

國防武器系統作業 維持成本推估之成本風險分析

林展光

摘 要

從壽命週期的視野來說，武器系統之作業維持成本通常大於其取得成本；而作業維持成本在早期的支付能力評估（affordability evaluation）中常需被評估，它在軍事投資方案之抉擇分析中更扮演決定性的角色。武器系統的運作壽期通常長達一二十年，所以在作業維持成本的估算作業過程中是充滿了諸多未來性的不確定因子。這些不確定因子的變動不但會影響系統壽期成本的分析結果，它們最終亦將影響軍事投資之最終抉擇。

有鑑於國防武器系統作業維持成本推估作業中存在有諸多不確定因素，故本文提出成本偏靜態之敏感度分析架構來辨認重要之成本參數。最後透過蒙地卡羅模擬法來推估出作業維持成本之信賴區間，並進一步對其進行成本風險分析。

關鍵詞：壽命週期、作業維持成本、成本推估、成本風險分析、蒙地卡羅模擬法

壹、前 言

鑒於國軍老舊武器裝備隨時代逐漸被淘

汰，國防武力亦需隨之提升，但對外採購武器常受制於因人因時因地而取得困難，因此國軍開始運用軍備體系管理機制，引進國外先進技術，結合建軍規劃需要，以適時能滿足國軍防衛作戰需求。雖然軍事投資佔國防預算比例逐年升高，但是國軍統計分析及處理不確定問題之能力並未隨之提升，導致於制定國防二法時無法落實五年財力預判業務。其次，提及主計業務是包含歲計、會審及統計，爲了讓主計業務不是僅具單純的會計職能，厚實統計推論能量亦爲提升主計人員處理實務問題能力的重要性階段工作。在未來面對軍務革命及人事精簡之大環境下，國軍主計人員若不具不可取代性，則主計官科文官化之危機將逐漸浮現檯面。

從壽命週期的視野來說，武器系統之作業維持成本通常大於其取得成本；而作業維持成本在早期的支付能力評估（affordability evaluation）中常需被評估，其在軍事投資方案之抉擇分析中更扮演決定性的角色。武器系統的運作壽期通常長達一二十年，所以在作業維持成本的估算作業中充滿了諸多未來性的不確定因子。這些不確定因子的變動不但會影響系統壽期成本的分析結果，它們最終亦將影響軍事投資之最終抉擇。由此可知，在成本估算過

程中隱含了許多的不確定性因素的干擾，一旦成本估計值之誤差太大，都將使事前的規劃抑或是建案分析都有可能造成極大的偏差，故爲了避免因估算誤差導致做出錯誤抉擇的情事發生，除了估算成本以外，還須進行成本風險分析。

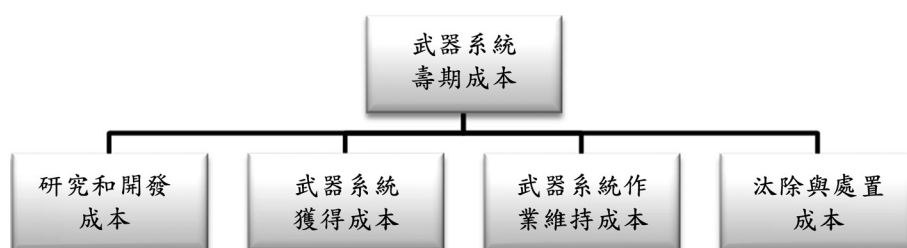
本研究之目的在針對成本估算作業中隱含之不確定因素所造成之成本估算風險（誤差），建構一成本風險分析架構，以蒙地卡羅法對不確定因素進行敏感度分析，並對武器系統之作業維持成本進行摹擬推估其100（1- α ）%信賴區間，以供軍事投資之成本效益分析或分析後續作業維持支付能力之參考。

貳、文獻探討

依據美國國防部指出（U.S.Department Of Defense, 2014）壽命週期成本估計是指該計畫的所有費用，不論是資金來源或是管理控制。壽命週期成本涵蓋研究和開發成本、投資成本、作業與維持成本、處置成本等四大類的成本，此四大類別成本分別橫跨系統壽命週期的先導概念及研究發展階段、生產製造與部署階

段、作業與維持階段、汰除與處置等階段。作業維持成本在壽期成本的估算中，扮演了很明顯的角色。然而，一般系統分析或工程設計人員在做系統分析時，往往只重視到系統設備的獲得成本，而忽略了在使用階段所產生的各項成本，這也使得作業維持成本總是成爲「冰山」下的部份。因此，導致日後爲了維持系統的運作而須不斷追加預算，使得成本結構與原先預期產生很大的出入。所以，爲了能估算較爲完整的壽期成本，分析人員應加以重視系統作業維持階段的各項成本花費（陳中本, 2002）。

整個壽期成本是由不同的成本項目所組成。對於自行研發系統的獲得成本方面，除了投入研發的成本外，還須加入生產及建置的成本。通常，自行研製程序武器的單價，因受到市場需求、採購數量及未來發展性等因素影響甚大。而外購方式獲得的系統成本，主要包含主系統及相關後勤支援系統，其受到如急迫性、政治因素、科技水平等購買國環境的影響最大；但就獲得成本而言，可免去研發所產生的各種可能性風險問題及相關研發成本花費。以武器系統爲例，其壽期成本的主要架構如下面圖一所示：



