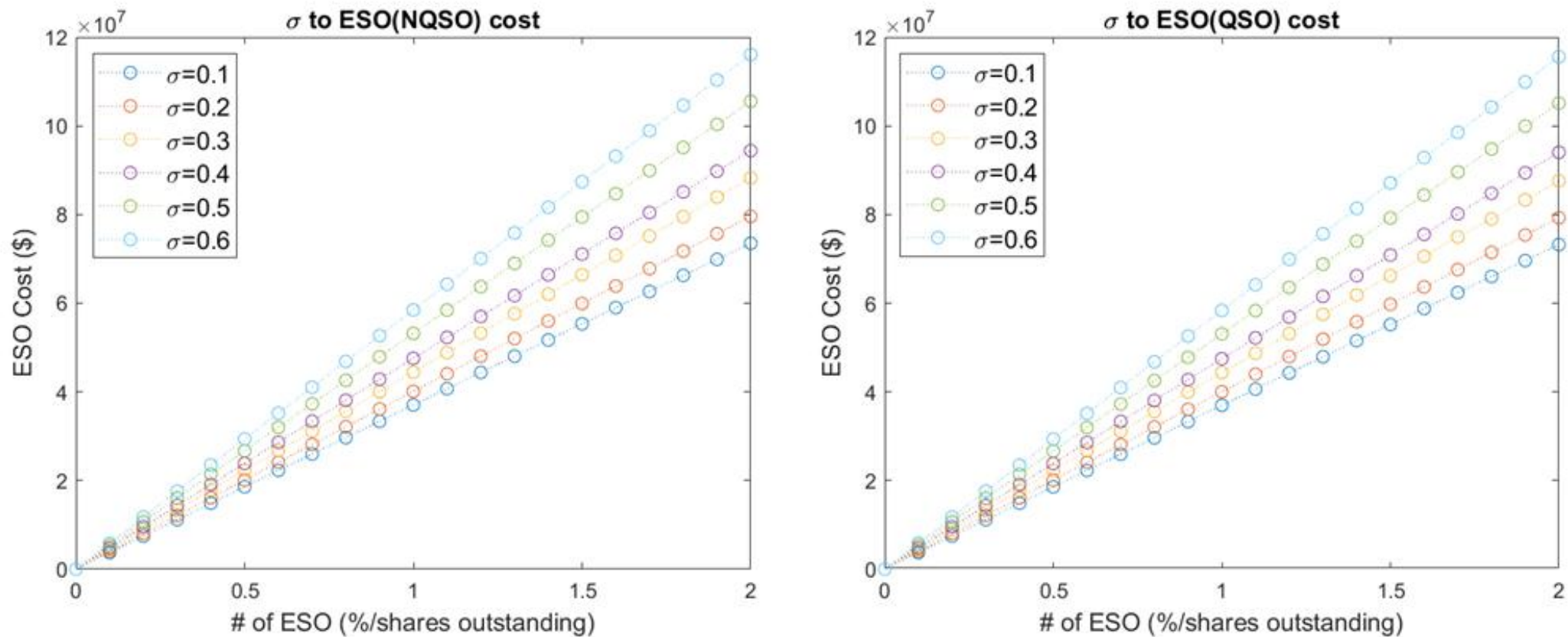
員工越損失趨避，越容易提前履約，會使 ESO 成本較低





1. CPT 敏感性分析 — 公司股價/資產價值波動度

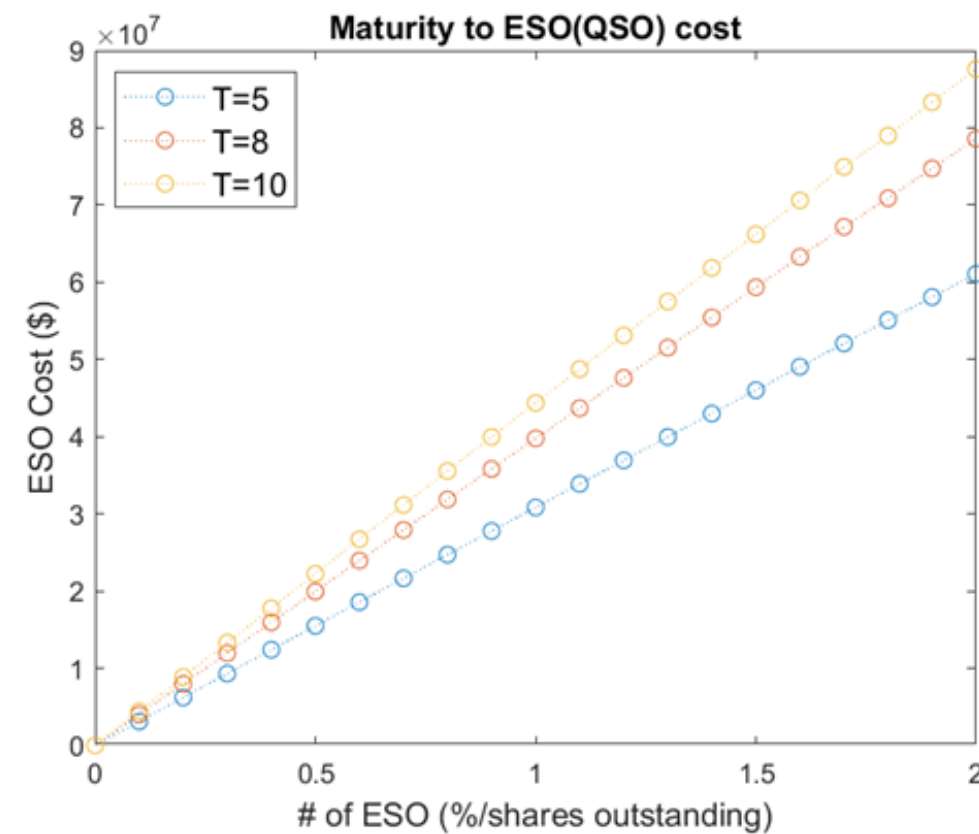
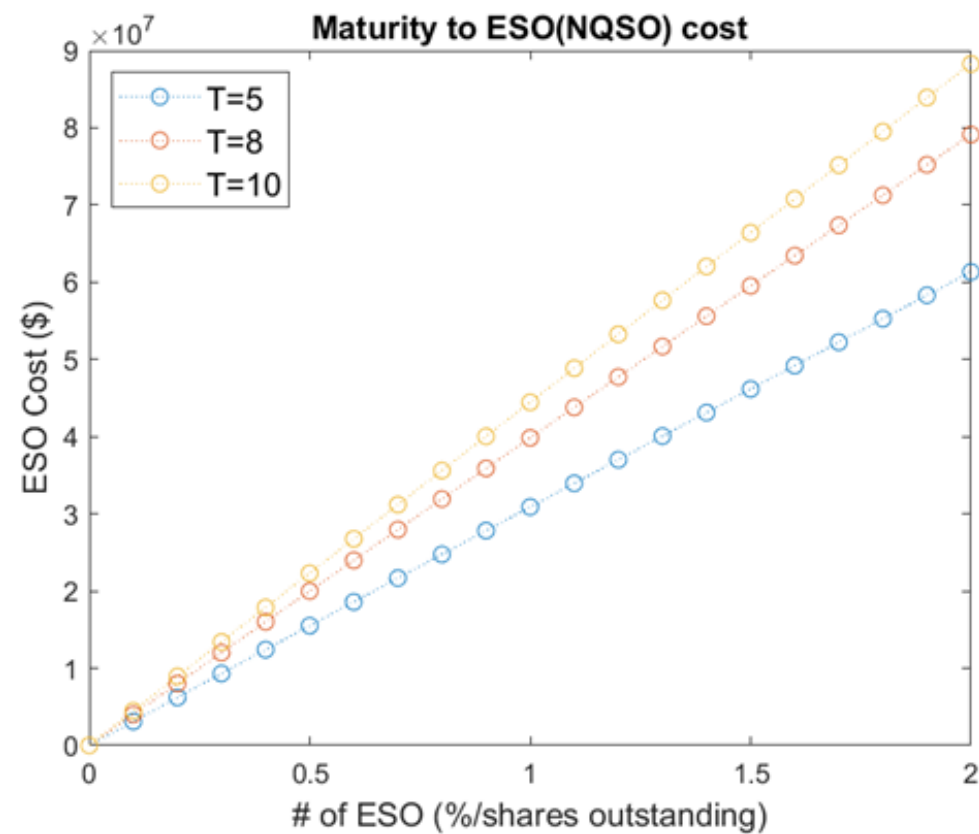
σ 越大表示資產價值波動越大，股價波動度也會越大，使 ESO 成本上升





