

軍事投資建案與國防資源配置問題之研究

張珈進^{1*} 黃琬婷² 張明瀚¹

¹ 國防大學管理學院資源管理及決策研究所

² 空軍司令部計畫處

論文編號：4201-12

來稿2021年3月22日→第一次修訂2021年4月15日→第二次修訂2021年6月2日→同意刊登2021年6月18日

摘要

軍事建案的投資為影響新式武器裝備籌購與維持國防武力之重要環節。然而，由於國防資源逐年緊縮及軍種本位主義限制下，現今國軍確實急需建構一套具效益性及系統性的軍投建案評估指標，並同時在資源限定下建構出滿足現代軍事需求之投資組合。因此，本研究旨以成本效能觀點結合平衡計分卡來建構國軍軍事投資建案的評估指標內涵與權重關係，經由文獻彙整、專家訪談及修正式德菲法收斂專家問卷，接著採用決策實驗室分析法分析各指標間之影響關係，並結合 DEMATEL-Based ANP 方法求取評估指標系統的相對權重；最後，考量在資源有限情況，應用 0-1 目標規劃模式，獲取最適軍事投資建案組合，以作為國防資源決策與控制之參考。

關鍵字：軍事投資、多準則決策、決策模式

* 聯絡作者：張珈進 email: yaemailtw@gmail.com

A Study on the Evaluation Indicators and Resource Application of Military Investment

Chang, Chia-Chin^{1*} Huang, Wan-Ting² Chang, Ming-Han¹

¹Graduate School of Resource Management and Decision Science, National Defense University

²Air Force Planning Section

Abstract

Continued military investment to obtain the impact of new weapons and equipment is an important part of the establishment of national defense force. However, in the current defense resource crunch, based on the Department of self-serving units to protect their own resources, the military really need to build a set of multiple and integrated military investment decision-making evaluation indicators. Therefore, the purpose of this study is to explore the relationship between the content and the weight of the evaluation indicators of military investment. First, the questionnaire structure was developed by literature analysis and expert interviews. Then, the modified Delphi expert questionnaire was applied, and the DEMATEL method was used to analyze the relations among the criteria. The DEMATEL-Based ANP method was used to obtain the relative weight in the evaluation indicators system. At last, in the case of limited resources, the application of the Zero-One Goal Programming can be used to obtain the optimal military investment portfolio to achieve the target demand, and allocate resources to the important military investment plan as a standard of defense resources control.

Keywords: Military Investment, MCDM, Decision Model

一、緒論

1.1 研究背景與動機

由於亞太安全環境的不確定性不斷升高，使臺灣面臨的安全處境也愈趨嚴峻，其中又以中共軍事威脅為首要之挑戰(國防部，2013；Gonzalo and Torres, 2016)。例如，共軍為加速其軍事現代化進程，積極建構對臺作戰準備，早從 1993 年起，軍費成長均是其經濟成長的一倍以上，且依據國防報告書指出 2006 年至 2015 年間中共的國防經費編列均維持在兩位數的百分比成長，軍費總額高居亞洲第一(國防部，2015；傅澤偉、陳奕廷、林曼莉，2018)。因此，臺灣面對中共從不放棄武力犯臺之威脅，必須加速國防轉型，提升聯戰效能，以捍衛主權與國家利益(國防部，2013)。然而。綜觀近十年的國防預算規模，由於募兵制推動與重大武器裝備籌獲高峰期等因素的影響，導致國防財力的需求日增，但同時期由於國內經濟成長趨緩，加上財政稅收成長幅度有限下，國防財力供給相對限縮(國防部，2015；吳勝富、葉金成、王國進，2018)。基此，整體而言，臺灣國防之軍事投資額度近十年的規模比率變動均較小且平穩(詳如圖 1 所示)。因此，如何在國防資源有限之狀況下，妥善規劃各項軍事投資標的，發展「小而精、小而強、小而巧」之可恃戰力來確保國防轉型，實為重要議題。

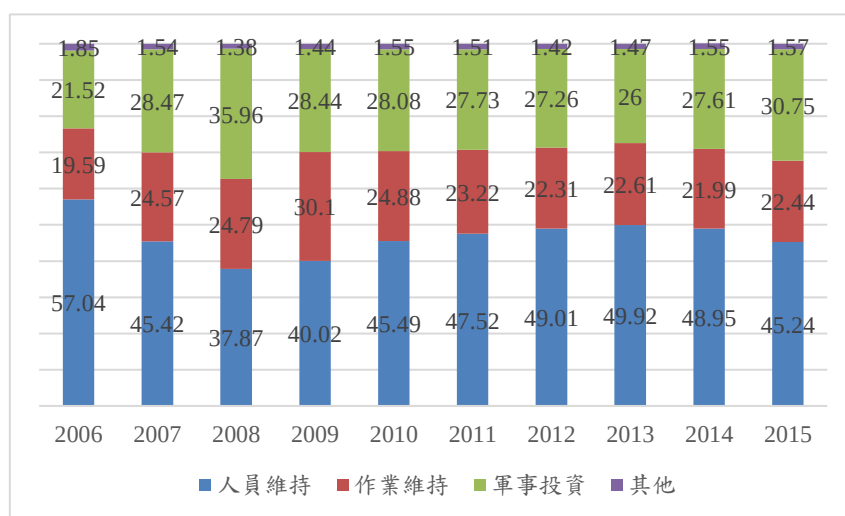


圖1 民國95年至104年國防預算配置圖(單位：百分比)

資料來源：國防部(2015)

臺灣軍事投資建案規劃作業乃依國軍期望之願景與目標，利用預算編列方式投入國軍各單位需求項目，例如：購置戰機、潛艦、戰車、防空飛彈、或研發飛彈、無人飛行載具、資電裝備，或對現有武器進行性能提昇等，然而決策者如何從諸多的軍事投資方案中選擇最佳、最迫切或最適切之方案，或排定優先緩急順序，實為難取捨之課題，也一直是軍事投資決策時考量的重點，但此類問題現行並無一套較具整合性且有系統之決策評估模式(葉康洋，2008)，為此，本研究嘗試建立一套評估模式，使決策者面臨此抉擇問題時，能有評估指標及具體數值作為其選擇方案之參考，是為本研究欲探討之研究動機一。

此外，過去在軍事投資建案的評估過程中常須考慮許多的因素，諸如武器性能、購置成本、作戰效能與後勤維修能力等(管培智，2002；韓慧林、危永中、任善隆，2011；Uttley, Wilkinson, and Van Rij, 2019)，而在方案成本效益未知、不存在資源限制與相依性，以及不需要最佳解之情況下，以層級分析法(AHP)為最合適之方案排序法。然現實世界中的方案決策問題，都具有相互依賴的性質(Lee and Kim, 2000)，此時便可運用 ANP 於無法以獨立階層結構表示的多準則決策問題，如專案選擇、策略性決策及產品規劃等，藉由其評估尺度獲取準則與方案間之精確關係，以及相互影響作用後各集群(cluster)與元素(Element)的權重。此外，決策實驗室分析法(DEMATEL)能有效地利用矩陣運算獲取元素間的影響強度，瞭解複雜的因果關係結構，進而獲得管理上的改善方向；因此，本研究將指標間的影響關係納入考量並整合為 DANP 權重值，為研究動機二。

最後，在執行軍事投資規劃作業時，必須考量資源限制的問題，例如有限的軍事投資預算與後續的維持成本等，換言之，各項軍事投資建案均需考量其國防資源能否有效配合，否則不僅無法達成預期之目標，還會造成投資成本及時間等的浪費，故適切的軍事投資建案組合是有效達成建軍目標的關鍵。因此，協助決策者於有限資源或目標衝突的困境下尋求或求解出較佳的軍事投資組合方案，為本研究之研究動機三。

1.2 研究目的

前揭研究背景與動機，本研究以建立軍事投資建案決策模式為探討基礎，預期達到的具體研究目的，歸納如次：

- (一) 探討軍事投資項目決策評選指標，以期建構之決策評估模式能更加客觀及科學化。
- (二) 瞭解軍事投資評選指標間的影響關係與權重，使建構的決策架構能更加合理，提供更適切的分析與判斷。
- (三) 探討在國防資源限制與軍事投資多重且衝突的目標抉擇困擾下，選取最佳化軍事投資專案組合，提供最適化決策參考。

二、文獻探討

本研究文獻探討主要區分三個部分：第一，為說明現行國軍軍事投資建案之分類與作業流程；第二，為成本效能分析與平衡計分卡之說明；第三，為結合成本效能分析與應用平衡計分卡之觀點建構軍事投資建案評選指標。