圖一 全壽期武器系統架構圖

國軍每年所分配到預算調幅不大，因此如何在有限的國防經費下，分配有限的財力以提高我軍戰力，就必須考量整體的成本效益；譬如人員質與量的提升與維持、武器系統的更新與維修、妥善率要求程度，甚至因

應未來戰場需求改變所造成各種不確定因素等等，均須透過管理科學的技術給予總體性評估。單就武器系統而言，需同時考慮可靠度（reliability）、妥善率（availability）與維護度（maintainability）之研究，方能使系統在整個

壽命週期中獲得最佳的效能，若再配合系統的能力分析、壽命週期成本分析，整體的成本效益分析，應更能兼顧效能與實際使用成本的考量。

Ben-Arieh et al. (2003) 將成本估算方法劃分為直覺式、類比式、參數式與分析式等4類，概述如後：

一、直覺式 (Intuitive)

參照過去的經驗來決定估算方法。

二、類比式 (Analogical)

用相似或已知的產品來進行成本推估。

三、參數式 (Parametric)

透過不同的參數設定來估計產品成本，此方法常為設計人員所使用，即成本與這些參數間的關係通常可以用一簡單且已知的數學公式來表達。

四、分析式 (Analytical)

比照作業基礎成本法 (Activity Based Costing, ABC) 拆解一個產品的作業活動，從可計算的成本來做工作分解結構 (WBS, Work Breakdown Structure) 分解需要成基本工作。

壽命成本不確定性分析的主要目的，是對成本估算時所隱含之不確定因素可能對投資決策之影響進行分析，以輔助決策者作出正確決策之方法。國防相關成本數據是有限的，因此如何在取得的有限數據中去作預測，並能獲得最佳的決策支持，精準的成本估算是一項具挑戰性的工作 (U.S.Department Of Defense, 2014)。

本研究所提出之風險機率評估是基於各項成本風險因素之三角分佈 (a, p, b)，其中

a 為可能最小值、 b 為可能最大值、 p 為最大概似可能之值。故風險機率評估的可信度在於各成本風險因素之 (a, p, b) 三個估計值的可信度，而這些估計值的可信度長藉德菲法 (Stevenson, 2009) 形成一組專家的共識來提高。但是嚴格來說，因 (a, p, b) 仍多為主觀的評量 (Black, 1997)，故整體機率評估亦為一主觀的衡量，難以建立一客觀的精確度。但若各成本風險因素估計有其一致性，如都有某種程度的偏向樂觀或偏向悲觀，則雖然風險機率分配也會偏向樂觀或悲觀而難以準確，但在研發過程中各階段間機率的改變仍可做為風險演變的一個可信的衡量指標。因此，本研究使用之方法是用三角分配來表達不確定性之主觀機率分配。

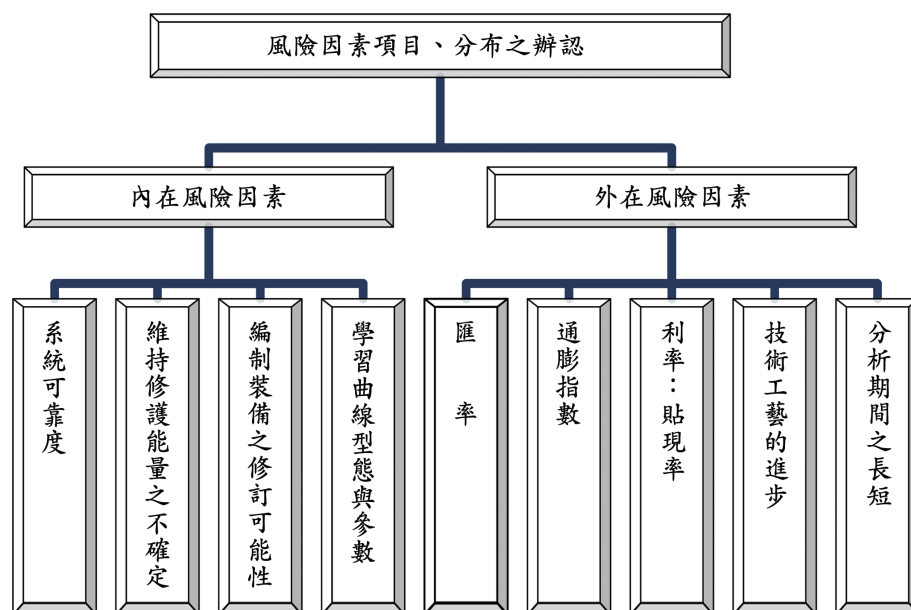
本文風險因素項目區分為內在及外在風險因素兩大類。其中，內在風險因素包含有：系統可靠度、維持修護能量之不確定性、編裝之修訂可能性及學習曲線與參數等四項因素；外在風險因素則包含有：技術工藝的進步、分析期間之長短、匯率 (Exchange Rate)、物價指數 (Inflation Index) 及利率 (Interest Rate) 等五項因素。這些風險內外因素對系統壽期的不同階段與面向均具有不同程度之影響，故本研究在進行壽命週期之估算時，將以影響作業維持成本之物價指數、利率及匯率等因素進行風險機率評估。