1. CPT 敏感性分析 – 到期年限

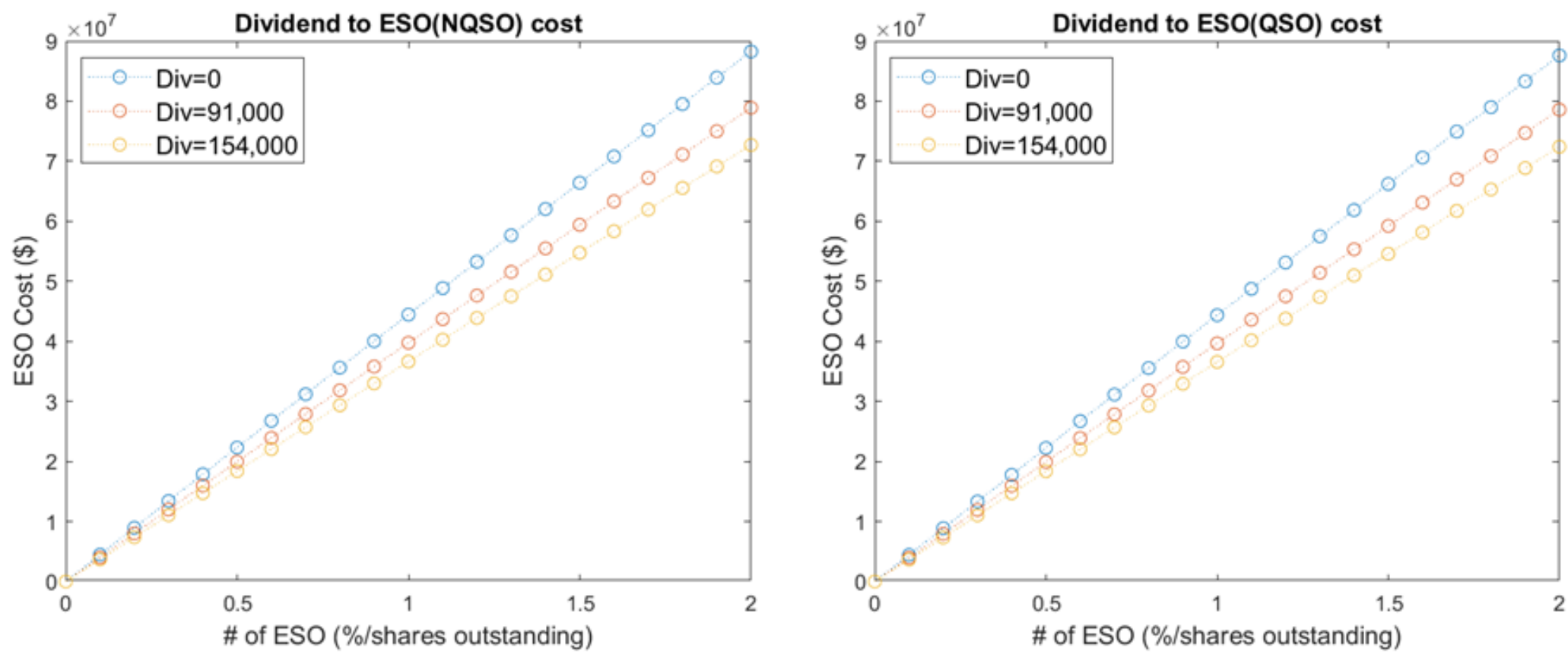
到期年限越長，員工可能較晚履約，使 ESO 成本上升





1. CPT 敏感性分析－現金股利

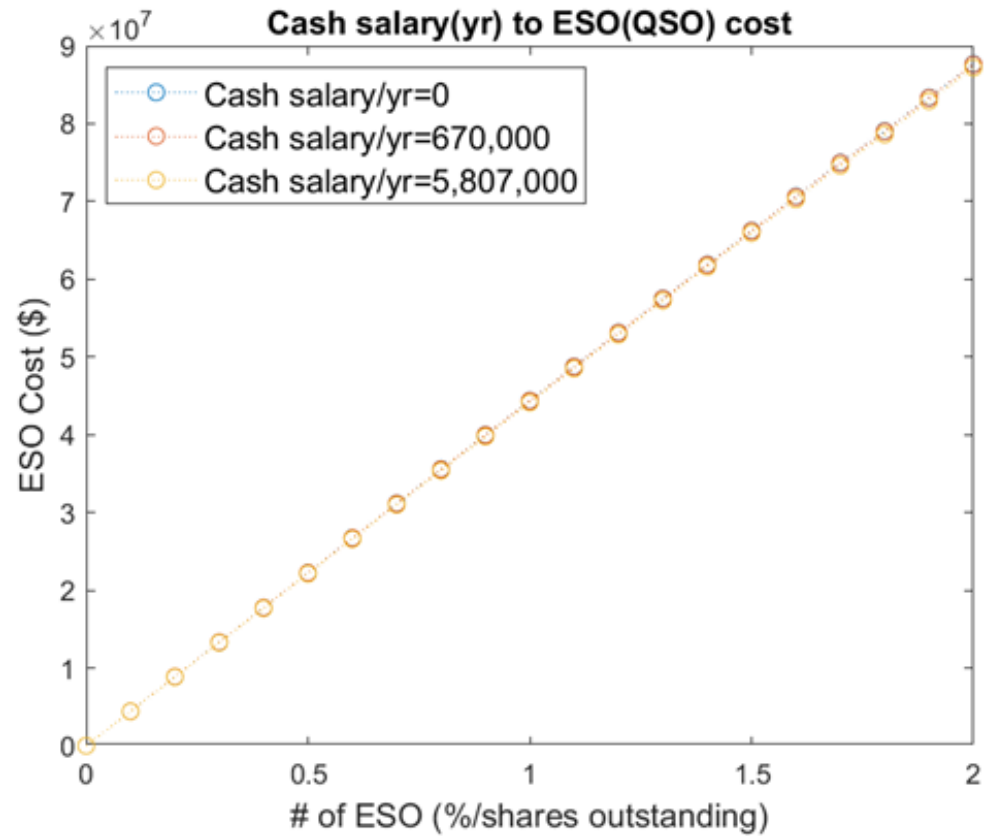
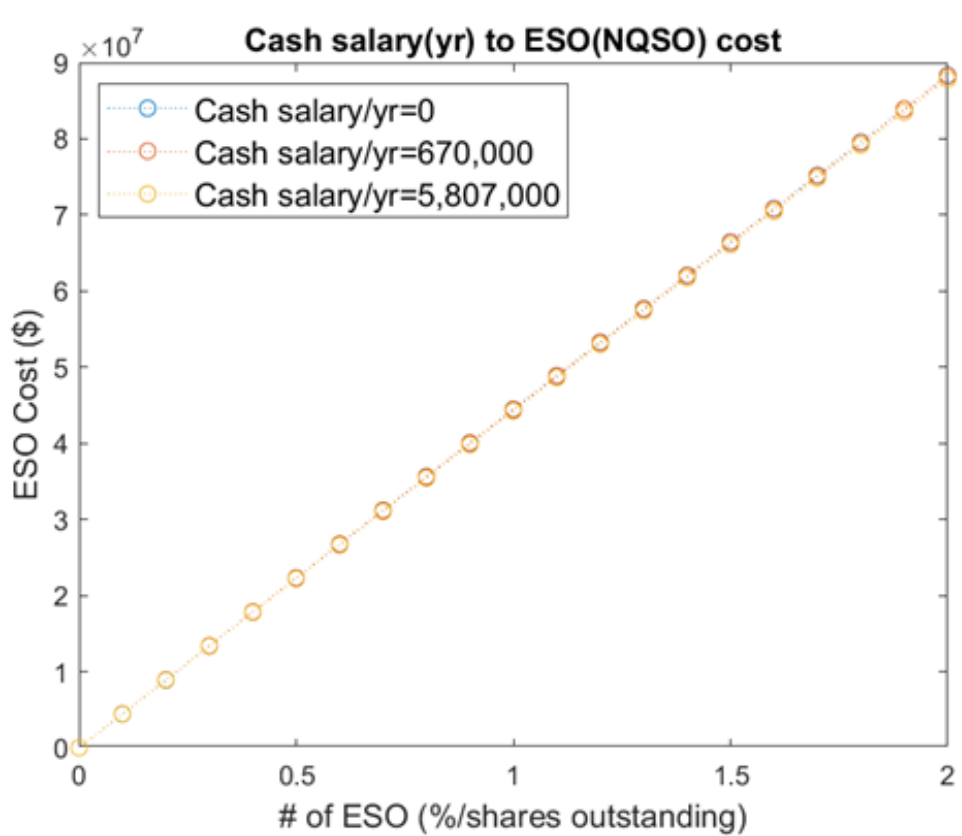
股利視為股票報酬率的減項，故股利越低，股票報酬越高，員工傾向較晚履約使成本上升