2.1 軍事投資建案作業

軍事投資建案係依國軍近、中、遠程聯合戰力規劃，透過建案作業流程，以有限之國防資源，籌建最大效益之可恃戰力，主要為武器裝備研發與建置等項目(國防報告書，2015)。凡納入「十年建軍構想」之建軍項目，於國防部策頒「五年兵力整建計畫」前，得由戰規司召開政策會議，並確定新增案優先順序後，各建案單位即須完成建案相關作業程序，始可納案檢討配賦預算執行(國防部，2014)。各軍種依其本身執行任務的需求，排出各軍種投資建案優先順序建議案送國防部彙整，國防部則就整體國防考量並配合建軍規劃期程及可獲國防資源依優序檢討納案執行，可見軍事投資建案

決策實為籌建新式武器裝備，以建構「固若磐石」國防武力之關鍵因子。

鑑於近年國家財政日趨困窘，預算排擠現象造成裝備獲得更加不易，如何以有限的國防資源獲取國家最大軍事投資效益，為軍事投資建案決策時考量的重點，成本效能分析(Cost Effectiveness Analysis, CEA)經常應用於公共政策專案計畫，並可比較各投資選擇之間的效益可能性，是一套客觀縝密、容易為大家接受的評估方法，其考慮到各種與投資計畫有關的因素，可說是從事投資可行性分析的最有用工具之一(沈熾林，1990)。具體而言，成本效能分析可用來評選多種不同方案，並排定優先順序，以決定採行與否，故國軍更應具備成本效能的概念，方可有效掌握國軍整體戰力或績效。

2.2 成本效能與平衡計分卡

(一)成本效能

由於二次世界大戰後，公共支出大幅成長，使得藉由理性分析來決定預算優序更加重要，成本效能分析(Cost Effectiveness Analysis, CEA)便於此時開始發展並用於健康衛生計畫或軍事支出的評估上，蘭德公司(RAND Corporation)用來評估各種武器研發系統，以達成特定軍事目標，如先期發現敵軍攻擊能力、摧毀敵軍目標數量等(張四明，2001)，換言之，CEA 能顯示在相同資源水準下，哪項計畫目標實現程度最高(Anthony, 2006; Bartolini et al., 2007; Postle et al., 2004)。

Yates(2009)認為 CEA 是指在專案執行過程中，所使用之資源價值與其產生非貨幣成果之間的關係，Balana et al.(2011)則認為 CEA 是一種分析的工具，根據不同方案或方案組合的成本和有效性來評估並排序其相對效能，亦可辨別以耗費成本最少的方案達到特定的目標或結果。效能分析可結合多準則決策方法將評估產出的結果予以權重，以獲得一個複合性的效益評估。因此，成本效能分析適合應用於軍事投資此種複雜且產出難以貨幣量化的項目，以評估方案投資的可行性。

(二)平衡計分卡

面對快速變遷的社會環境，資訊科技的日新月異，傳統財務性的績效評估指標有諸多侷限和缺點，難以符合現今組織發展所需(李書行，1995；陳國嘉，2001；Fisher, 1992；Hoffeker and Goldenberg, 1994；Lee, 1985；Maisel, 1992)策略性績效評估的觀念因而被提出，除了重視績效衡量系統與策略結合外，同時包括財務與非財務、過程與結果之衡量。

「平衡計分卡」的起源可追溯自 1990 年，其理念係源自哈佛大學教授羅伯特·卡普蘭(Robert Kaplan)及「諾朗諾頓研究所」執行長大衛·諾頓(David Norton)在 1992 年「未來組織績效衡量方法」的研究計畫中所發展的一套新的衡量系統，內容包括「財務、顧客、企業內部流程及學習與成長」等四個構面。平衡計分卡兼具衡量系統、溝通工具及策略管理三種功能，主要整合有限資源於策略重點，聚焦在策略議題，將組織使命與策略具體行動化，創造組織競爭優勢，推向永續發展和成功的目標。「平衡」是主要核心概念，以不同角度來觀察(Kaplan and Norton, 1996；Niven, 2002)：

1. 短期與長期目標間之平衡。
2. 外部(如股東與顧客)與內部評估(如企業創新、學習與成長)的平衡。
3. 有形資產及無形資產的平衡。

4. 過去成果評估及未來績效動因間的平衡。

5. 客觀面(如成果衡量)與主觀面(如成果衡量的績效動因)之間的平衡。

袁正綱與李春鶯(2009)的研究指出柯林頓政府時代，美國國會通過「計畫決策管理」(Management Initiative Decision, MID) 901 號法案，規定以「平衡計分卡」概念，審查國防部執行「四年國防總檢」的風險分析與管理。各風險領域的策略目標、績效衡量方式、預期績效結果、實際執行績效評估等，則以國防組織自我評估問卷分項或整體評估。加拿大國防軍的國防策略規劃與策略執行績效評估，以策略地圖及相對應的平衡計分卡連接構成。負責加拿大國防軍國防策略規劃的「國防管理委員會」，以策略地圖方式，使決策者專注於策略目標，達成目標途徑。

陳澤義與陳啓斌(2009)研究指出平衡計分卡具有以下優點：

1. 強調於競爭者增加之環境下，應從顧客的觀點來考量。
2. 可使企業的願景及所有的組織與活動，皆放在企業經理人所專注的平臺焦點上，以利於企業的經營策略的達成。
3. 包括財務及非財務的績效評估，利於企業長期策略與顧客價值的企業活動上。
4. 將企業運作成果用做內部溝通、學習的工具，非僅做控制用途。

綜上所述，國軍建軍規劃需結合國防策略與目標並全般考量有限國防資源之財務與非財務面的衡量，而平衡計分卡的評估核心係結合組織願景與策略，並同時平衡考量財務與非財務面的績效指標，若進一步運用多準則決策分析的複合式績效評估工具，可提供決策者更精準的分析與判斷，有效協助解決國軍軍事投資成本效能的問題。

2.3 軍事投資建案評選準則建構

本研究為結合成本效能觀點，在成本面向則區分財務、時間、人力及風險等方向思考，而效能面向則運用平衡計分卡四大構面觀點發展，其相對應之概念轉換如下：

1. 財務面：企業對股東之成功，表現於良好的財務營運狀況，而軍事投資之成功係建構國家最大之可恃戰力，故將軍事投資之「財務面」轉化為「戰力面」，而非傳統的財務績效指標。
2. 顧客面：企業服務顧客，換言之，軍事投資建案的「顧客」即「國民面」。
3. 內部流程面：企業為了提高核心能力，要在內部流程的作業層面上追求卓越，因此在軍事投資上將「內部流程面」概括為「制度面」，主要考量該設備整體後勤效能之展現。
4. 學習與成長面：企業為達成願景並維持長遠的競爭優勢，應如何維持改變與改進的能力，對應到軍事投資將「學習與成長面」轉化為「科技面」，代表該投資未來將提升或建立不同創新之科技潛力與價值。

本研究發展評估軍事投資建案之各主要構面與指標均結合國軍軍事投資特性，透過文獻蒐集與腦力激盪，期能從多面向考量國軍軍事投資，適切性、符合性、有效性地評選軍事投資建案，初步將各構面及評選指標綜整如表 1。

表1 軍事投資建案評估初步構面與指標

構面	指標	思考面向／觀點
建案特質與效益	1.戰力提升性	戰力
	2.戰力保存性	
	3.聯戰能力提升性	
	4.戰備需求急迫性	
	5.救災需求性	國民
	6.產業效益提升性	
未來潛能與相融性	7.整體後勤支援性	制度
	8.籌獲流程簡易性	
	9.與現有戰力之整合性	
	10.國防政策符合性	
	11.國防自主性	科技
	12.科技先進性	
成本與風險管控	13.性能提升可能性	
	14.整體壽期成本	財務
	15.獲得期程	時間
	16.新興兵力的需求性	人力
	17.訓練與操作複雜性	
	18.籌獲風險	風險
	19.履約風險	

三、研究設計

本研究採用多準則決策方法進行分析，先由文獻探討與專家訪談，初步提出可能影響軍事投資之評選準則，再透過修正式德爾菲法凝聚專家共識，並利用專家意見的收斂結果篩選出軍事投資建案重要評選準則，以建構完整的構面與準則；因為評估準則之間可能存在的交互影響且程度可能非常複雜，故本研究成立專家小組，運用決策實驗室分析法(DEMATEL)確認各評估準則間之因果關聯性，並繪製網路關係圖；再導入網路層級分析法之施行步驟來計算各評估指標間影響權重；最後，由於實際情況及可能限制條件，採用 0-1 目標規劃法，在資源有限情況下選擇出最適當的軍事投資專案組合。

3.1 定義評選指標

經由第二章文獻探討，將軍事投資結合成本效能與平衡計分卡觀點歸納與整理為三大構面與十九項評選指標，彙整建立軍事投資建案之初步評估指標定義如表 2 所示，並作為修正式德爾菲法結構式問卷的基礎。