參、作業維持成本估算之風險因素辨認與分析

由於國防武器的成本壽期長，故進行成本風險分析前須先辨認不確定性風險因素項目之分布，如此方能在後續建立作業維持成本風險架構進行成本估算時，能對這些不確定因素做

有效控管。圖二所示為影響武器系統作業維持成本估算之重要風險項目及其分佈之辨認，其中預設之系統之可靠度已是無法改變，而能影響系統可靠度的是系統運作之環境因素與單位自身維保能量大小；但是，維保能量係與單位內人員維持修護能量技術熟稔與否有關，其也具有不確定性。其次，編裝修訂部分在現階段國軍之軍備體系皆已日趨完善成熟，成立新單位與調整編裝之可能性不大，所以數十年方才編裝修訂，變動之時程難以預測。而學習曲線

與技術工藝的進步來說，在研發及製造階段影響成本較大，在作業維持成本內影響甚微。通常風險因素的分析期間須長至可分辨不同方案之間差異，故本研究期間均預設為20年以上。因此，本文假設系統可靠度等風險因素在作業維持成本影響不大，故後續在探討影響作業維持成本因素時，將聚焦在物價指數、利率及匯率等外在風險因素做探討，此亦為本研究之限制。



圖二 影響武器系統作業維持成本估算之重要風險項目及其分佈之辨認

物價指數是反映各時期商品價格水準變動情況的指數，基於物價有其易漲難跌之僵固性，且大都為經濟景氣榮枯之結果；而過去與物價相關之研究大多在說明：(一)物價水準與原物料價格之長期均衡關係；(二)股價指數與物價、匯率、利率間之長期均衡關係。然而，對於物價波動或是預測之研究則付之闕如。所以，本文根據國內物價指數資料分析其變動趨勢並建立預測模型，以作為摹擬分析的主要依據。

由於我國物價指數（*InflIndex*）是呈現長期上漲之趨勢，故本文假設物價指數是時間的線

性函數，對1991年至2015年間之物價指數進行線性迴歸模型估計之結果如下：

$$\text{InflIndex} = 100.215 + 1.105t, \quad (1)$$

上式中，*InflIndex*為以2011年為基期之物價指數；*t*表年，當時間為2011年時之 $t=0$ ，故當時時間為2010年時之 $t=-1$ ，餘類推。此模式之解釋能力達95.6%，後續摹擬分析之物價水平將以此模式之預測值為摹擬依據。

利率乃各國中央政府控制通貨緊縮或放寬的貨幣政策工具，故利率的波動趨勢與經濟景氣燈號或循環有著密切之關係。當景氣處於復

甦階段時，資金需求增加將使利率上升，然當景氣過熱致使通貨膨脹壓力上升時，央行通常將透過利率調升以緊縮貨幣來控制物價，以達到控制過熱景氣的目的；相反的，當景氣循環處於衰退階段的時候，資金需求相對減緩將導致利率將下跌，央行也常將利率調降來刺激經濟景氣的復甦。但是，在自由匯率市場機制下，國際間利率的相對高低亦將引導熱錢的進出，當央行調升利率緊縮通貨時，若其利率相對於國際間的平均利率水準為高時，在匯率不變的假設下，國際熱錢可能大舉匯入國內進行套利行為，這將使得央行調升利率緊縮通貨的目的打了折扣，並顛覆了傳統上認為調升利率可緊縮資金的效果。所以，本文接著分析國內利率資料之變動趨勢並建立其機率預測模型，以作為摹擬分析的主要依據。

經分析我國1978年以後利率的變動趨勢發現，其在1978至2015年的38年間之年平均利率變動來看，有13年的銀行利率為調升（約佔35%），有20年的銀行利率為調降（約佔54%），有4年銀行利率是與前一年相同（約佔11%）。故此時建立之銀行放款利率調升調降之三項分配隨機漫步模式為：

$$f(r) = \begin{cases} \frac{13}{37}, & \text{若 } r \text{ 為調升利率} \\ \frac{4}{37}, & \text{若 } r \text{ 為利率不變} \\ \frac{20}{37}, & \text{若 } r \text{ 為調降利率} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \text{若 } 0 < u < 0.0237, & \text{則調升幅度 } r = 0.04 + \sqrt{0.30515 \times u} \\ \text{若 } 0.0237 \leq u, & \text{則調升幅度 } r = 3.63 - \sqrt{12.58295 \times (1-u)} \end{cases} \quad (6)$$