1. CPT 敏感性分析 — 現金薪資

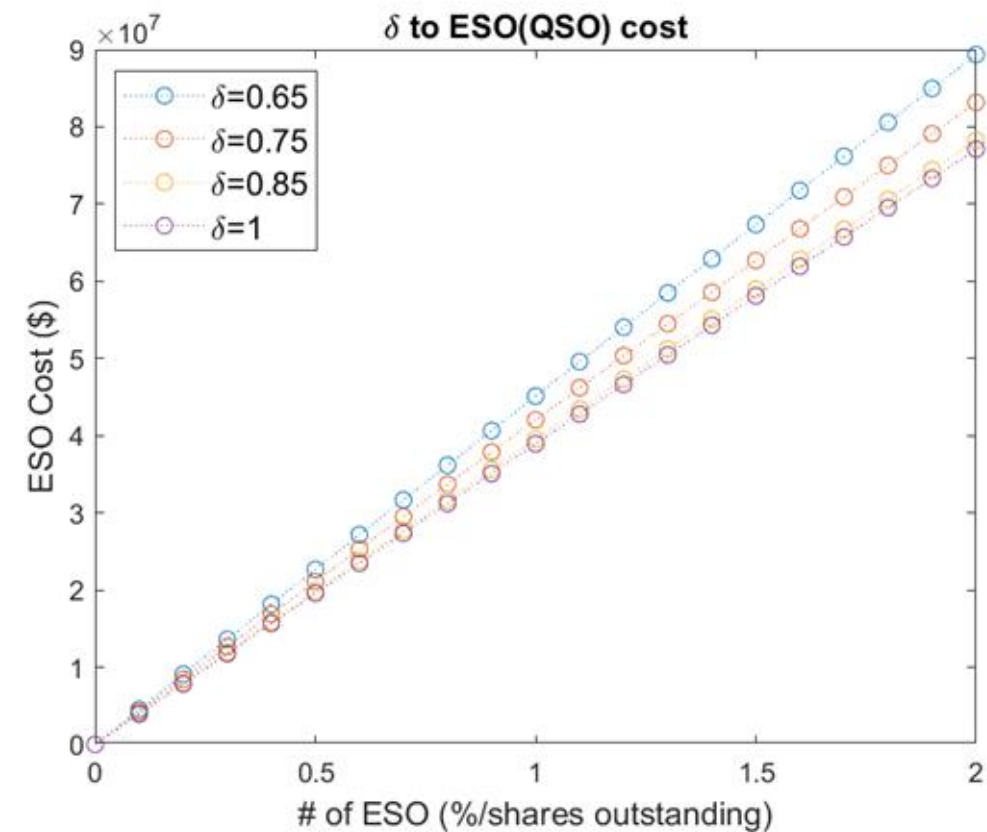
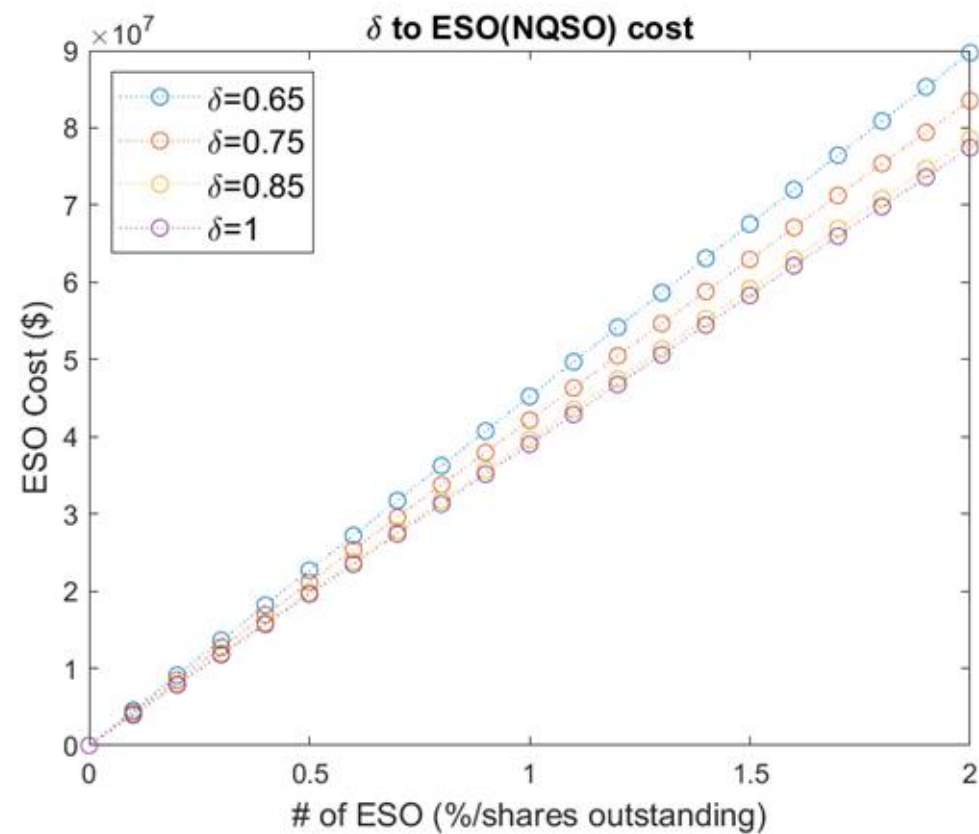
鄧名勛 (2021) 認為現金薪資越多，ESO 報酬對於員工的財富影響越小，會使員工延後履約而導致 ESO 成本上升；Spalt (2013) 認為 CPT 效用函數中外在財富會和參考點抵銷而不影響履約決策。本文結果則是現金薪資越多，ESO 成本略低。





1. CPT 敏感性分析 — 機率加權程度

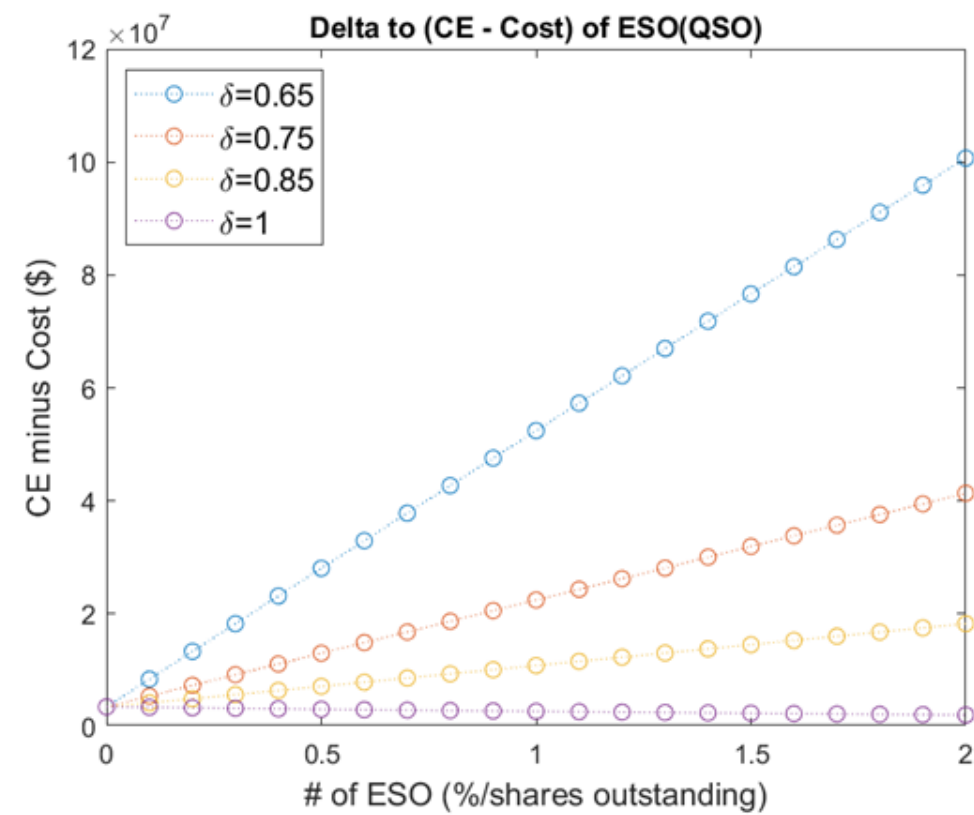
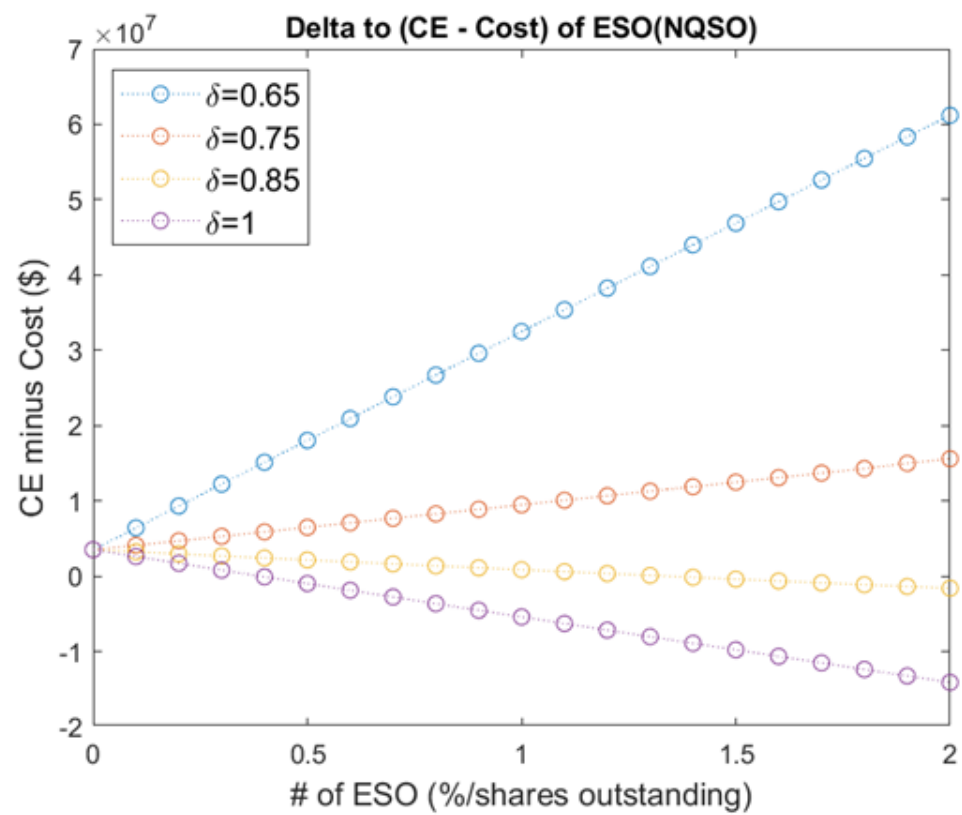
Sun and Widdicks (2016) 的模型顯示，CPT 模型的履約時間期望值都比 EU 模型 ($\delta = 1$) 高，亦即，機率加權程度越大 (δ 越小) 會使員工延後履約，而提高 ESO 成本