表2 初步軍事投資建案評估指標說明

構面	評選指標	指標定義及評估說明
建案特質與效益	1.戰力提升性	評估該軍投案對於建立／提升國軍戰力效能的貢獻度，例如可達成平時隱而不顯，戰時發揮作戰效益，達成以小搏大、以弱擊強作戰目的之程度。
	2.戰力保存性	評估該軍投案對於保存我國防重要基礎設施及武器系統的能力強度，例如該軍投案可強化機堡防護、誘標攻擊與偽裝欺敵等，提升我戰機升空作戰之機率。
	3.聯戰能力提升性	評估該軍投案投入或整建高效聯合戰力的能力，或評估該軍投案可提升與精進聯合作戰指揮機制之能力。
	4.戰備需求急迫性	評估該軍投案是否符合下述任一條件之程度： (1) 因應敵情變化研判威脅演變，或經重大演訓驗證，須立即改進與強化者。 (2) 強化聯合作戰 C4ISR/BM 相互通聯、鏈結、防護與強固所需者。 (3) 因應「特殊任務」需求，重要緊急武器、裝備設施（備）之整補籌獲。 (4) 因應戰備整備及兵整急需，獲得後可立即提升與維持戰力者。
	5.救災需求性	評估該軍投案籌建與精進「平時能救災、戰時能作戰」之專業災害防救能量程度。
	6.產業效益提升性	評估該軍投案後續可能帶來的產業經濟效益。例如可能獲得採購國家的相關技術移轉／工業合作額度，進而帶動國內商業興經濟的發展。
未來潛能與相融性	7.整體後勤支援性	評估該軍投案在整體後勤部分是否可獲得適時適質的支援，例如軍投案中所購置的裝備武器等可迅速且經濟有效地獲得服役所需之後勤品項與支援方案，以維持戰、訓任務妥善遂行。
	8.籌獲流程的簡易性	評估獲得該軍投案裝備所需執行相關作業程序層面之難易程度。
	9.與現有戰力之整合性	評估該軍投案獲得之裝備武器納入現階段國軍作戰序列後與現有裝備武器同時運作與整合之程度與能力。
	10.國防政策符合性	評估該軍投案符合當前(執政當局)國家國防政策指導及方向的程度，例如當前國防政策為「國艦國造」。
	11.國防自主性	評估該軍投案對於協助國內國防自製與自主研發的貢獻性。
	12.科技先進性	評估該軍投案之投資標的或內容中是否有相關長遠性、整合性之新興科技的應用與開發。
	13.性能提升可能性	評估該軍投案裝備未來為因應敵情威脅、改進缺失或延長壽期，而須提高原有性能所進行之修改作業之可能程度。

構面	評選指標	指標定義及評估說明
成本與風險管控	14.整體壽期成本	評估該軍投案全壽期之成本需求現值。
	15.獲得期程	評估該軍投案自建案起始至獲得裝備止，所需的可能期程(年)長短。
	16.新興兵力需求性	評估操作該軍投案所需人力/員額之程度，即評估成案後必須新增編裝員額的可能性及數量程度。
	17.訓練與操作複雜性	評估操作該軍投案裝備之人員為具備所需技術與知識，而必須實施的軟、硬體訓練之複雜程度。
	18.籌獲風險	即評估該軍投案的籌獲風險。可能的風險因素包括購案時效、可負擔成本、製造品質、零組件及運送系統、政治介入、他國牽制等。
	19.履約風險	評估該軍投案可能的履約及違約風險程度。

3.2 修正式德爾菲法

美國蘭德公司(Rand Corporation) 在 1950 年發展德爾菲法(Delphi Method)，可解決在資訊不足和不確定的情況下，無法透過量化資料來預測的問題。德爾菲法屬於結構性團體溝通過程，其特性是利用集思廣義的方式推測未來的現象。所以在團體溝通的過程當中，每位成員都可以受到同等的重視並且充分表達自己的意見，如此可以得到大家的共識以解決複雜的問題(Linstone and Turoff, 1975)。德爾菲法也被稱為專家判斷法，屬於群體決策的方法，可以引導或整理專家的意見。過程中讓專家針對特定的議題進行數回合的反覆回饋循環式回答，直至專家們提出的意見的差異性降到最低為止(Delbecq et al., 1975)。修正式德爾菲法主要將繁複的問卷流程予以簡化，其施作方法、統計方式與傳統方法大致相同。主要區分五項步驟(宋文娟，2001；許碧芳、許美菁，2006)：

- (一) 選定專家：聯繫與決策主題熟悉的專家當作參與者，先詳細敘述主題與操作過程，使參與者即時掌握研究的核心問題。而專家人數多寡，則根據研究問題大小與涉及面向而定，一般在 20 人以內。
- (二) 第一回問卷基礎：研究者透過文獻整理或專家訪談之方式進行問卷設計，蒐集專家群個別意見，作為第二回合問卷依據。
- (三) 進行第一回合問卷：將上一步驟之結果以二分法、等級法或是量表評分等方式來呈現主題，並請專家群表示意見。
- (四) 進行第二回合問卷：整理第一回合問卷並進行量化分析後，製作第二回合問卷。將第一回合問卷結果分發各專家比較彼此意見，並於第二回合問卷答覆或修正。
- (五) 綜合意見形成共識：綜合群體專家意見，達成一致性的共識。

本階段問卷設計上考量時間與效率因素，採問項式易作答問卷設計，內容則依據文獻初步歸納研擬十九個評估指標題項，並採用李克特的五點量表評分法做為反映專家意見之工具，設計編製成結構性的問卷，再經由修正式德爾菲法的專家之專業知識與經驗來認定篩選，直到專家群取得一致性共識後結束修正式德爾菲法之問卷。

軍事投資決策涉及國防需求與資源之全般考量，故本研究在探討國軍軍事投資案

評估指標的過程中，包含上述修正式德菲法的分析過程，以及後續將探討指標之間的關聯性與評估其權重的分析過程，專家之選取以國防部及三軍司令部與國防大學等具備計畫職類專長，曾實際從事軍事投資建軍規劃相關作業 5 年以上、具有相關實務經驗之部門主管或參謀共 16 位，專家基本資料如表 3 所示。

表3 受訪專家列表

單位	職稱	服務年資	軍事投資作業年資
1.戰規司	簡任編纂	36	15
2.戰規司	上校政策施政計畫官	21	5
3.戰規司	中校企劃管制官	15	7
4.戰規司	上校計畫官	18	6
5.戰規司	中校計畫官	17	5
6.戰規司	中校企劃管制官	15	10
7.海軍司令部	上校副組長	23	6
8.海軍司令部	中校副組長	18	5
9.空軍司令部	中校計畫官	16	6
10.陸軍司令部	中校計畫官	15	5
11.陸軍司令部	少校計畫官	14	5
12.國防大學	上校主任教官	27	10
13.國防大學	上校教官	18	6
14.國防大學	中校教官	17	5
15.飛指部	中校計畫官	15	5
16.飛指部	中校作訓官	12	6

3.3 決策實驗室分析法

決策實驗室分析法(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)特性為有效獲得評估屬性間之影響與關聯程度，以建構模型架構，其計算方式以矩陣運算為基礎，因此能有效簡化現實環境中的複雜程度，同時給予具因果關係的改善方向。當時此方法主要被運用於研究繁雜、艱深難解的問題，例如環保、能源、種族、飢餓等問題(Fontela and Gabus, 1976)，近年來亦被運用於環境分析、模式評估、決策分析及策略制定等用途(葉哲宏，2008；陳政全，2009；莊千儀，2010)，並可分為以下幾個執行步驟：

(一) 建立直接影響關係矩陣(Direct relation matrix)

主要由專家群透過 Likert 五尺度(0 表示無影響；1 表示低度影響；2 表示較低影響；3 表示較高影響；4 表示高度影響)將現實環境的經驗法則轉換為屬性於模型架構內之交互影響程度，建立非負值之 $n \times n$ 直接關係矩陣響矩陣 Y ， y_{ij} 表示第 i 項屬性影響第 j 項屬性之程度， p 值代表專家編號。

$$Y = y_{ij}^p \quad (1)$$

(二) 初始化直接影響關係矩陣(Initially direct-relation matrix)

整合 p 位專家的直接關係矩陣 Y ，獲得初始化直接影響關係矩陣 Z 。

$$Z_{ij} = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p y_{ij}^k \quad (2)$$

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{1j} & \cdots & Z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{i1} & \cdots & Z_{ij} & \cdots & Z_{jn} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{n1} & \cdots & Z_{nj} & \cdots & Z_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

(三) 建立正規化直接影響關係矩陣(Normalized Direct-Influence Matrix)