圖三所示為利率變動分析之升息三角分配圖：

而今令 U 為介於 0 與 1 間之亂數，則利率升降之隨機漫步機遇摹擬模型如下：

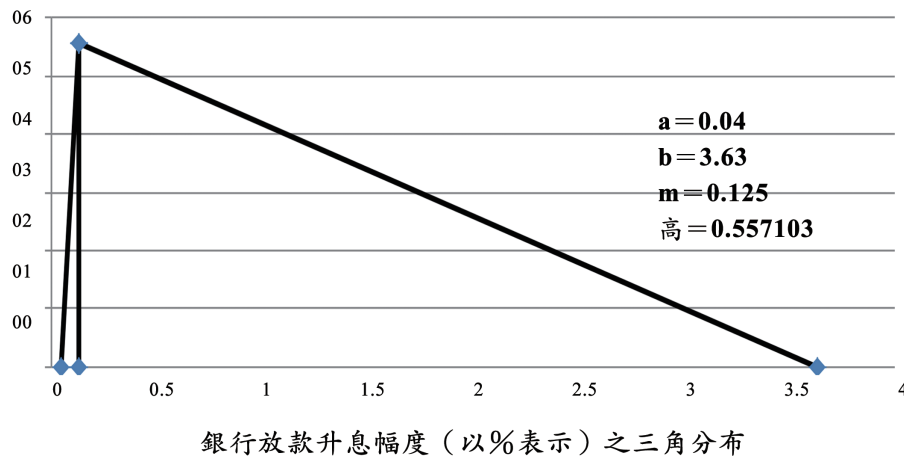
$$\begin{cases} \text{若 } 0 < u < \frac{13}{37}, & \text{則 } r \text{ 為調降利率} \\ \text{若 } \frac{13}{37} \leq u < \frac{17}{37}, & \text{則 } r \text{ 為利率不變} \\ \text{若 } \frac{17}{37} \leq u < 1, & \text{則 } r \text{ 為調升利率} \end{cases} \quad (3)$$

三角形分佈是一個連續概率分佈，下限為 a 、眾數為 c 、且上限為 b 。今欲建立其三角分配之利率波動幅度之機率模型時，由於在利率調升的13年中，調升幅度最大為3.63%、調升幅度最小為0.04%，而整體的平均調升幅度約為0.70%、調升幅度中位數為0.21%，假設調升幅度眾數小於中位數，且以中位數（0.21%）至眾數組組下限（0.04%）之平均0.125%取代 c ，則這時摹擬利率升降之調升幅度的三角機率分配及其相對應之分配函數如下：

$$f(r) = \begin{cases} \frac{2r-0.08}{0.30515}, & \text{若 } 0.04 \leq r \leq 0.125 \\ \frac{7.26-2r}{12.58295}, & \text{若 } 0.125 < r \leq 3.63 \end{cases} \quad (4)$$

$$F(r) = \begin{cases} \frac{(r-0.04)^2}{0.30515}, & \text{若 } 0.04 \leq r \leq 0.125 \\ 1 - \frac{(3.63-r)^2}{12.58295}, & \text{若 } 0.125 < r \leq 3.63 \end{cases} \quad (5)$$

且設 U 為介於 0 與 1 間之亂數，則利率調升幅度（以%表示）之三角隨機變數之生成模型如下：



圖三 利率變動分析之升息三角分配圖

同理，利率調降幅度最大為4%、利率調降幅度最小為0.04%、而利率調降之平均幅度為0.844%、利率調降幅度中位數為0.365%，假設調降幅度眾數小於中位數，且以中位數

（0.365%）至眾數組組下限（0.04%）之平均0.2025%取代 c ，則這時摹擬利率升降之調降幅度的三角機率分配及其相對應之分配函數如下：

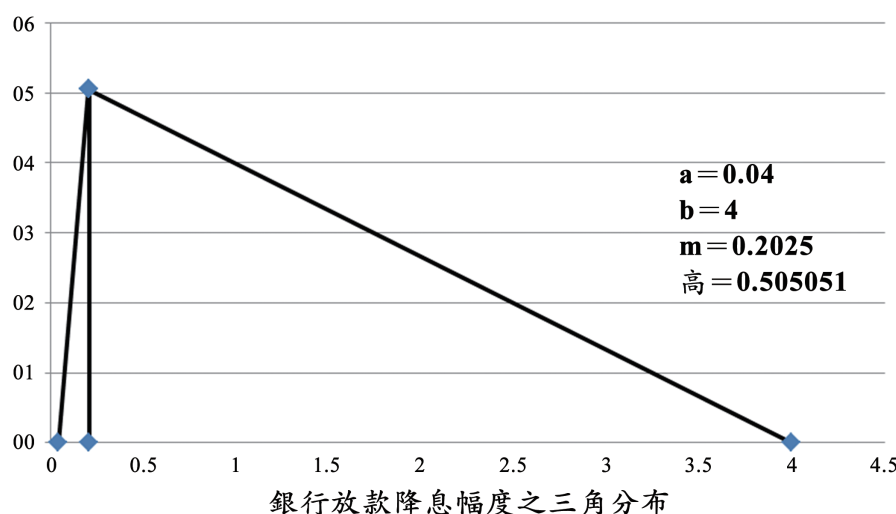
$$f(r) = \begin{cases} \frac{2r-0.08}{0.6435}, & \text{若 } 0.04 \leq r \leq 0.2025 \\ \frac{8-2r}{15.0381}, & \text{若 } 0.2025 < r \leq 4.00 \end{cases} \quad (7)$$

$$F(r) = \begin{cases} \frac{(r-0.04)^2}{0.6435}, & \text{若 } 0.04 \leq r \leq 0.125 \\ 1 - \frac{(4-r)^2}{15.0381}, & \text{若 } 0.2025 < r \leq 4.00 \end{cases} \quad (8)$$

且設 U 為介於0與1間之亂數，則利率調升幅度（以%表示）之三角隨機變數之生成模型如下：

$$\begin{cases} \text{若 } u < 0.0410, & \text{則調升幅度 } r = 0.04 + \sqrt{0.6435 \times u} \\ \text{若 } 0.0410 \leq u, & \text{則調升幅度 } r = 4.00 - \sqrt{15.0381 \times (1-u)} \end{cases} \quad (9)$$