1. CPT 敏感性分析 — 機率加權程度

Spalt (2013) 的模型顯示，機率加權程度越大 (δ 越小)， $CE - Cost$ 也會越大





2. 驗證部分履約

我們的模型允許部分履約，Carpenter et al. (2019) 實證資料也顯示員工會有部分履約的情形 (平均67%)，但本文的 CPT 模型結果未如同鄧名勛 (2021) RDEU 會有部分履約的解

已履約 0% 後
資產樹各節點
最適履約比例

已履約60% 後
資產樹各節點
最適履約比例

本文 CPT											
i=14											1
i=13										1	1
i=12									1	1	1
i=11								1	1	1	1
i=10						1	1	1	1	1	1
i=9					1	1	1	1	1	1	1
i=8				1	1	1	1	1	1	1	1
i=7				1	1	1	1	1	1	1	1
i=6			0	0	0	0	1	1	1	1	1
i=5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
i=4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i=3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i=2			0	0	0	0	0	0	0	0	0
i=1				0	0	0	0	0	0	0	0
	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	t=8	t=9	t=T=10

i=17											0.4
i=16										0.4	0.4
i=15									0.4	0.4	0.4
i=14								0.4	0.4	0.4	0.4
i=13						0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
i=12					0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
i=11				0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
i=10				0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
i=9			0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
i=8		0	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
i=7	0	0	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
i=6		0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
i=5			0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
i=4				0	0	0	0	0	0	0	0
i=3				0	0	0	0	0	0	0	0
i=2				0	0	0	0	0	0	0	0
i=1				0	0	0	0	0	0	0	0
	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	t=8	t=9	t=T=10

鄧名勛 (2021) RDEU											
i=14											1
i=13										0.6	1
i=12									0.4	0.6	1
i=11								0.4	0.4	0.6	1
i=10						0.2	0.4	0.4	0.4	0.6	1
i=9					0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.6	1
i=8				0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.6	1
i=7				0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.6	1
i=6			0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.6	1
i=5		0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.6	1
i=4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i=3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i=2			0	0	0	0	0	0	0	0	0
i=1				0	0	0	0	0	0	0	0
	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	t=8	t=9	t=T=10

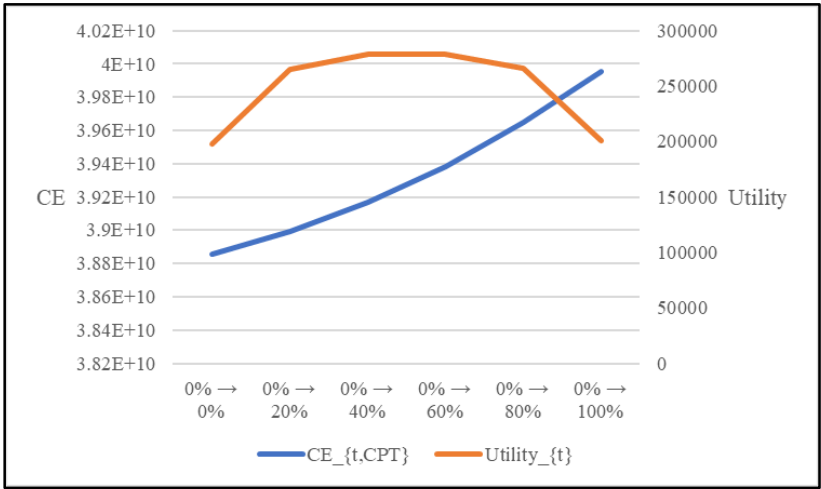
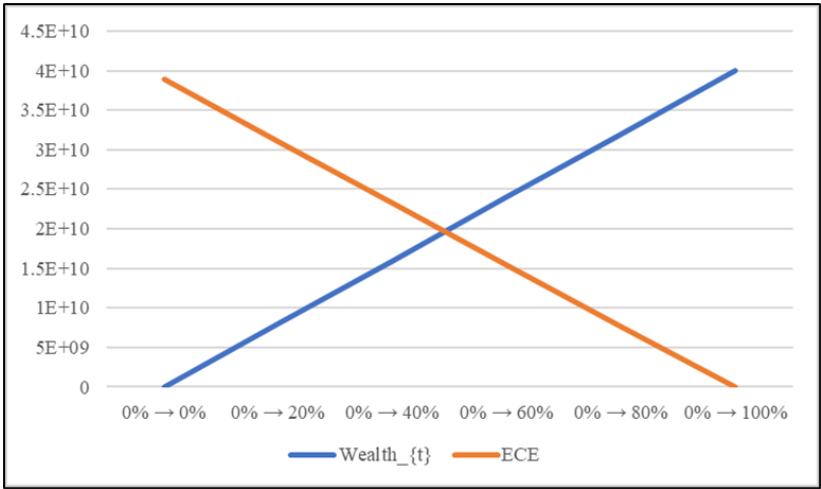
i=17											0.4
i=16										0.2	0.4
i=15									0.2	0.2	0.4
i=14									0.2	0.2	0.4
i=13								0.2	0.2	0.2	0.4
i=12						0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
i=11					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
i=10					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
i=9					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
i=8		0	0		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
i=7	0	0	0		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
i=6		0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.4
i=5			0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.4
i=4				0	0	0	0	0	0	0	0
i=3				0	0	0	0	0	0	0	0
i=2				0	0	0	0	0	0	0	0
i=1				0	0	0	0	0	0	0	0
	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	t=8	t=9	t=T=10



2. 驗證部分履約

鄧名勛 (2021) 將 $Utility$ 折現至期初，再轉換成 CE ；而本文則是每一期都將 CE 、 $Utility$ 轉換，再以 CE 決定最適履約比例，但 CE 未如 $Utility$ 具備凹函數性質而不容易選到極值

i=14												1
i=13										1		1
i=12									1	1		1
i=11								1	1	1		1
i=10							1	1	1	1		1
i=9						1	1	1	1	1		1
i=8					1	1	1	1	1	1		1
i=7				1	1	1	1	1	1	1		1
i=6			0	0	0	0	1	1	1	1		1
i=5		0	0	0	0	0	0	0	0	0		1
i=4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
i=3		0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
i=2			0	0	0	0	0	0	0	0		0
i=1				0	0	0	0	0	0	0		0
	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	t=8	t=9	t=T=10	