透過公式(4)與公式(5)，建立影響關係邊界，使數值介於0-1之間，以獲得正規化直接影響關係矩陣X。

$$m = \max \left(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij} \right) \quad (4)$$

$$X = \frac{Z}{m} \quad (5)$$

(四) 獲得總影響關係矩陣 (Total Influence- Relation Matrix)

經由公式(6)計算屬性總影響值，以獲得總影響關係矩陣T，另I為單位矩陣。

$$T = X(I - X)^{-1} \quad (6)$$

(五) 建立網絡關係圖 (Network Relationship Map, NRM)

將屬性於總影響關係矩陣T之列加總為影響程度總和 D_i ；行加總為被影響程度總和 R_i ， $D_i + R_i$ 稱為中心度(Prominence)，代表屬性關聯性程度； $D_i - R_i$ 稱為原因度(Relation)，代表為屬性間影響顯著程度(Tamura et al., 2002; Tzeng et al., 2007)。

$$D_i = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right)_{n \times 1} \quad (7)$$

$$R_i = \left(\sum_{i=1}^n t_{ij} \right)_{1 \times n} \quad (8)$$

3.4 DEMATEL-based ANP

Saaty(1996)為修正層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)的獨立性問題，建立具屬性相依與回饋關係之網路層級分析法(Analytic Network Process, ANP)，使所獲權重值更為貼近現實環境。然而，其假設為各屬性權重值為等量，雖便於計算，卻忽略現實社會之屬性重要程度不盡相同，因此，Yang, Shieh, Leu and Tzeng (2008)基於馬可夫鏈過程，透過ANP模式計算DEMATEL建立的總影響關係矩陣T之重要性程度，稱為影響權重。

本研究參考Yang et al.(2008)影響權重的概念，採用管孟忠、陳以明與邵秀文(2013)結合DEMATEL和ANP的混合式多評準決策方法之計算流程來求評估軍事投資建案各個指標的影響權重，簡稱為DANP，具體分為三個步驟：

(一) 建立未加權超級矩陣(the Unweighted Supermatrix)

將DEMATEL取得之準則總影響關係矩陣如公式(9)所示，以各構面下之準則總影響程度為分母來進行正規化，建立未加權矩陣。

$$T_c = \begin{matrix} & \begin{matrix} D_1 & D_2 & \cdots & D_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} D_1 \\ D_{21} \\ \vdots \\ D_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \begin{matrix} c_{11} \cdots c_{1m_1} \\ c_{11} \\ c_{12} \\ \vdots \\ c_{1m_1} \end{matrix} & \begin{matrix} c_{21} \cdots c_{2m_{21}} \\ c_{21} \\ c_{22} \\ \vdots \\ c_{2m_2} \end{matrix} & \cdots & \begin{matrix} c_{n1} \cdots c_{nm_n} \\ c_{n1} \\ c_{n2} \\ \vdots \\ c_{nm_n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} T_c^{11} & T_c^{12} & \cdots & T_c^{1n} \\ T_c^{21} & T_c^{22} & \cdots & T_c^{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_c^{n1} & T_c^{n2} & \cdots & T_c^{nn} \end{matrix} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (9)$$

將準則總重要程度影響關係矩陣 T_c 先正規化後得到 T_c^a ，如公式(10)所示。

$$T_c^a = \begin{matrix} & \begin{matrix} D_1 & D_2 & \cdots & D_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} D_1 \\ D_{21} \\ \vdots \\ D_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \begin{matrix} c_{11} \cdots c_{1m_1} \\ c_{11} \\ c_{12} \\ \vdots \\ c_{1m_1} \end{matrix} & \begin{matrix} c_{21} \cdots c_{2m_{21}} \\ c_{21} \\ c_{22} \\ \vdots \\ c_{2m_2} \end{matrix} & \cdots & \begin{matrix} c_{n1} \cdots c_{nm_n} \\ c_{n1} \\ c_{n2} \\ \vdots \\ c_{nm_n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} T_c^{a11} & T_c^{a12} & \cdots & T_c^{a1n} \\ T_c^{a21} & T_c^{a22} & \cdots & T_c^{a2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_c^{an1} & T_c^{an2} & \cdots & T_c^{ann} \end{matrix} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (10)$$

將正規化準則總重要程度影響關係矩陣，依集群間相依關係置入數值形成超級矩陣，即為未加權超級矩陣如公式(11)。

$$T_c^a = \begin{matrix} & \begin{matrix} D_1 & D_2 & \cdots & D_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} D_1 \\ D_{21} \\ \vdots \\ D_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \begin{matrix} c_{11} \cdots c_{1m_1} \\ c_{11} \\ c_{12} \\ \vdots \\ c_{1m_1} \end{matrix} & \begin{matrix} c_{21} \cdots c_{2m_{21}} \\ c_{21} \\ c_{22} \\ \vdots \\ c_{2m_2} \end{matrix} & \cdots & \begin{matrix} c_{n1} \cdots c_{nm_n} \\ c_{n1} \\ c_{n2} \\ \vdots \\ c_{nm_n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} W^{11} & W^{12} & \cdots & W^{1n} \\ W^{21} & W^{22} & \cdots & W^{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W^{n1} & W^{n2} & \cdots & W^{nn} \end{matrix} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (11)$$

(二) 建立加權超級矩陣(Weighted supermatrix)

構面總重要程度影響關係矩陣如公式(12)所示，以各列影響程度總和為分母進行正

規化，藉以取得加權超級矩陣。

$$T_D = \begin{bmatrix} t_D^{11} & \dots & t_D^{1j} & \dots & t_D^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{i1} & \dots & t_D^{ij} & \dots & t_D^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{n1} & \dots & t_D^{nj} & \dots & t_D^{nn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

將構面總重要程度影響關係矩陣 T_D 正規化後得到 T_D^a ，結果如公式(13)所示。

$$T_D^a = \begin{bmatrix} t_D^{11}/d_1 & \dots & t_D^{1j}/d_1 & \dots & t_D^{1n}/d_1 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{i1}/d_i & \dots & t_D^{ij}/d_i & \dots & t_D^{in}/d_i \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{n1}/d_n & \dots & t_D^{nj}/d_n & \dots & t_D^{nn}/d_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_D^{a11} & \dots & t_D^{a1j} & \dots & t_D^{a1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{ai1} & \dots & t_D^{aij} & \dots & t_D^{ain} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{an1} & \dots & t_D^{anj} & \dots & t_D^{ann} \end{bmatrix} \quad (13)$$

將完成正規化之 T_D^a 與未加權超級矩陣相乘，以取得加權超級矩陣，結果如公式(14)。

$$W_w = \begin{bmatrix} t_D^{a11} \times W^{11} & t_D^{a21} \times W^{12} & \dots & \dots & t_D^{an1} \times W^{1n} \\ t_D^{a12} \times W^{21} & t_D^{a22} \times W^{22} & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \dots & t_D^{aji} \times W^{n2} & \dots & t_D^{ani} \times W^{in} \\ \vdots & \dots & \vdots & & \vdots \\ t_D^{a1n} \times W^{n1} & t_D^{a2n} \times W^{n2} & \dots & \dots & t_D^{ann} \times W^{nn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

(三) 計算極限化超級矩陣(Limit supermatrix)

經重複自乘運算後，獲取一穩定不變之極值即為極限化超級矩陣，如公式(15)，為各準則影響權重。

$$\lim_{\beta \rightarrow \infty} W_w^\beta \quad (15)$$

3.5 0-1 目標規劃

Liao(2009)的研究指出 0-1 目標規劃(Zero-One Goal Programming, ZOGP)的方法可以很容易地適用於決策管理問題議題上，它可以在多項可行專案的選擇中提供幫助，面對執行任務中可能的挑戰，預算限制、時間限制、人力資源和設備的數量有限，ZOGP 的架構可作為模型選擇出合適專案。在未來也可以應用於在其他領域的選擇專案情況，如供應商地點的設置、市場營銷的投資策略選擇，幫助管理者做出適當的決定。過去亦有許多研究採用 ZOGP 模式進行決策分析：行銷專案選擇(Liao, 2009)、資訊系統專案選擇(Lee and Kim, 2000；Santhanam et al., 1989)、多項利益取舍的工業專案選擇(Agha, 2011)、財務資金的運用(Choi, 2016)。

Caballero et al.(2009)目標規劃是處理多目標決策問題的模型，同時考慮到許多目標，並透過決策層找出一組可行的解決方案作為最佳解決方案。0-1 目標規劃法考量到有限資源及其他限制條件，已經應用在多準則決策上的問題。目標規劃首先由 Charnes

與 Cooper 在 1955 年時提出，目標規劃模式不是指達到完美的目標，而是企圖讓實踐的成果與期望的目標有最小的差距，因此這些目標應依照重要性的層級作優先順序排列，然後藉由目標規劃的不同變數計算出目標是達標或未達標。