圖四所示為利率變動分析之降息三角分配圖：



圖四 利率變動分析之降息三角分配圖

匯率一直是各國的貨幣政策工具之一，匯率高低影響一國的進口購買力及出口競爭力。換言之，台幣升值不利我國出口的競爭，但有利我國大宗物資及石油成本及物價的下降；台幣貶值則有利我國出口的競爭，但對仰賴進口的大宗物資及油價則不利。但臺灣自1978年開始，採行管理浮動的匯率制度；後來，央行或為了刺激出口，或為了穩定物價與經濟成長，因而在不同的時點干預匯市，但其干預時點以及「阻升」或「阻貶」的政策方向等並不對外公開，這將增加了匯率預測的困難度，卻也提高了預測的必要性。在無法確知與預期央行干預的措施情況下，本文後續分析匯率之變動趨

勢時，也只能利用目前所有可取得的訊息（楊明昌，2013）。如果市場是有效率的，表示匯率的變化是隨機的，故它是無法被預測的，此時採用隨機漫步模型（random walk model）就可以用來說明這種現象。

自Meese and Rogoff（1983）以來，隨機漫步模型常被用來作為各種匯率預測模型是否具有預測能力的比較基準。依據1978年以後我國匯率的波動數據分析，在自1978至2015年的38年間以年平均匯率來分析，有17年的台幣對美元為升值（約佔46%），有20年的台幣對美元為貶值（約佔54%），故此時建立之匯率升貶之三項分配隨機漫步模式為：

$$f(Exchange) = \begin{cases} 17/37, & \text{若 } Exchange \text{ 為台幣升值} \\ 0, & \text{若 } Exchange \text{ 為不變} \\ 20/37, & \text{若 } Exchange \text{ 為台幣貶值} \end{cases} \quad (10)$$

而今令 U 為介於 0 與 1 間之亂數，則匯率升貶之隨機漫步機遇摹擬模型如下：

$$\begin{cases} \text{若 } 0 < u < 0.45946, & \text{則 } Exchange \text{ 為台幣貶值} \\ \text{若 } 0.45946 \leq u < 1, & \text{則 } Exchange \text{ 為台幣升值} \end{cases} \quad (11)$$

由於其中升值幅度最大為6.05、升值幅度最小為0.02、而升值之平均幅度為1.5421、中

位數為1.255，假設升值幅度眾數小於中位數，且以中位數（1.255）至眾數組組下限(1)之平均

1.1275 取代 c ，則這時摹擬匯率升貶之升值幅度的三角機率分配及其相對應之分配函數如下：

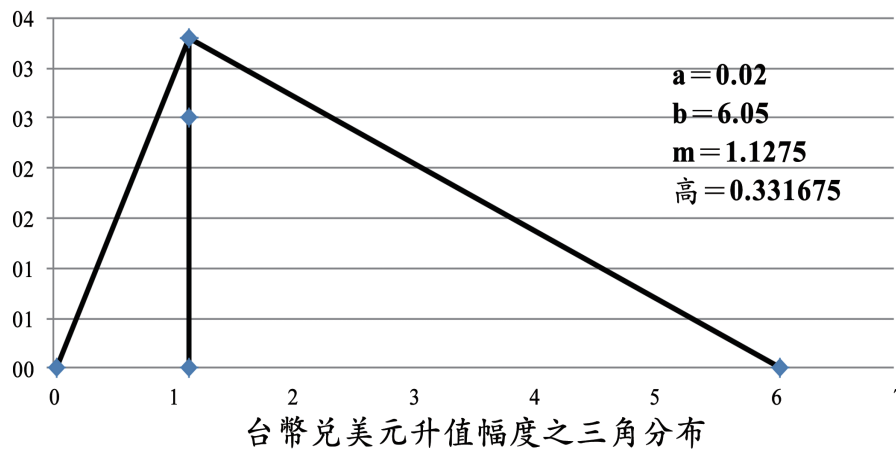
$$f(Exchange) = \begin{cases} \frac{2Exchange - 0.08}{0.6782}, & \text{若 } 0.02 \leq Exchange \leq 1.1275 \\ \frac{12.1 - 2Exchange}{29.6827}, & \text{若 } 1.1275 < Exchange \leq 6.05 \end{cases} \quad (12)$$

$$F(Exchange) = \begin{cases} \frac{(Exchange - 0.02)^2}{0.6782}, & \text{若 } 0.02 \leq Exchange \leq 1.1275 \\ \frac{(6.05 - Exchange)^2}{29.6827}, & \text{若 } 1.1275 < Exchange \leq 6.05 \end{cases} \quad (13)$$

故設 U 為介於 0 與 1 間之亂數，則台幣對美元升值幅度之三角隨機變量之生成模型如下：

$$\begin{cases} \text{若 } u < 0.1837, & \text{則台幣升值幅度 } Exchange = 0.02 + \sqrt{6.6782 \times u} \\ \text{若 } 0.1837 \leq u, & \text{則台幣升值幅度 } Exchange = 6.05 - \sqrt{29.6827 \times (1 - u)} \end{cases} \quad (14)$$