3. 最適薪資組合配置

Oyer and Schaefer (2005) 以固定薪資組成本、極大化員工效用探討薪資組合配置；
Spalt (2013) 以固定員工確定等值、極小化薪資成本分析發行策略；
鄧名勛 (2021)、劉易洲 (2021) 與本文將其延伸為四種最佳化模型

資料來源		Spalt (2013)	Spalt (2013)	Oyer and Schaefer (2005) Alexander (2007)	Execu-Comp 資料庫	Carpenter et al. (2019) Huddart and Lang (1996)	Otto (2014)	Otto (2014)
限制式	目標式	ESO 存在的 合理性	$\sigma \uparrow N \uparrow$	NQSO 多於 QSO	CEO拿接近零 現金薪酬組合	部分履約 越接近到期日履 約比例越高	樂觀的CEO領 到較少ESO (張)	樂觀的CEO 領到較少ESO (占比)
固定員工 確定等值	極小化 薪資組成本	O	X	X	O (δ 較小時)	X	O	O
	極大化 公司資產價值	O	X	O	O (δ 較小時)	X	O	O
固定薪資 組成本	極大化 員工確定等值	O	X	X	O (δ 較小時)	X	O	X
	極大化 公司資產價值	O	X	O	O (NQSO)	X	O	X



3. 最適薪資組合配置

- 固定員工確定等值 **73,173,661**
在非損失趨避 ($\lambda = 1$)、認股權為 QSO、7 張認股權與現金年薪 670,000 (Otto (2014) 的樣本平均數)、其餘參數皆為基礎設定的情形下，算得的薪酬組合之員工確定等值為 122,715,112，將此視為目標 CE，比較機率加權參數 (δ) 與公司資產波動度 (σ) 變化下的薪資組合配置差異。

下表為不同參數對應的最大 ESO 張數

NQSO							QSO						
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	58	44	32	24	19	16	0.69	45	35	25	19	15	12
0.75	66	54	41	32	26	23	0.75	52	42	32	25	21	18
0.85	77	69	56	46	40	36	0.85	61	55	44	36	32	28
1	85	86	75	66	58	54	1	67	67	59	52	45	42



3. 最適薪資組合配置

- 固定員工確定等值、極小化薪資組合成本

NQSO							QSO						
Panel A	# of ESO						Panel A	# of ESO					
$\delta \backslash \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \backslash \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0	44	32	24	19	16	0.69	45	35	25	19	15	12
0.75	0	54	41	32	26	23	0.75	52	42	32	25	21	18
0.85	0	0	0	46	0	36	0.85	0	55	44	36	32	28
1	0	0	0	0	0	0	1	0	67	0	0	44	0
Panel B	package CE / package cost						Panel B	package CE / package cost					
$\delta \backslash \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \backslash \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0.653	0.873	1.012	1.125	1.223	1.283	0.69	0.774	1.109	1.274	1.427	1.543	1.358
0.75	0.653	0.753	0.835	0.889	0.947	0.949	0.75	0.710	0.949	1.051	1.111	1.247	1.164
0.85	0.653	0.653	0.653	0.663	0.657	0.668	0.85	0.653	0.795	0.820	0.834	0.832	0.806
1	0.653	0.653	0.654	0.661	0.670	0.678	1	0.653	0.672	0.654	0.661	0.687	0.678
Panel C	ESO cost / package cost						Panel C	ESO cost / package cost					
$\delta \backslash \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \backslash \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0	0.986	0.992	0.968	0.953	0.935	0.69	0.980	0.998	0.975	0.972	0.950	0.739
0.75	0	0.990	0.989	0.969	0.933	0.942	0.75	0.993	0.971	0.972	0.946	0.993	0.905
0.85	0	0	0	0.977	0	0.977	0.85	0	0.999	0.985	0.962	0.990	0.916
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0.990	0	0	0.946	0

- 不論是 NQSO 或 QSO，最適張數皆為 0 張或 $maxN$
- 大致符合 Spalt (2013)「 δ 越小、 σ 越大， $CE - Cost$ 越大」
- 最適張數非 0 處有些是 $CE < Cost$ 的情形
- 未能符合實證上 NQSO 多於 QSO 的情形
- 不符合實證「 σ 越大、ESO 張數越多」的現象



3. 最適薪資組合配置

- 固定員工確定等值、極大化公司資產價值

NQSO							QSO						
Panel A	# of ESO						Panel A	# of ESO					
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0	44	32	24	19	16	0.69	0	35	25	19	15	12
0.75	0	54	41	32	26	23	0.75	0	42	32	25	21	18
0.85	0	0	56	46	40	36	0.85	0	0	44	36	32	28
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Panel B	package CE / package cost						Panel B	package CE / package cost					
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0.653	0.873	1.012	1.125	1.223	1.283	0.69	0.653	1.109	1.274	1.427	1.543	1.358
0.75	0.653	0.753	0.835	0.889	0.947	0.949	0.75	0.653	0.949	1.051	1.111	1.247	1.164
0.85	0.653	0.653	0.648	0.663	0.649	0.668	0.85	0.653	0.653	0.820	0.834	0.832	0.806
1	0.653	0.653	0.654	0.661	0.670	0.678	1	0.653	0.653	0.654	0.661	0.670	0.678
Panel C	ESO cost / package cost						Panel C	ESO cost / package cost					
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0	0.986	0.992	0.968	0.953	0.935	0.69	0.980	0.998	0.975	0.972	0.950	0.739
0.75	0	0.990	0.989	0.969	0.933	0.942	0.75	0.993	0.971	0.972	0.946	0.993	0.905
0.85	0	0	0.990	0.977	0.966	0.977	0.85	0	0	0.985	0.962	0.990	0.916
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

- 不論是 NQSO 或 QSO，最適張數皆為 0 張或 $maxN$
- 大致符合 Spalt (2013)「 δ 越小、 σ 越大， $CE - Cost$ 越大」
- 最適張數非 0 處有些是 $CE < Cost$ 的情形
- 符合實證上 NQSO 多於 QSO 的情形
- 不符合實證「 σ 越大、ESO 張數越多」的現象



3. 最適薪資組合配置

- 固定薪資組合成本 $V \times 0.12\% \times T$
ExecuComp 資料庫 2017 年 2500 家公司的高階管理人員薪酬資料中，篩選公司價值介於 50~100 億美元的公司 (本文依據 Otto (2014) 設定期初資產價值為 99.1 億)，一年的薪資成本大約佔公司價值的 0.12%，因此設定 10 年的薪資總成本 $99.1\text{億} \times 0.12\% \times 10\text{年} = 119,128,110$ 為目標成本。

下表為不同參數對應的最大 ESO 張數

NQSO							QSO						
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	33	37	31	27	23	21	0.69	34	37	31	27	23	21
0.75	34	39	33	28	25	22	0.75	35	39	33	28	25	22
0.85	36	41	34	29	25	23	0.85	37	41	35	30	25	23
1	37	42	35	30	28	23	1	38	43	36	30	28	24



3. 最適薪資組合配置

- 固定薪資組合成本、極大化員工確定等值

NQSO							QSO						
Panel A	# of ESO						Panel A	# of ESO					
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0	37	31	27	23	21	0.69	34	37	31	27	23	21
0.75	0	39	33	28	25	22	0.75	35	39	33	28	25	22
0.85	0	0	0	29	0	0	0.85	0	41	35	30	25	23
1	0	0	0	0	0	0	1	0	42	0	0	27	0
Panel B	package CE / package cost						Panel B	package CE / package cost					
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0.653	0.872	1.006	1.137	1.230	1.326	0.69	0.770	1.102	1.271	1.439	1.553	1.678
0.75	0.653	0.753	0.835	0.896	0.971	0.973	0.75	0.702	0.954	1.056	1.132	1.227	1.230
0.85	0.653	0.653	0.653	0.661	0.658	0.664	0.85	0.653	0.791	0.819	0.842	0.819	0.838
1	0.653	0.653	0.655	0.662	0.671	0.679	1	0.653	0.674	0.655	0.662	0.676	0.679
Panel C	ESO cost / package cost						Panel C	ESO cost / package cost					
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0	0.984	0.979	0.995	0.969	0.981	0.69	0.999	0.977	0.972	0.989	0.965	0.977
0.75	0	0.989	0.988	0.985	0.978	0.986	0.75	0.992	0.981	0.981	0.979	0.973	0.981
0.85	0	0	0	0.969	0	0	0.85	0	0.978	0.993	0.996	0.965	0.968
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0.974	0	0	0.884	0

- 不論是 NQSO 或 QSO，最適張數皆為 0 張或 $maxN$
- 大致符合 Spalt (2013) 「 δ 越小、 σ 越大， $CE - Cost$ 越大」
- 最適張數非 0 處有些是 $CE < Cost$ 的情形
- 未能符合實證上 NQSO 多於 QSO 的情形
- 不符合實證「 σ 越大、ESO 張數越多」的現象