從 DANP 所獲得的權重運用到 ZOGP 的模式，其結果根據哪些資源將被分配到不同方案提出一個公式(Tsai et al., 2010)：

目標函數：

$$\text{Minimize } Z = P_k (W_j d_i^+, W_j d_i^-)$$

限制式：

$$\begin{aligned} a_{ij}x_j + d_i^+ + d_i^- &= F \text{ for } i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \\ x_j + d_i^+ &= 1 \text{ for } i=m+1,m+2,\dots,m+n \quad j=1,2,\dots,n \\ d_i^+ &\geq 0, d_i^- \geq 0, \text{ for } \forall i \\ x_j &= 0 \text{ or } 1, \text{ for } \forall j \end{aligned}$$

這裡 Z 是指加總與 m 目標差距的總和； n 為該組最優選擇策略； P_k 代表最初目標的優先排列； d_i^+ 和 d_i^- 是選擇標準的正或負差距變量； w_j 是第 j 個策略的權重； a_{ij} 是選擇資源 i 的策略參數 j ； F 表示為選擇決策的可用資源； x_j 代表二元變數。

本研究經由 DANP 法得知軍事投資建案評估指標之權重後，先請專家針對決策方案依每一指標進行評分，將每個決策方案得到的分數加總後可對決策方案進行排序，然考量在資源有限情況下，應用 0-1 目標規劃模式，可藉其獲得並達成目標需求之最佳解，得知如何分配資源於各重要的決策方案上，以作為國防資源控制的標準。

3.6 軍事投資建案決策評選

本研究以防空飛彈指揮部為調查對象，針對較易接觸的主要武器系統軍事投資建案進行案例模擬分析，架構如圖 2，而階段軍事投資決策案例評選的專家選取應熟悉單位特性，了解建軍目標，故以年資 12 年以上、曾擔任主官 2 年以上、曾歷練指揮部幕僚職 5 年以上、具有相關實務經驗的各領域(包含情報、作戰、後勤、通資電與計畫)部門主管或參謀共五位如表 4 所示；另各軍事投資案例介紹如表 5。然囿於國防機密等級限制，本研究所列案例皆為模擬值，惟相關數據參考實際軍事投資案並經過資料轉換，以使設定的數據更具合理性。

表4 飛指部軍事投資決策案例評分專家列表

	單位	職稱	飛指部年資	主官年資	指揮部幕僚年資
1	情報科	情報官	13	2	8
2	作戰科	作訓官	16	5	5
3	後保科	後勤官	17	2	6
4	通資科	通信官	18	2	7
5	計畫科	計畫官	15	4	6

目標

構面

準則

軍事投資方案

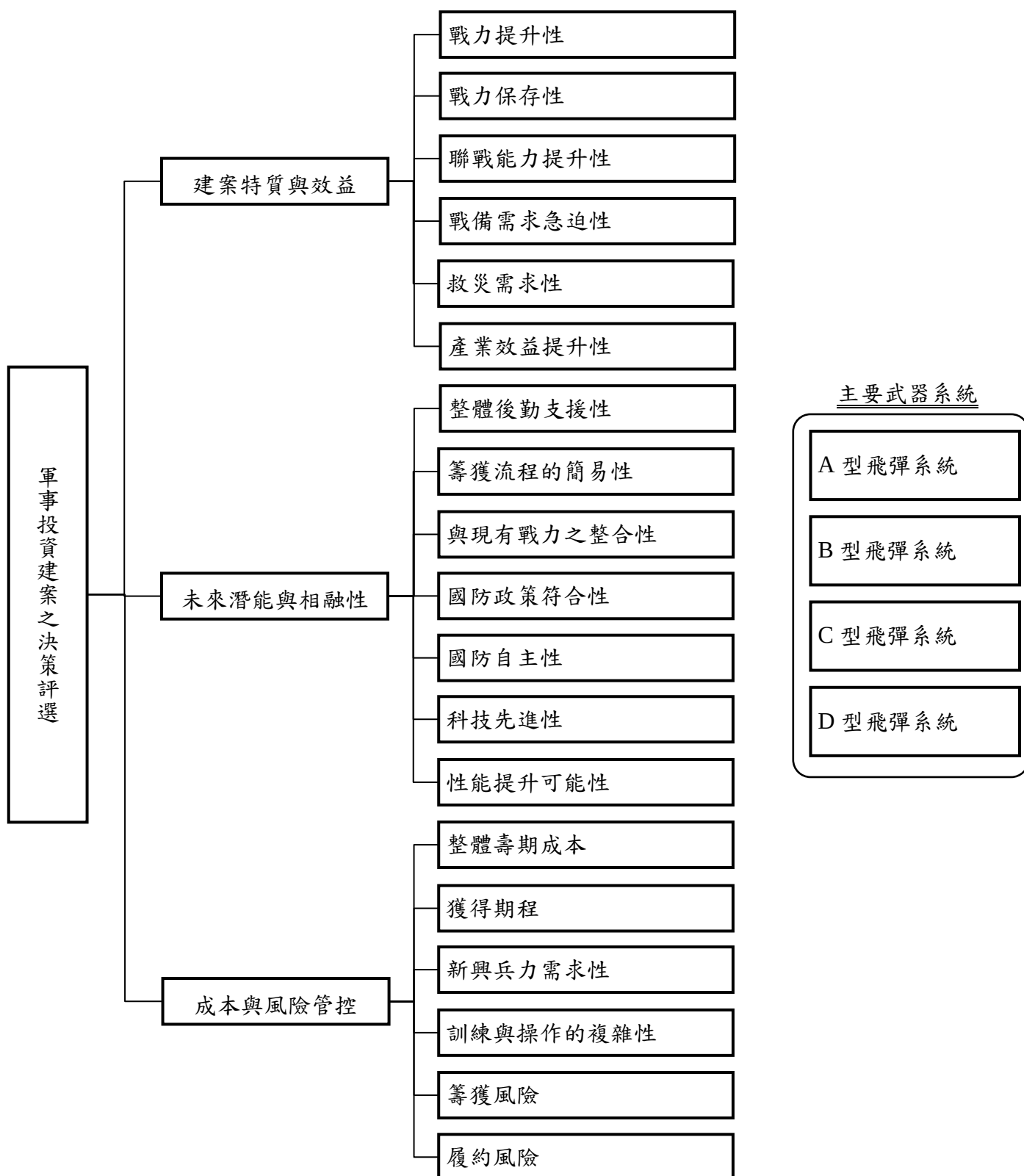


圖2 研究架構圖

表5 主要武器裝備案例介紹

	計畫內容	預期成果
A 型 飛 彈 系 統	1.參考自美國戰斧飛彈研發，為採貼地表、低空，隨地貌、地形起伏飛行之次音速巡弋飛彈。 2.執行期程：8年。 3.預算總額：279億元。 4.年度編列：27 億 8,000 萬元。 5.獲得方式：國內委製(中科院)。	可造成中國東南沿海重要城市及軍事目標威脅，主要包含廣州、福建、香港、澳門、南京與上海等地，強化我國嚇阻中國威脅戰力，建立多重嚇阻與防衛能量。
B 型 飛 彈 系 統	1.升級現有 B 型飛彈二型系統，另新購三型系統，以保護中樞地區重要政、經與軍事設施，強化聯合防空作戰能力，以達「預防戰爭」之目的，確保國土防衛安全。 2.執行期程：12年。 3.預算總額：1433億3,000萬元。 4.年度編列：140億元。 5.獲得方式：軍購。	1.新購 B 型飛彈三型系統效益： (1)新增及擴建目前反飛彈防禦區域。 (2)強化射擊單位接戰火力及能力。 (3)提高對彈道飛彈與裝載生化彈頭導彈的攔截空域與距離限制，提升對空導彈防禦能力。 (4)強化攔截對低空域且高速飛行的目標，特別是 1,300 公里級之戰術導彈。 (5)雷達辨識系統需能有效辨識戰術導彈飛彈的型號、誘彈或爆破碎片。 2. B 型飛彈二型性能提升效益： (1)為增加導彈防禦區域 需擴大雷達與發射架之偵蒐及遙控範圍。 (2)雷達辨識系統需能有效辨識戰術導彈飛彈的型號、誘彈或爆破碎片。 (3)置重點於高速且低空飛行之彈道飛彈。 (4)須具備更換部分壽限組件即能提高裝備妥善率與可靠度之效用。
C 型 飛 彈 系 統	1.依國軍 JOCC 及 JAOC 指揮管制，遂行聯合國土防衛作戰、防空及飛彈防禦，升級現有 C 型飛彈二型系統，並採購三型系統，確保我國空域安全。 2.執行期程：8年。 3.預算總額：598億8,000萬元。 4.年度編列：75億7,000萬元。 5.獲得方式：國內委製(中科院)。	1.C型飛彈二型性能提升與新購三型效益： (1)提升本島重要防護目標之長程防空火力。 (2)強化反制戰術彈道飛彈之能力。 (3)提升戰場障地有效存活率。 (4)透過指管系統整合，提高空防作戰能力。 (5)同步更換裝備壽限件，提升裝備妥善率與可靠度之效用。 2.完成飛彈武器系統障地工程基本設計規劃、裝備產製及備料等作業。