圖五所示為匯率變動分析之升值三角分配圖：



圖五 匯率變動分析之升值三角分配圖

同理，由於貶值幅度最大為4.78、貶值幅度最小為0.02、而貶值之平均幅度為1.05、中位數為0.81，假設貶值幅度眾數小於中位數，且以中

位數（0.81）至眾數組組下限（0）之平均0.405取代 c ，則這時摹擬匯率升貶之貶值幅度的三角機率分配及其相對應之分配函數如下：

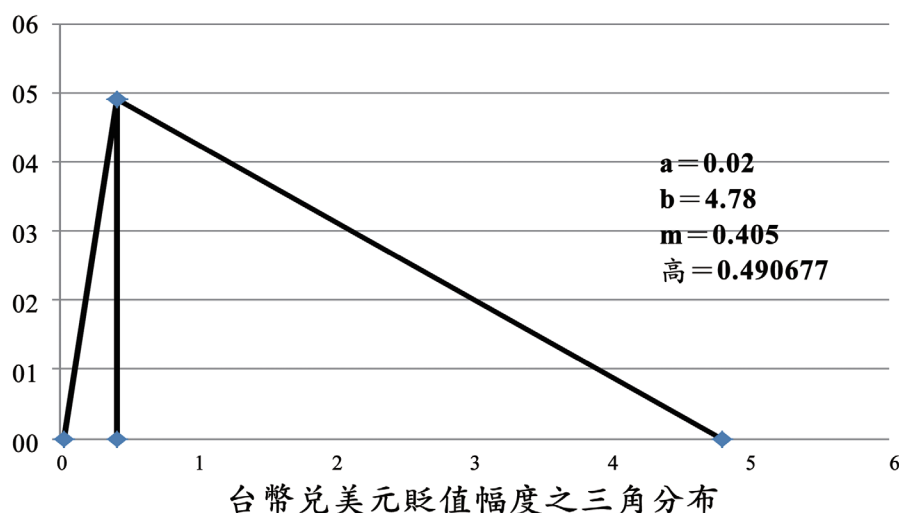
$$f(Exchange) = \begin{cases} \frac{2Exchange - 0.08}{1.8326}, & \text{若 } 0.02 \leq Exchange \leq 0.405 \\ \frac{9.56 - 2Exchange}{20.825}, & \text{若 } 0.405 < Exchange \leq 4.78 \end{cases} \quad (15)$$

$$F(Exchange) = \begin{cases} \frac{(Exchange - 0.02)^2}{1.8326}, & \text{若 } 0.02 \leq Exchange \leq 0.405 \\ \frac{(4.78 - Exchange)^2}{20.825}, & \text{若 } 0.405 < Exchange \leq 4.78 \end{cases} \quad (16)$$

故設 U 為介於 0 與 1 間之亂數，則台幣對美元貶值幅度之三角隨機變量之創生模型如下：

$$\begin{cases} \text{若 } u < 0.0809, \text{ 則台幣貶值幅度 } Exchange = 0.02 + \sqrt{1.8326 \times u} \\ \text{若 } 0.0809 \leq u, \text{ 則台幣貶值幅度 } Exchange = 4.78 - \sqrt{20.825 \times (1-u)} \end{cases} \quad (17)$$

圖六所示為匯率變動分析之貶值三角分配圖：

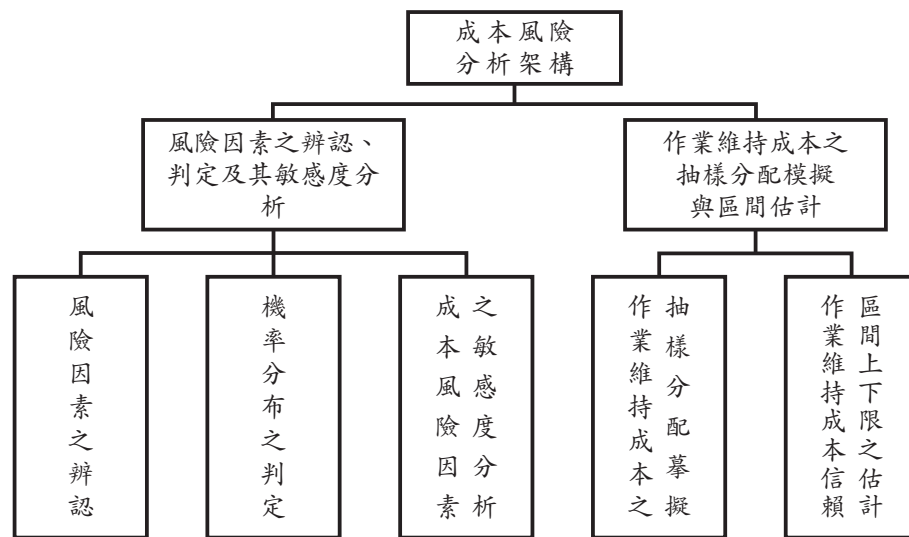


圖六 匯率變動分析之貶值三角分配圖

肆、武器系統作業維持成本估算之風險模擬分析

欲進行一武器系統作業維持成本估算之風險分析時，因受制於國軍武器系統作業維持成本真實數據之無法取得及有關參數之機敏性，故本研究乃在虛擬的摹擬分析想定下對物價、利率、匯率等不確定因素所造成的成本風險進行摹擬分析。圖七所示為武器系統成本風險分析架構圖，有關風險因素之項目及分佈之識別