3. 最適薪資組合配置

- 固定薪資組合成本、極大化公司資產價值

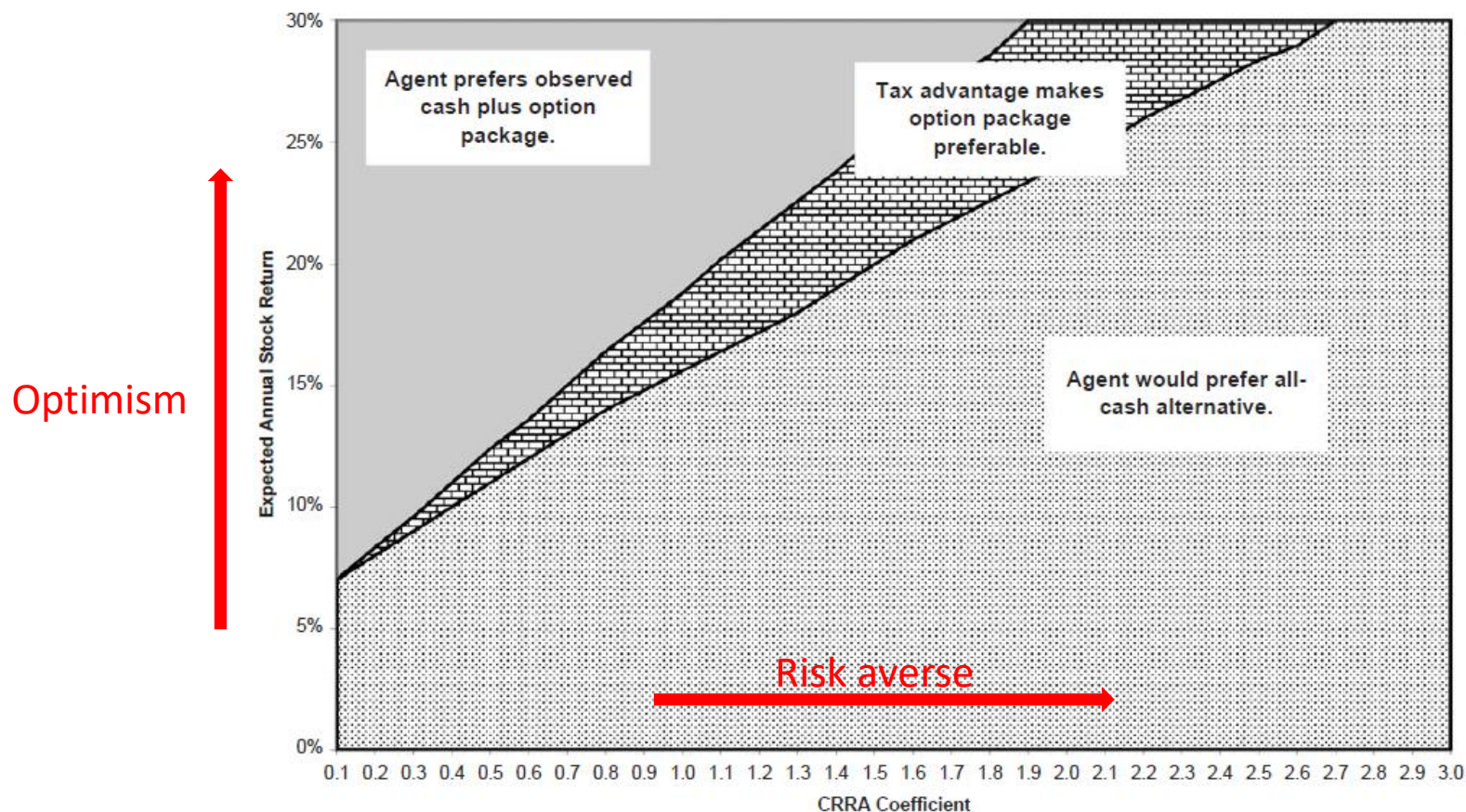
NQSO							QSO						
Panel A	# of ESO						Panel A	# of ESO					
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	31	37	31	27	23	21	0.69	0	0	0	0	0	0
0.75	34	39	33	28	25	22	0.75	0	0	0	0	0	0
0.85	26	41	34	29	25	23	0.85	0	0	0	0	0	0
1	34	42	35	30	28	23	1	0	0	0	0	0	0
Panel B	package CE / package cost						Panel B	package CE / package cost					
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0.607	0.872	1.006	1.137	1.230	1.326	0.69	0.653	0.653	0.654	0.659	0.671	0.692
0.75	0.551	0.753	0.835	0.896	0.971	0.973	0.75	0.653	0.653	0.653	0.656	0.663	0.675
0.85	0.534	0.625	0.646	0.661	0.649	0.663	0.85	0.653	0.653	0.653	0.655	0.658	0.664
1	0.483	0.533	0.514	0.488	0.524	0.449	1	0.653	0.653	0.655	0.662	0.671	0.679
Panel C	ESO cost / package cost						Panel C	ESO cost / package cost					
$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	$\delta \setminus \sigma$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.69	0.922	0.984	0.979	0.995	0.969	0.981	0.69	0	0	0	0	0	0
0.75	0.978	0.989	0.988	0.985	0.978	0.986	0.75	0	0	0	0	0	0
0.85	0.723	0.986	0.972	0.969	0.970	0.972	0.85	0	0	0	0	0	0
1	0.899	0.983	0.979	0.986	0.968	0.962	1	0	0	0	0	0	0

- 不論是 NQSO 或 QSO，最適張數皆為 0 張或 $maxN$
- 大致符合 Spalt (2013) 「 δ 越小、 σ 越大， $CE - Cost$ 越大」
- 最適張數非 0 處有些是 $CE < Cost$ 的情形
- 符合實證上 NQSO 多於 QSO 的情形
- 不符合實證「 σ 越大、ESO 張數越多」的現象



4. 排序效果與員工樂觀程度

- Oyer and Schaefer (2005) 分析一般員工：樂觀的員工會偏好 ESO 與現金薪水的薪資組合，而較不樂觀的員工則偏好全現金薪水，稱之為排序效果
- Otto (2014) 的實證回歸顯示，越樂觀的 CEO，激勵型薪水領的越少





4. 排序效果與員工樂觀程度

- 固定員工確定等值、極小化薪資組合成本

NQSO				
Panel A	# of ESO			
$\mu \setminus \eta$	1	0.9	0.8	0.7
0.24	1	2	2	4
0.21	2	3	4	9
0.18	4	5	10	15
0.15	9	12	16	20
0.12	15	18	22	25
0.09	21	25	28	32
0.06	27	32	36	42
0.03	35	41	47	53
Panel C	ESO cost / package cost			
$\mu \setminus \eta$	1	0.9	0.8	0.7
0.24	0.051	0.531	0.173	0.725
0.21	0.170	0.517	0.437	0.698
0.18	0.724	0.463	0.806	0.939
0.15	0.951	0.852	0.918	0.975
0.12	0.877	0.896	0.970	0.955
0.09	0.953	0.985	0.952	0.975
0.06	0.945	0.993	0.975	0.997
0.03	0.969	0.993	0.999	0.965

QSO				
Panel A	# of ESO			
$\mu \setminus \eta$	1	0.9	0.8	0.7
0.24	1	1	2	3
0.21	2	2	3	7
0.18	3	4	8	12
0.15	7	9	13	15
0.12	12	14	17	20
0.09	16	19	22	25
0.06	22	25	28	33
0.03	28	32	37	42
Panel C	ESO cost / package cost			
$\mu \setminus \eta$	1	0.9	0.8	0.7
0.24	0.075	0.058	0.681	0.468
0.21	0.619	0.186	0.303	0.616
0.18	0.467	0.434	0.817	0.972
0.15	0.880	0.694	0.986	0.858
0.12	0.892	0.844	0.921	0.974
0.09	0.865	0.904	0.936	0.954
0.06	0.999	0.976	0.947	0.993
0.03	0.988	0.977	0.999	0.965

- 不論是 NQSO 或 QSO，最適張數皆為 $maxN$
- 符合實證上 NQSO 多於 QSO 的情形
- 符合 Otto (2014)實證「樂觀的 CEO 領到較少 ESO (張數、薪資占比)」的現象
- 不符合 Oyer and Schaefer (2005) 排序效果的「較不樂觀的員工偏好全現金薪水」