	計畫內容	預期成果
D 型 飛 彈 系 統	1.中程陸攻衝壓飛彈，為高空高速巡弋飛彈，採固定式陣地與其他飛彈混合搭配運用，以具備戰略性嚇阻武力。 2.執行期程：8年。 3.預算總額：200億6,000萬元。 4.年度編列：24億6,000萬元。 5.獲得方式：國內委製(中科院)。	有效威脅中國北京等主要戰略性軍事目標，為我國因應中共軍事威脅之最佳反制武器。

四、案例分析

4.1 修正式德菲法分析

本研究利用文獻回顧的方法，歸納出十九項準則定義，以 Likert 五尺度量表評量其重要性(1 表示非常不重要、5 表示非常重要)，並製作結構性問卷，再依專家意見逐步修正各構面及準則之定義與分類。本研究以平均數驗證指標之重要性，重要性以平均數 3.5 為分界，平均數大於或等於 3.5 視該指標為重要予以保留，反之則視為該準則不重要予以刪除，並以該指標之四分位差(Quartile Deviation)觀察專家意見一致程度，所謂「一致性」，主要藉由四分位差法來觀察專家群對各題項之意見分佈，判斷準則採用 Fahety(1979)以及 Holden and Wedman(1993)看法，即專家在一致性檢定上，若中度一致或高度一致的題項達到 85%以上，即完成本次問卷，如表 6 所示。

表6 四分位一致性程度

一致程度	高度一致	中度一致	低度一致
四分差(Q)	$Q \leq 0.60$	$0.6 < Q \leq 1.00$	$Q > 1$

資料來源：Fahety (1979); Holden and Wedman (1993)

本研究透過修正式德菲法分析各項指標之專家意見均達高度一致(四分位差小於 0.6)，並依據重要性程度刪除四項指標(平均數未達 3.5)，歸納出十五個重要的軍事投資建案評選指標，結果如表 7 所示，本研究據此撰擬 DANP 問卷，以進行後續研究。

表7 修正式德菲分析結果

指標	平均數	重要性	四分位差	結果
1.戰力提升性	4.38	重要	0.5	保留
2.戰力保存性	3.88	重要	0.125	保留
3.聯戰能力提升性	4.56	重要	0.5	保留
4.戰備需求急迫性	4.19	重要	0.5	保留
5.救災需求性	3.31	不重要	0.5	刪除
6.產業效益提升性	3.63	重要	0	保留
7.整體後勤支援性	4.38	重要	0.5	保留
8.籌獲流程簡易性	3.31	不重要	0.5	刪除
9.與現有戰力之整合性	4.38	重要	0.5	保留

指標	平均數	重要性	四分位差	結果
10.國防政策符合性	4.69	重要	0.5	保留
11.國防自主性	4.3	重要	0.5	保留
12.科技先進性	4.25	重要	0.5	保留
13.性能提升可能性	3.38	不重要	0.5	刪除
14.整體壽期成本	4.19	重要	0.5	保留
15.獲得期程	3.88	重要	0	保留
16.兵力的需求性	4.19	重要	0	保留
17.訓練與操作的複雜性	3.31	不重要	0.5	刪除
18.籌獲的可能性	4.13	重要	0.125	保留
19.履約成本	3.94	重要	0	保留

4.2 DEMATEL 分析

實務上構面及指標間應存在某種程度的相依性，因此本研究假設構面及準則間存在相依性，並以 DEMATEL 探討指標間影響關係及關聯性，針對專家填答問卷進行分析，可得中心度($D_i + R_i$) 與影響度 ($D_i - R_i$)，中心度 ($D_i + R_i$) 表示指標之間的關係強度，若值越大表示該指標影響或被影響程度越大，而影響度 ($D_i - R_i$) 代表指標間的因果程度，若值為正值且越大，表示該指標於研究問題中，較偏向原因類別，反之，若為負值，則表示較偏向結果類別。

各構面與指標中心度($D_i + R_i$) 與影響度($D_i - R_i$) 以座標形式繪製因果關聯圖，橫軸為 $D_i + R_i$ 值，縱軸為 $D_i - R_i$ 值，簡化繁雜的因果關係為淺顯易懂之結構圖，深入理解問題並提供解決方向，管理階層可根據因素特性所在的象限做應優先改善或解決之決策判斷，而根據專家看法之影響分析，經由相同構面下準則對準則之相互比較後，將各個結果利用箭頭符號方向表示，繪製之軍事投資建案決策評估各構面與其指標因果關係圖如圖 3、4、5、6。

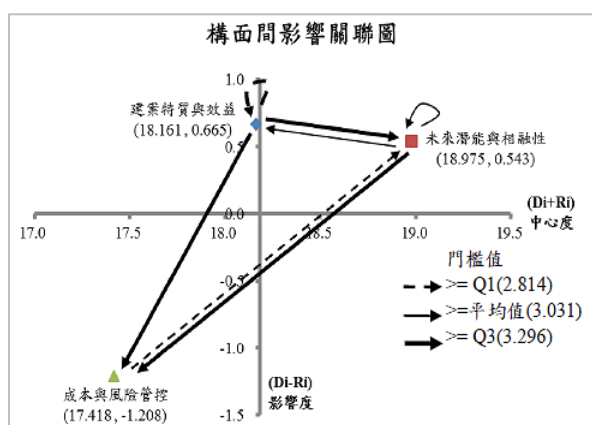


圖 3 軍事投資決策系統各構面影響關聯圖

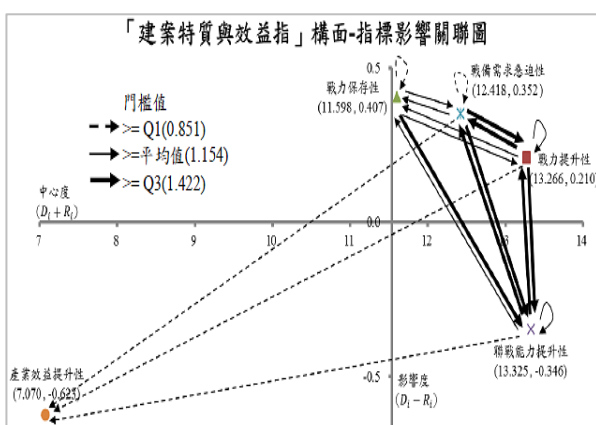


圖 4 建案特質與效益構面下指標影響關聯圖

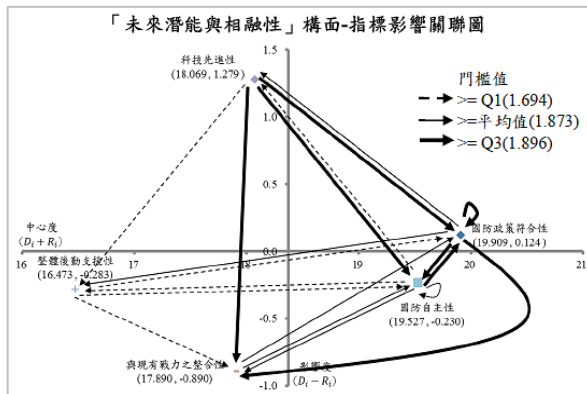


圖 5 未來潛能與相融性構面指標影響關聯圖

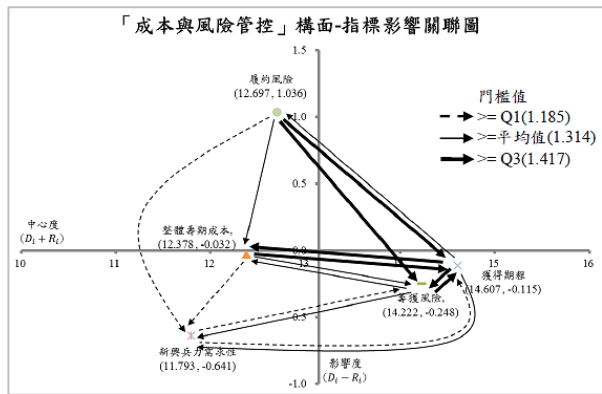


圖 6 成本與風險管控構面下指標影響關聯圖

4.3 DANP 分析

DANP 分析可獲得各指標權重如表 8，結合軍事投資決策案例的專家評分問卷可獲得各軍事投資案之優先順序如表 9；計算結果顯示，專家認為「成本與風險管控」構面重要性程度最高，尤在國防自主政策前提下，臺灣自製裝備的完成時效、可負擔成本、製造品質、零組件及運送系統等籌獲相關特性的考慮程度，甚至外購時是否可摒除政治因素介入與不受制於他國牽制等風險，也都是專家重視的一環；最後，透過加權法得出 C 型飛彈系統為備選方案排序第一順位。