已在前述的第參節中作了說明，接著於本節中將對不確定因素所造成的成本風險進行偏靜態（partial static）之敏感度分析；最後，在摹擬想定下於本中摹擬出系統作業維持成本估計值之抽樣分布，並依抽樣分布建構其 $(1-\alpha)$ 100% 信賴區間。本文運用成本參數變動區間分析架構來處理成本參數之時間序列變動，以及偏靜態分析架構來辨認重要之成本參數去確認模型各構面（關鍵因素）之關係，再經由分層抽樣摹擬法可模擬出較佳之可信範圍，同時也可找出數據間所隱藏的不確定性。



圖七 武器系統成本風險分析架構圖

基於作業維持成本階段不涉及系統之研發與製造，故將技術工藝的進步與變化等所造成的成本變動因素排除在外；另將作業維持成本分析期間訂為二十年。有鑑於實際作業維持成本數據不好獲得及資料之機敏性等因素，故本研究假設單位購買力為「1」，且在維持每年購買力不變之情況下，其作業維持成本最大的風險主要是來自於利率、匯率與物價的波動，並用此三因素來進行成本變動分析。今考慮此三因素分析之原因，是因為單位所需之裝備零附件與石油等均仰賴進口，其價格受到匯價之波動影響，而一般業務費則受國內物價波動影響。利率高通常代表景氣好、投資機會多、物價相對較高；利率低代表景氣不好、投資機會少、物價相對便宜。

此外，物價水準低的時候，提高內購比重會對作業維持單位比較有利，而台幣升值時，若外購比重較高時則對作業維持單位比較有

利。匯率、利率或物價的波動影響與國防支出結構息息相關，就像蔡英文總統於2017年3月10日的媒體新聞中提到國艦國造計畫，就是試圖透過消息的公開去刺激國內經濟景氣，而其相關政策之釐訂勢必使國防支出之內外購比率向內購傾斜，國防支出受匯率之影響亦將會隨之降低。

為了瞭解模型中各種不同參數之變化及其對武器作業維持成本有何影響，本文假設其他風險因素維持不變之情況下，對固定內外購比重之作業維持成本在2:8、5:5及8:2等三種不同比例結構情境下，去分析其在高、中、低三種不同水平之利率、匯率波動敏感性分析。其中，依據利率歷史波動性假設其低、中、高水準分別為2%、5%及8%；匯率則依其歷史波動性假設升值為1.2、不變為1、貶值為0.8。經對內外購比重之作業維持成本在不同比例結構情境下各參數變動之敏感性分析結果彙整如附表：

附表 不同內外購比重對利率、匯率波動性之敏感性分析

參數		匯率（貶）0.8	匯率（不變）1	匯率（升）1.2
利率（2%）	內購：外購 2：8	38.69	29.63	21.23
	內購：外購 5：5	33.56（↓）	29.22（↓）	21.88（↑）
	內購：外購 8：2	28.42（↓）	27.32（↓）	21.01（↓）
利率（5%）	內購：外購 2：8	37.65	26.52	26.99
	內購：外購 5：5	32.73（↓）	27.78（↑）	23.12（↓）
	內購：外購 8：2	31.34（↓）	27.65（↓）	22.37（↓）
利率（8%）	內購：外購 2：8	28.42	24.42	21.76
	內購：外購 5：5	33.56（↑）	31.06（↑）	29.39（↑）
	內購：外購 8：2	39.69（↑）	37.69（↑）	37.02（↑）

表中數據顯示：(一)當國防支出結構外購比重偏高時，則不論利率的變化如何，匯率貶值時之作業維持成本比匯率升值時之作業維持成本為高；(二)當國防支出結構內購比重偏高時，則不論匯率的變化如何，高利率時之作業維持成本比低利率時之作業維持成本為高。

爲了要推估武器系統作業維持成本之 $(1-\alpha)$ 100% 信賴區間，首先必須得到影響武器系統作業維持成本估算之風險因素的機遇成本的抽樣分配，而要得到這些風險因素之機遇成本的抽樣分配就必須對諸風險因素之波動對機遇成本之影響進行摹擬分析。本文假設：(一)每年所需之作業維持總購買力爲「1」，且須每年維持其購買力不變之情況下才能維持其作業能量；(二)「1」爲內外購所瓜分；(三)分析期間訂爲二十年；(四)若各年度之物價上漲時則要花

超過「1」的投資，而物價下跌時就花費小於「1」的投資；(五)台幣貶值時外購就需花比較多的錢。以下爲摹擬分析之程序與步驟：

- 一、依據第參節辨識之利率匯率之三角機率函數，物價指數預測模型生成一組涵蓋物價指數、利率、匯率之隨機向量。
- 二、將各風險因素變量代入點估計成本模型，得出各年度維持一定購買力所需成本。
- 三、將各年度成本點估計值以貼現率折現爲基期之現值後，將其累加爲一個維持二十年作業所需之機遇成本估計值。
- 四、重覆上述三個步驟N次，以獲得涵蓋N個機遇成本之抽樣分配。
- 五、取上一步驟之第 $(0.025 \times N)$ 及 $(0.975 \times N)$ 順序統計量形成壽命週期之95%信賴區間的下限與上限；同理，取上一