五

結論

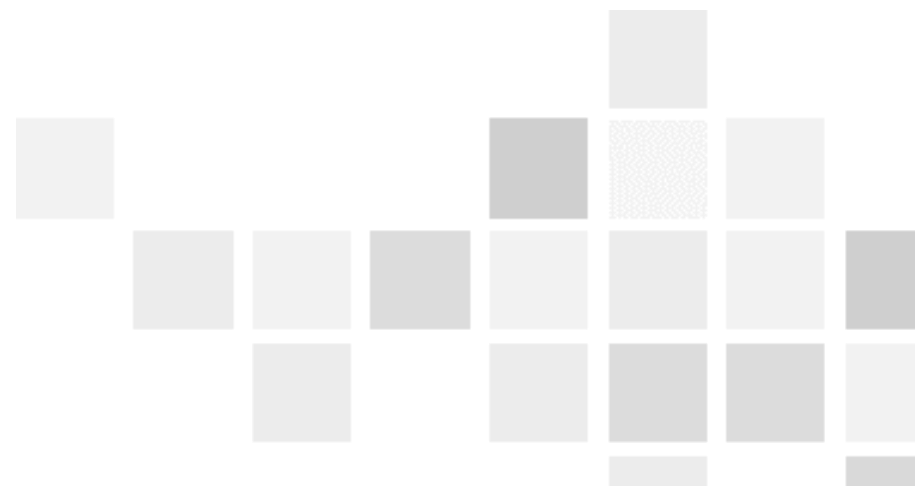
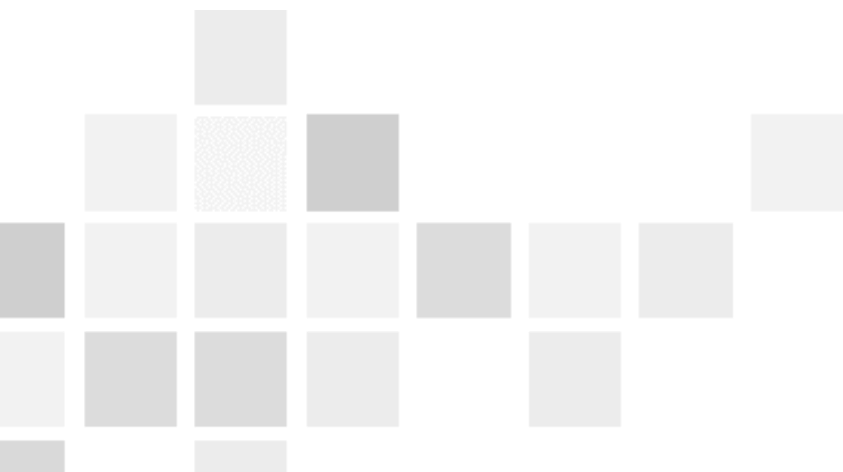


- 基於鄧名勛 (2021) 的資產樹森林結構與機率加權模型，本文將效用函數改為 CPT，並以「極大化員工確定等值」決定最適履約比例
- 敏感性分析除了“現金薪水對 ESO 成本的影響”以外，其餘皆與過往文獻一致 ([總表](#))
- 本文 CPT 模型無部分履約的解；鄧名勛 (2021) 以「極大化員工效用」決定最適履約比例，而效用函數的凹函數性質使其容易有部分履約的解
- 最適薪資組合配置 ([總表](#))
 - 「固定員工確定等值、極大化公司資產價值」能解釋較多的實證，但不若鄧名勛 (2021) RDEU 符合全數實證現象
 - 無論限制式、目標式為何，有些最適張數非 0 處有 $CE < Cost$ 的情形，因此本文認為 $CE > Cost$ 並非公司發行 ESO 的必要條件

Thank You



附錄





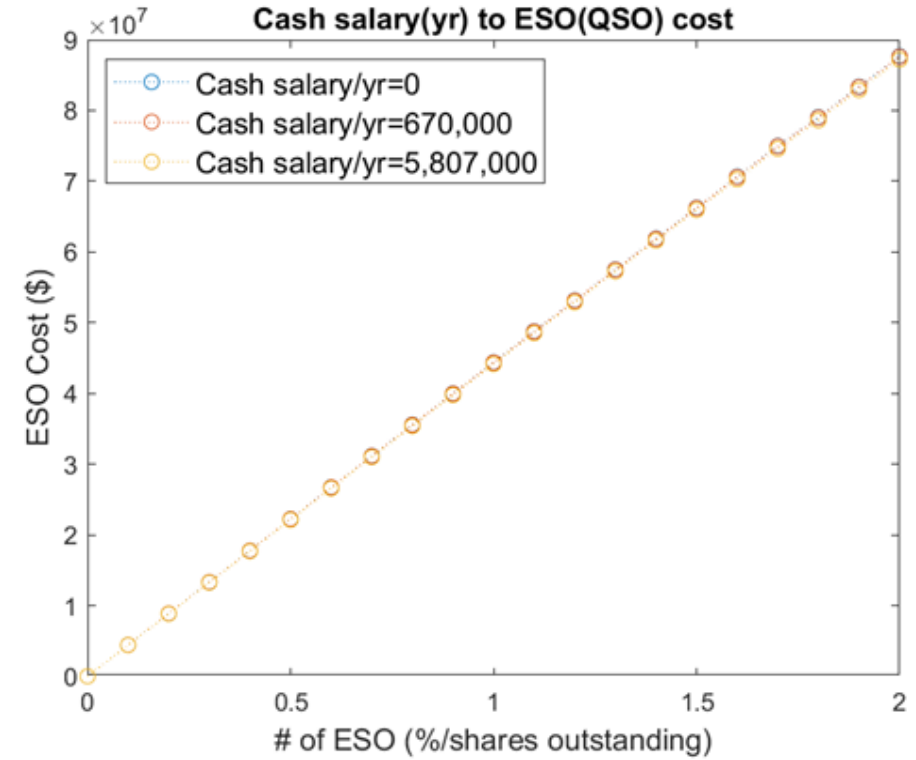
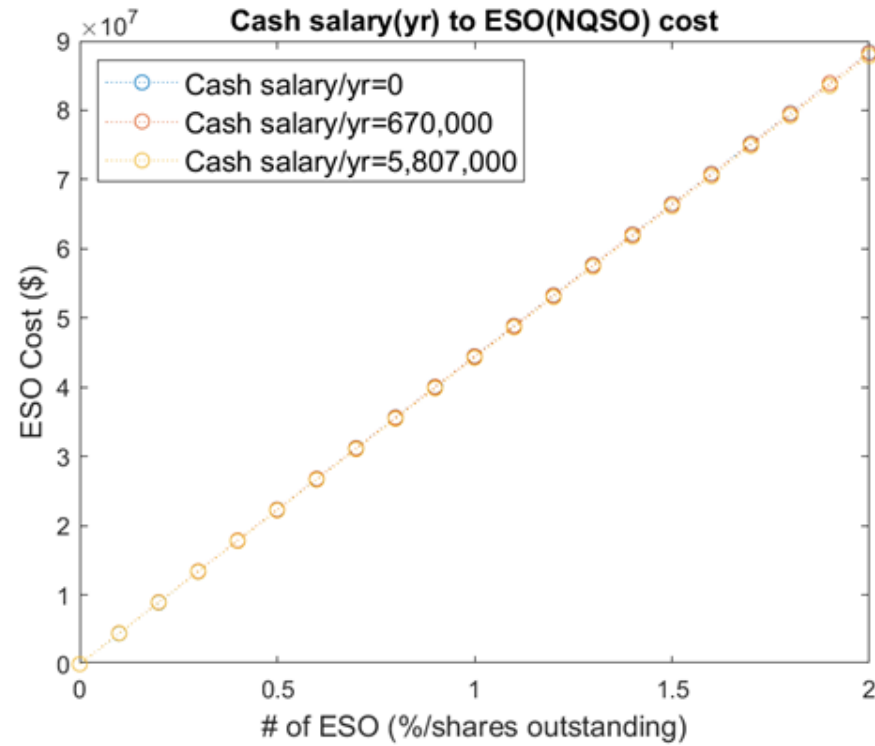
- 閉鎖期、到期年限、履約比例的平均數分別為 57個月、10 年、67%

	Construction and Manufacturing		Transportation, Communication, and Utilities	Retail	Finance, Insurance, and Real Estate	Services		All
One-Digit SIC	1 and 2	3	4	5	6	7	8 and 9	
Panel F: Number of Months from Grant to Full Vesting (per Grant)								
Mean	36.39	44.76	44.44	28.13	33.80	40.49	37.74	56.93
Median	48.00	48.00	48.00	36.00	36.00	48.00	24.00	38.00
SD	15.78	20.34	5.48	21.31	19.75	20.87	15.72	25.56
Panel G: Number of Months from Grant to Expiration (per Grant)								
Mean	113.06	72.00	120.00	122.40	120.18	120.00	120.00	120.29
Median	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
SD	19.81	5.48	0.00	12.63	0.38	0.00	0.00	6.42
Panel H: Fraction of Grant's Vested Options That Are Exercised (per Exercise Event)								
Mean	0.72	0.84	0.58	0.68	0.58	0.57	0.93	0.67
Median	1.00	1.00	0.67	0.81	0.62	0.51	1.00	0.95
SD	0.35	0.29	0.22	0.35	0.40	0.39	0.18	0.38

Previous studies of risk, as measured by volatility, and executive stock option exercises.