表 8 DANP 指標權重排序

決策指標	Local Weight	Global Weight	排序
建案特質與效益	0.3214		3
1.戰力提升的能力	0.2210	0.07103	5
2.戰力保存的能力	0.1896	0.06093	13
3.聯合作戰的能力	0.2231	0.07172	4
4.戰力需求的急迫性	0.2033	0.06535	10
5.產業效益的提升性	0.1630	0.05238	15
未來潛能與相融性	0.3386		2
6.與現有戰力之整合能力	0.2047	0.06930	6
7.整體後勤的支援性	0.1892	0.06405	11
8.國防政策符合性	0.2207	0.07472	2
9.國防自主性	0.1978	0.06695	9
10.科技先進性	0.1876	0.06352	12
成本與風險管控	0.3400		1
11.整體壽期成本	0.2022	0.06874	8
12.獲得期程	0.2125	0.07226	3
13.新興兵力的需求性	0.2023	0.06877	7
14.籌獲風險	0.2223	0.07559	1
15.履約風險	0.1607	0.05464	14

然而，在現實環境中，軍事投資的需求及須投入的資源相當多元，當資源之目標限制不同時，將可能產生迥異的決策結果，故本研究接續模擬如何在有限資源與目標衝突的限制下，進行最佳之資源分配，尋求最適之軍事投資組合。

表9 DANP各軍事投資決策案例排序

	案名	得分	排名
主要武器裝備	A型飛彈系統	22.80801	2
	B型飛彈系統	21.50855	3
	C型飛彈系統	26.20998	1
	D型飛彈系統	18.52914	4

4.4 ZOGP 分析

本研究是以多準則決策結合 0-1 目標規劃法所建立之決策模式，模擬情境假設需求軍種防空飛彈指揮部為建構堅實的聯合防空與飛彈防禦能力，確保台、澎、金、馬地區之安全，計畫針對數項飛彈武器系統裝備進行軍事投資建案籌獲作業，某年度國防預算為 180 億元進行兵力整建作業，現已依規定完成四項飛彈武器系統裝備建案作業，四項飛彈武器建案資源限制整理如表 10；另因受限於國防機密等級限制，本研究模式所需數據皆屬假定資料。

在 0-1 目標規劃法的分析中，資源限制要素主要考量最直接的關鍵要素即是軍事投資預算，另外，融入全壽期成本與飛彈防禦概念，將後續維持成本與飛彈防禦面積納入考量，因此，本研究模擬目標限制如下，ZOGP 模型如表 11 所示：

- (一) 初期投資成本目標為 180 億元。
- (二) 後續維持成本目標為 2 億元。
- (三) 飛彈防禦面積目標為 3.6 萬 km²。

表10 軍事投資建案資源限制要素

軍事投資案					
資源限制要素	飛彈A	飛彈B	飛彈C	飛彈D	目標
初期投資成本	27.8 億元	140 億元	75.7 億元	24.6 億元	180 億元
年度維持成本	0.25 億元	1.6 億元	0.4 億元	0.2 億元	2 億元
飛彈防禦面積	0.6 萬 km ²	2.2 萬 km ²	0.8 萬 km ²	0.5 萬 km ²	3.6 萬 km ²

透過 ZOGP 方法在資源限制條件下，選出最適軍事投資組合為 A 型飛彈系統、C 型飛彈系統與 D 型飛彈系統，與 DANP 分析比較發現排序四之 D 型飛彈可獲得執行，而排序三之 B 型飛彈卻無法納入執行，如表 12 所示，由此可見資源限制要素之目標限制將影響軍事投資之決策結果，本研究案例所列之資源限制為模擬值，實務上軍事投資的需求及可投入的資源相當多元，目標與資源限制要素皆可視實際執行需求予以調整或修正，期望國軍能透過此模式將有限資源發揮最大效益。

表11 ZOGP的模型公式

Minimize V= $P_1 (d_1^+ + d_2^+ + d_3^-)$ $P_2 (0.256d_4^- + 0.242d_5^- + 0.294d_6^- + 0.208d_7^-)$	目標說明 滿足 3 項資源限制要素 選擇優先權高之方案
Subject to $27.8x_1 + 140x_2 + 75.7x_3 + 24.6x_4 - d_1^+ + d_1^- = 180$ $0.25x_1 + 1.6x_2 + 0.4x_3 + 0.2x_4 - d_2^+ + d_2^- = 2$ $0.6x_1 + 2.2x_2 + 0.8x_3 + 0.5x_4 - d_3^+ + d_3^- = 3.6$ $x_1 + d_4^- = 1$ $x_2 + d_5^- = 1$ $x_3 + d_6^- = 1$ $x_4 + d_7^- = 1$	初期投資成本目標為 180 億元 後續維持成本目標為 2 億元 飛彈防禦面積目標為 3.6 km ² 選擇飛彈A 軍事投資建案 選擇飛彈B 軍事投資建案 選擇飛彈C 軍事投資建案 選擇飛彈D 軍事投資建案
計算結果 $x_1 = 1, x_2 = 0, x_3 = 1, x_4 = 1$ (1 代表執行，0 代表無法執行) $d_1^+ = 0, d_1^- = 51.9, d_2^+ = 0, d_2^- = 1.09, d_3^+ = 0, d_3^- = 1.7, d_4^+ = 0, d_4^- = 0$	

表12 DANP與ZOGP結果比較表

	DANP 排序	ZOGP
A型飛彈系統	2	執行
B型飛彈系統	3	無法執行
C型飛彈系統	1	執行
D型飛彈系統	4	執行

五、結論與建議

5.1 結論

軍事建案的持續投資為影響新式武器裝備籌購與維持國防武力之一環。然而，鑑於國防資源逐年緊縮及軍種基於本位主義保護自我資源，現今國軍確實需建構一套多元、整合性的軍事投資評估的決策模式，因此，本研究透過修正式德爾菲法將文獻整理之軍事投資建案評估指標進行篩選，建立評選軍事投資建案之評估指標，另外，以DANP 方法評估構面與指標的相互關聯度、因果關係並量化出權重，可求出軍事投資建案優先排序，最後，運用 0-1 目標規劃法考慮到在有限的預算、時間等資源限制下如何分配資源，可得最佳軍事投資組合，建構軍事投資決策模式，結果可作為軍事投資決策之重要參考依據。

(一) 國軍軍事投資建案評估指標透過 DEMATEL 分析可發現，戰力需求急迫性、產業效益的提升性、國防自主性、科技的先進性、與現有戰力之整合能力、整體後勤支援性、國防政策符合性、獲得期程與履約風險成本為影響其他指標的因素群，而戰力提升性、戰力保存性、聯合作戰的能力、整體壽期成本、籌獲風險與新興兵力需求性則為受其他指標影響程度較大的結果群，此結果隱含著因素群中的指標是軍事投資較需要注意的事項，因為它會相對容易影響整個決策模式中其他部

分的表現，未來在推動軍事投資相關政策時，針對其訂定相關標準與規範，對軍事投資效益會產生較大的影響力，這部分是國軍可以加強及持續努力的方向。

- (二) 國軍軍事投資建案評估指標經由 DANP 方法分析關聯性與影響性可得各指標之權重：現有戰力提升性(0.07103)、戰力保存性(0.06093)、聯合作戰的能力(0.07172)、戰力需求急迫性(0.06535)、產業效益的提升性(0.05238)、國防自主性(0.06695)、科技的先進性(0.06352)、與現有戰力之整合能力(0.06930)、整體後勤支援性(0.06405)、國防政策符合性(0.07472)、整體壽期成本(0.06874)、籌獲風險(0.07559)、獲得期程(0.07226)、新興兵力需求性(0.06877)與履約風險成本(0.05464)，因此，國軍可依循此評估指標之權重，作為爾後作業模式參考，或修正現行評選時所考量之因素。
- (三) 考量資源限制的情況下，單純依據 DANP 方法的分析獲得方案排列之優先次序，與透過 ZOGP 方法選出的最適軍事投資組合得結果不盡相同，顯示當資源之目標限制不同時，所產生的結果可能也不盡相同，在現實環境中，軍事投資的需求及可投入的資源相當多元，本研究主要貢獻是建構國軍軍事投資建案決策模式，資源的限制要素皆可視實際執行需求予以調整或修正，期望國軍能透過此模式以將有限資源發揮最大效益，進而展現可恃之國防戰力。