步驟之第 $(0.05 \times N)$ 及第 $(0.95 \times N)$ 、順序統計量形成壽命週期90%信賴區間的下限與上限。

經進行上述的摹擬分析之程序與步驟後之結果為：(一)當內購佔兩成外購佔八成時，二十年之作業維持機遇成本之95%信賴區間介於32.57與104.28，而其90%信賴區間則介於27.81與94.6，其中位數為39.53；(二)當內購與外購各佔五成時，二十年之作業維持機遇成本之95%信賴區間介於37.27與136.71，而其90%信賴區間介於39.67與124.55，其中位數為64.99；(三)當內購佔八成外購佔兩成時，二十年之作業維持機遇成本之95%信賴區間介於46.59與140.85，而其90%信賴區間介於50.52與135.46，其中位數為81.69。經比較上述三種結果時可發現：(一)內購比重高時之機遇成本比內購比重低時之機遇成本為高，而此一結論與物價有其僵固性及物價指數逐年成長及匯率升值之平均幅度大於貶值之平均幅度吻合；(二)以機遇成本之波動區間大小來看，內外購比重8:2時之機遇成本波動範圍較內外購比重2:8時之波動範圍大，今若機遇成本在波動區間的範圍內，且其波動會對系統投資決策產生重大影響的話，其另一層意義即代表在作成本估計時要非常小心，並提高風險意識。

成本估算的最主要目的就是要做系統成本效益分析，爲了怕成本估計的重大誤差會去誤導後續的成本效益分析結果，所以進行機遇成本波動區間估計與分析前，必須先了解這些影響成本估算因素之變化是否會對成本效益分析產生重大影響，這就是成本風險分析最主要的目的。

伍、結論與建議

過去推估作業維持成本的方式是採點估計的方式，但本研究突破以往的限制採用「三角分配」與「蒙地卡羅摹擬法」，故有利於進行成本風險因素之分析及作業維持成本之信賴區間推估，此爲本研究之貢獻。然而，壽期成本與作業維持成本之分析目的在提供決策者正確的資訊，可做爲計畫執行、成本管理與控制的依據。而武器系統成本估算之目的與方法，須長期面對不確定因素在成本估算時所必需的成本風險分析。但是探討成本估算時，應找出有哪些風險因素及這些不確定之風險因素對我武器壽期成本影響之大小。所以成本風險估算必須在計畫初期就要根據以往的數據、經驗等等隨之變化，並且應隨之調整各項風險值大小一直到系統壽期終了爲止。

爲更精確地估計出系統壽期成本之風險，建議能建立相關的成本資料庫，並利用現有或自行開發適合國內現況的壽期成本風險分析軟體來做資料分析，並且由專責單位負責管理，進行例行的資料蒐集與分析、修正。大數據的時代更可藉由電腦網路的使用，讓每位資料輸入者上線使用，可看到其他單位之使用情形，進而使得此資料庫具有互動功能與監督機制，如此一來，將能使得壽期成本分析更爲簡易，也能更精確地有效控管系統成本風險，但須注意資料保密的工作，避免資料的外洩、流失，造成危害單位的情事發生。

本研究嘗試分析歸納出影響武器壽期成本估算的內外在主要風險因素，可作爲日後蒐集相關資料的參考依據。其次，本研究提出「三角分配」與「蒙地卡羅摹擬法」去推估作業維持成本之信賴區間及進行成本風險分析。但實務上，因爲影響物價指數、利率與匯率之不確定性因素仍多，且三者間存在關聯性，故對其任何一者進行未來趨勢之推估時，將其彼此間

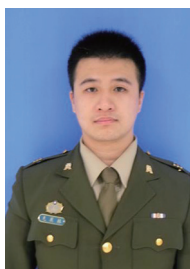
的相關性納入模擬分析之情境中，是值得深思的問題。因此，未來可對內外風險因素做更細緻之劃分，看其對作業維持成本風險分析的敏感度有多少，然後再進行深入研究，應可找出其隱藏性的關鍵成本風險因素。

參考文獻

1. 陳中本, 2002, 從壽命週期成本觀點探討武器系統作業維持成本影響因素之研究, 國防管理學院源管理研究所碩士論文。
2. 楊明昌, 2013, 消費者物價指數與消費者信心指數關聯性之研究, 成功大學企業管理學系所學位論文。
3. Ben-Arieh, D., & Qian, L. 2003. Activity-based cost management for design and development stage. *International Journal of Production Economics*, 83(2), 169-183.
4. Black, R. (1997). A Bibliography of subjective

elicitation with emphasis on risk identification. *The Journal of Cost Analysis*, 14 (1), 61-78.

5. Meese, R. A., and Rogoff, K. S. 1983. Empirical exchange rate models of the seventies: Are any fit to survive? *Journal of International Economics* 14:3-24.
6. Stevenson, W. J., and Sum, C. C. 2009. *Operations management* (Vol.8). Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin.
7. U.S. Department of Defense. 2014. *Operating and support cost-estimating guide*. United States Of American.



林展光

現任憲兵204指揮部上尉會審官；國防管理學院統計系正期95年班，國防大學財務管理所碩士；曾任統計官、預財官等職。