The table shows seven previous studies of executive stock option exercises, with information about the sample period, sample size, measurement of volatility, and the estimated impact of volatility (risk) upon early option exercise.

Study	Sample period	Sample size	Measurement of volatility	Impact of volatility on early exercise	Remarks
Huddart and Lang (1996)	c. 1985–1995	85,853 exercises by 58,316 employees (all levels) at 8 companies	Daily stock returns over 1 year prior to exercise month	Mixed	Estimates vary across companies and job ranks and are sensitive to estimation method
Hemmer, Matsunaga, and Shevlin (1996)	1990	110 exercises by 74 officers and directors at 65 firms	Monthly stock returns over 5 years prior to 1990	Positive	Volatility is scaled by Black-Scholes hedge ratio
Bettis, Bizjak, and Lemmon (2005)	1996–2002	141,020 exercises by officers and directors at 3,966 companies	Monthly stock returns over 3 years prior to exercise date	Positive	
Armstrong, Jagolinzer, and Larcker (2007)	c. 1995–2005	17,570 exercises by 15,409 employees (all levels) at 10 firms	Daily stock returns over 1 year prior to exercise date	Not significant	
Klein and Maug (2012)	1996–2008	23,646 exercises by 13,948 officers and directors at 2,008 firms	Weekly stock returns over 1 year prior to vesting date	Weak but positive	Estimates are significant only in certain models
Carpenter, Stanton, and Wallace (2015)	1981–2009	687,594 exercises by 419,822 employees at 102 firms	Daily stock returns over 66 days prior to grant date	Negative	Uses computationally intensive generalized method of moments (GMM) estimation
Heron and Lie (2017)	1994–2011	37,330 exercises by officers and directors at a large number of companies	Daily stock returns over 1 year prior to exercise year	Negative	Differentiates between idiosyncratic and systemic volatility



	% of shares	0.5	1	1.5	2
NQSO 成本	$wage = 0$	22,327,890	44,480,773	66,460,697	88,327,434
	$wage = 670,000$	22,313,801	44,452,705	66,418,760	88,271,692
	$wage = 5,807,000$	22,205,931	44,237,809	66,097,675	87,844,907
QSO 成本	$wage = 0$	22,256,074	44,388,288	66,254,439	87,671,127
	$wage = 670,000$	22,243,117	44,360,279	66,212,633	87,615,840
	$wage = 5,807,000$	22,135,634	44,145,830	65,935,608	87,192,532



模型結果

- δ 較小時， σ 越大、 $CE - Cost$ 越大

TABLE 2
Calibration Results

Table 2 presents the difference of certainty equivalent and the Black-Scholes (1973) value for one option, scaled by the share price P_0 , for different combinations of probability weighting and firm volatility. The model predicts employee stock option plans if $CE > BS$ (cells with bold numbers in the table). Larger stock option grants are predicted for larger values of $CE - BS$. The calculations assume a lognormal stock price distribution with $T = 4$ years and $r = 5\%$. The strike price of the option, K , is set equal to the grant date stock price P_0 . Preference parameters are $\alpha = 0.88$ and $\lambda = 2.25$. Panel A gives results when the reference point for one option is the Black-Scholes value (i.e., $\theta = BS$). Panel B gives results when the reference point for one option is $\theta = P_0 e^T - K$.

Probability Weighting	Firm Volatility									
δ	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	60%	70%	80%
Panel A. $CE - BS$ Scaled by P_0 When $\theta = BS$										
0.40	0.093	0.175	0.289	0.443	0.650	0.926	1.290	2.394	4.268	7.406
0.50	0.024	0.068	0.126	0.204	0.306	0.436	0.602	1.074	1.807	2.925
0.60	-0.028	-0.012	0.010	0.041	0.083	0.136	0.204	0.392	0.669	1.067
0.63	-0.037	-0.028	-0.012	0.010	0.041	0.081	0.133	0.276	0.488	0.790
0.65	-0.045	-0.041	-0.032	-0.017	0.004	0.033	0.070	0.176	0.334	0.559
0.68	-0.048	-0.052	-0.049	-0.041	-0.028	-0.010	0.016	0.091	0.204	0.367
0.70	-0.052	-0.056	-0.059	-0.061	-0.056	-0.046	-0.031	0.017	0.094	0.206
0.75	-0.058	-0.065	-0.071	-0.076	-0.081	-0.085	-0.088	-0.091	-0.073	-0.035
0.80	-0.064	-0.073	-0.082	-0.091	-0.099	-0.107	-0.114	-0.126	-0.135	-0.141
0.90	-0.074	-0.088	-0.102	-0.117	-0.131	-0.146	-0.161	-0.191	-0.220	-0.249
1.00	-0.082	-0.100	-0.119	-0.138	-0.157	-0.177	-0.198	-0.240	-0.284	-0.327

實證資料

- σ 越大、ESO 張數越多

TABLE 4
Sorting Results

Table 4 presents employee stock option (ESO) grants sorted by firm volatility. Volatility is the annualized total volatility computed from 3 years of daily stock returns. A firm has a broad-based stock option plan in the firm-year (ESOPlan = 1) if the number of nonexecutive ESOs is positive and greater than 0.5% of the number of shares outstanding. The per employee number of options is the number of options granted per nonexecutive employee. The number of nonexecutive employees are computed by correcting the total number of employees by the executives listed in ExecuComp and other high-ranking executives. The correction is based on estimating the total number of executives in a firm by taking the square root of the total number of employees. Nonexecutive employees are defined "broadly" as all employees of the firm except those listed in ExecuComp. Black-Scholes (1973) values are calculated based on the average of the grant date stock price reported in ExecuComp for all grants in a given firm-year. Maturity of the options and risk-free rate of interest are uniformly set to 7 years and 5%, respectively. The t -test and Wilcoxon rank-sum test are used to test the difference in the per employee number of granted options across adjacent quintiles.

Panel A. Mean

Firm Volatility Quintile	Firm Volatility	Percentage of Firms with ESO Plan	Per Empl. BS-Value	Per Empl. No. of Options	t-Test of Difference [p-value]	Per Empl. BS-Value (broad)	Per Empl. No. of Options (broad)
1	25.01%	41.14%	\$353	63	—	\$571	112
2	33.37%	46.85%	\$989	124	0.00	\$1,349	209
3	41.76%	52.89%	\$1,731	213	0.00	\$2,206	289
4	54.29%	68.00%	\$4,448	526	0.00	\$5,175	787
5	77.10%	83.57%	\$13,032	1,967	0.00	\$13,987	2,741

Panel B. Median

Firm Volatility Quintile	Firm Volatility	ESO Plan at Median Firm	Per Empl. BS-Value	Per Empl. No. of Options	Wilcoxon Test of Difference [p-value]	Per Empl. BS-Value (broad)	Per Empl. No. of Options (broad)
1	23.88%	No	\$0	0	—	\$201	55
2	31.35%	No	\$0	0	0.00	\$279	55
3	39.39%	Yes	\$71	17	0.00	\$456	76
4	52.05%	Yes	\$564	97	0.00	\$1,089	176
5	72.66%	Yes	\$4,844	842	0.00	\$5,670	989

最大張數
 $maxN$

目標式
“極大化公司
資產價值”
的最適張數

NQSO					QSO				
	maxN					maxN			
$\mu \setminus \eta$	1	0.9	0.8	0.7	$\mu \setminus \eta$	1	0.9	0.8	0.7
0.24	1	2	2	4	0.24	1	1	2	3
0.21	2	3	4	9	0.21	2	2	3	7
0.18	4	5	10	15	0.18	3	4	8	12
0.15	9	12	16	20	0.15	7	9	13	15
0.12	15	18	22	25	0.12	12	14	17	20
0.09	21	25	28	32	0.09	16	19	22	25
0.06	27	32	36	42	0.06	22	25	28	33
0.03	35	41	47	54	0.03	28	32	37	42
Panel A	# of ESO				Panel A	# of ESO			
$\mu \setminus \eta$	1	0.9	0.8	0.7	$\mu \setminus \eta$	1	0.9	0.8	0.7
0.24	1	2	2	4	0.24	1	1	2	3
0.21	2	3	4	9	0.21	2	2	3	7
0.18	4	5	10	15	0.18	3	4	8	12
0.15	9	12	16	20	0.15	7	9	13	15
0.12	15	18	22	25	0.12	12	14	17	20
0.09	21	25	28	32	0.09	16	19	22	25
0.06	27	32	36	42	0.06	22	25	28	33
0.03	35	41	47	53	0.03	28	32	37	42