5.2 建議

- (一) 本研究僅針對主要武器系統(飛彈進行 ZOGP)案例分析，所探討之資源限制條件與數據均為模擬值，未來若應用於實務上，可探討不同類型之軍事投資建案，並使用實務上的資源限制與數據，更能反映政策的執行及作為參考依據，擴大應用範圍。
- (二) 決策模式建構上，除本研究應用 DANP 權重結合加權法進行排序外，在方案評選階段建議後續研究可朝向新增逼近理想解排序法(TOPSIS)、妥協解排序法(VIKOR)、選擇轉換本質法(ELECTRE)及偏好排序結構評估法(PROMETHEE)等方案排序法進行比較分析，以維決策客觀性；另亦可探討決策在現實環境中的不確定性現象，藉由模糊運算導入上述排序方法，獲取相對合適之決策。

參考文獻

中文部分

- 李書行，1995。過程結果並重，個人與群體兼顧-務實創新的策略性績效評估，會計研究月刊，113，15-23。
- 沈熾林，1990。公共投資與成本效益分析，五南圖書出版公司，臺北。
- 吳勝富，葉金成，王國進，2018。國家安全威脅與重大天然災害對政府預算的衝擊，國防管理學報，39(1)，19-38。
- 莊千儀，2010。以 DEMATEL 與 ANP 探討半導體通路商最佳企業成長策略之決策分析，中華大學經營管理研究所未出版碩士論文，新竹。
- 張四明，2001。成本效益分析在政府決策上的應用與限制，行政暨政策學報，3，45-80。
- 周德群，2007。系統工程概論，北京：科學出版社，103-116。
- 陳國嘉，2001。績效管理：全面提升利潤的評估制度，臺北：書泉出版社。
- 陳政全，2009。以 DEMATEL 方法探討建廠專案工程的關鍵成功因素，中華大學科技管理研究所碩士論文，新竹。
- 宋文娟，2001。一種質量並重的研究法—德菲法在醫務管理學研究領域之應用，醫務管理期刊，2(2)，11-19。
- 許碧芳，許美菁，2006。應用德菲法與層級分析法建構基層醫療機構醫療資訊系統外包商評選模式，醫務管理期刊，7(1)，頁 40-56。
- 袁正綱，李春鶯，2009。我國防科技政策執行績效平衡計分卡評估模型構建之研究，評價學報，2，27-35。
- 陳澤義，陳啓斌，2009。企業診斷與績效評估—平衡計分卡之運用，臺北市：華泰文化事業股份有限公司。
- 國防部，2013。中華民國 102 年四年期國防總檢討，臺北市：國防部。
- 國防部，2014。國軍軍事投資計畫建案作業規定，臺北市：國防部。
- 國防部，2015。中華民國一〇四年國防報告書，臺北市：國防部。
- 傅澤偉，陳奕廷，林曼莉，2018。中國金融市場對其經濟及國防支出之影響，國防管理學報，39(1)，65-80。
- 葉康洋，2008。應用多目標規劃方法建構軍事投資建案決策模式研究(未出版之碩士論文)，中央大學工業管理學系在職專班碩士論文，臺北市。
- 葉哲宏，2008。結合設計結構矩陣法與決策實驗室法於新產品開發-模糊理論之應用，虎尾科技大學工業工程與管理研究所學位論文，1-81，雲林縣。
- 管培智，2002。多目標規劃教學設備投資決策分析—以空軍航空技術學院為例，義守大學工業工程與管理學系碩士論文，高雄市。
- 管孟忠、陳以明、邵秀文，2013。應用混合式多評準決策方法建構技術創新專案管理能力評價模式，管理資訊計算，2(1)，199-220。
- 韓慧林，危永中，任善隆，2011。海軍乾塢與船臺軍事工程評選：量化平衡計分卡之

英文部分

- Agha, S. R., 2011. A Multi-Stakeholder Industrial Projects Selection: An Analytic Hierarchy Process and Zero-One-Goal Programming Approach, In Proceedings of the 41st International Conference on Computers and Industrial Engineering, Las Angeles, CA.
- Anthony, S., 2006. Cost and effectiveness of policy instruments for reducing diffuse agricultural pollution, Final report to Defra, project code WQ0106 and ES02025.
- Balana, B. B., Vinten, A., and Slee, B., 2011. A review on cost-effectiveness analysis of agri-environmental measures related the EU WFD : Key issues, methods, and applications, *Ecological Economics*, 70, 1021-1031.
- Bartolini, F., Bazzani, G. M., Gallerani, V., Raggi, M., and Viaggi, D., 2007. The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models, *Agricultural systems*, 93(1-3), 90-114.
- Caballero, R., Gómez, T., and Ruiz, F., 2009. Goal programming: realistic targets for the near future, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 16(3-4), 79-110.
- Choi, D., 2016. A zero-one goal programming model to use financial resources, *International Journal of Advanced Logistics*, 5(1), 44-56.
- Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H. and Gustafson, D. H., 1975. *Group Techniques for Program Planning: A Guide to Nominal Group and Delphi Processes*, Chicago: Scott, Foresman and Company.
- Faherty, V., 1979. Continuing social work education: Results of a Delphi survey, *Journal of Education for Social Work*, 15(1), 12-19.
- Fisher, 1992. Use of nonfinancial performance measures, *Journal of Cost Management*, 6(1), 31-38.
- Fontela, E. and Gabus, A., 1976. *The DEMATEL observe*, Battelle Institute, Geneva Research Center.
- Gonzalo, F., and Torres, J. L., 2016. National security, military spending and the business cycle, *Defence and Peace Economics*, 27(4), 549-570.
- Holden, M. C., and Wedman, J. F., 1993. Future issues of computer-mediated communication: The results of a Delphi study, *Educational technology research and development*, 41(4), 5-24.
- Hoffeker J. and C. Goldenberg, 1994. Using the Balanced Scorecard to Develop Companywide Performance Measure, *Cost Management*, 8(3), 5-17.
- Kaplan, R. S., and Norton, D. P., 1996. *The Balanced Scorecard: Translating Strategic into Action*. Boston: Harvard Business Press.
- Linstone, H. A. and Turoff, M., 1975. *The Delphi method: Techniques and applications*,

London: Addison-Wesley Publishing Co.

- Lee, C., 1985. Increasing performance appraisal effectiveness: Matching task types, appraisal process, and rater training, *Academy of management review*, 10(2), 322-331.
- Lee, J. W., and Kim, S. H., 2000. Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection, *Computers and Operations Research*, 27(4), 367-382.
- Maisel L. S., 1992. Performance measurement: the balanced scorecard approach, *Journal of Cost Management Accounting*, 6(2), 47-52.
- Niven, P. R., 2002. *Balanced scorecard step-by-step: Maximizing performance and maintaining results*, John Wiley & Sons.
- Postle, M., Fenn, T., Footitt, A., and Salado, R., 2004. CEA and developing a methodology for assessing disproportionate costs, Final Report for Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), Welsh Assembly Government (WAG), Scottish Executive (SE) and Department of the Environment in Northern Ireland (DOENI), London: Risk & Policy Analysts Limited (RPA).
- Santhanam, R., Muralidhar, K., and Schniederjans, M., 1989. A zero-one goal programming approach for information system project selection, *Omega*, 17(6), 583-593.
- Satty, T. L., 1980. The analytic hierarchy process, *analytic hierarchy process*.
- Tamura, H., Kamegai, J., Shimizu, T., Ishii, S., Sugihara, H., and Oikawa, S., 2002. Ghrelin stimulates GH but not food intake in arcuate nucleus ablated rats, *Endocrinology*, 143(9), 3268-3275.
- Tsai, W. H., Hsu, J. L., Chen, C. H., Lin, W. R., and Chen, S. P., 2010. An integrated approach for selecting corporate social responsibility programs and costs evaluation in the international tourist hotel, *International Journal of Hospitality Management*, 29(3), 385-396.
- Tzeng, G. H., Chiang, C. H. and Li, C. W., 2007. Evaluating Intertwined Effects in E-learning Programs: A Novel Hybrid MCDM Model Based on Factor Analysis and DEMATEL, *Expert Systems with Applications*, 32(4), 1028-1044.
- Uttley, M., Wilkinson, B., and Van Rij, A, 2019. A power for the future? Global Britain and the future character of conflict, *International Affairs*, 95(4), 801-816.
- Yang, Y. P. O., Shieh, H. M., Leu, J. D., and Tzeng, G. H., 2008. A novel hybrid MCDM model combined with DEMATEL and ANP with applications, *International journal of operations research*, 5(3), 160-168.
- Yates, B. T., 2009. Cost-inclusive evaluation : A banquet of approaches for including costs, benefits, and cost-effectiveness and cost-benefit analyses in your next evaluation, *Evaluation and Program Planning*, 32, 52-54.