

國防預算在總額度受限下最適額度配置之研究

楊駕人¹ 唐文漢² 陳華鼎³

¹ 國防部後備指揮部

² 陸軍軍官學校

³ 國防大學陸軍指揮參謀學院

摘 要

由於國防資源分配以滿足建軍備戰及兵力整建為目標，但是受限於我國中央政府總預算規模之下，資源之有效配置與運用為一重要議題，有關資源配置最適化模式之研究，本研究係在資源總額度受限條件為考量之基礎，嘗試以二階層規劃之決策模式，建構資源配置最適化模型並作實證分析及最佳解檢驗分析。在國防預算額度受限的情境下，如何構建資源配置運用的最適化模式，使能滿足國軍兵力整建與備戰要求，提升整體國防戰力，是值得關注並深入研究之議題。最後，再根據研究結果提出結論與建議，作為國防部爾後之資源分配決策參考。

關鍵詞：中央政府總預算、國防預算、二階層規劃。

A Study on the Allocation of Defense Budget under the Central Government's Budget Constraint

Jia-Ren Yang¹ Wen-Han Tang² Hua T. Chen³

¹ Reserve Command of Ministry of National Defense, R.O.C.

² R.O.C Military Academy

³ Army Command and Staff College, National Defense University, R.O.C.

Abstract

The allocation of defense budget is designed to satisfy the requirements for military buildup and combat readiness. However, due to the limit of the total budget of the central government, the effective allocation and utilization of defense spending has been an important issue; in particular, research on the optimal mode of the allocation of defense expenditure has been the focus of attention in this field. Under the limit of total budget, this study employs the Bi-level Programming decision-making model to establish the optimal mode for resource allocation and conduct empirical analysis of the optimal solution. Finally, based on the findings, the study draws conclusions and makes recommendations for the reference of the MND in decision making for resources allocation.

Key words : central government budget 、 defense budget 、 Bi-level Programming.

壹、緒 論

我國國家重點發展隨著全球化市場經濟的崛起，民生消費與福利建設逐漸成為政府施政目標的前提下，近年來無不致力投射於經濟發展、教育、社會福利等方向，以強化國家之市場競爭力。因此，相對的國防預算額度自民國 76 年解嚴之後，配合建軍目標與軍事戰略調整，在國防軍費支出占總決算的比率上，由民國 77 年度的 34.1%，逐年調整至民國 97 年度的 20.1%（如圖 1），顯見目前政府支出的重心已逐漸調整並著眼於政務及其他支出。我們潛在的敵人中共近年伴隨其經濟高度發展，對於國防資源投入與高科技武器建置卻逐年遽增（如表 1。並將軍事發展重點置於資訊、航太與彈道飛彈（中共稱之為訊息、航天與二砲）等領域。不僅洲際飛彈射程已能涵蓋歐洲與美國本土、海軍武力亦已突破第一島鏈，配合其擴大近海防禦作戰縱深，而將海軍作戰活動空間向第二島鏈逼近。面對此國際局勢變遷與中共武力快速增長，97 年國防報告書（國防部，2008）昭示將因應局勢變化而做適當調整。

行政院主計處網站公佈的統計資料顯示，我國中央政府總預算規模由民國 86 年度的 1 兆 1,571 億餘元，增加至民國 97 年度的 1 兆 6,994 億餘元，增加約 5,423 億餘元，約成長 46.87%（比較如表 2、圖 2）。而同時期國防預算由民國 86 年度約 2,534 億餘元，占中央政府總預算比例約 21.89%；至民國 97 年度約 3,411 億餘元，僅占中央政府總預算比例約 20.1%。雖然預算金額數量增加，但相對於佔整體中央政府總預算比例卻是減少的，反而減少約 308 億餘元，呈現負成長約 9.17% 的趨勢。附表 2 顯示國防支出佔中央政府歲出比例由 86 年度之 22%，逐年變化至 97 年度之 20.1%。在面對高科技武器裝備快速推陳下，日益緊縮之國防預算

額度實難以滿足建軍備戰需求，因此面對總額度成長受限的情境下，如何使得資源配置達到最適化之目標，乃為本研究之主要動機。由上述國防預算支出看出其分配比例不穩定與預測之困難性，故本研究發展一套針對此問題做出較合理的規劃模式。

國防資源取之於國家社會，在有限之國防資源限制下，現階段主要以人員維持、作業維持及軍事投資等三區分之分配模式進行運作。基於對國防資源配置最適化之需求，因此本研究嘗試在軍事資源分配政策部分，從各國軍事預算分配之政策與操作現況比較與分析，以瞭解影響軍事預算分配之關鍵因素，並探討我國軍事預算編製之影響因素與問題，以實證結果為基礎對我國國防資源配置現行政策提出建議。

本研究結構之編排在第二節部份，經由先前提出研究背景與動機之確立後，再根據研究目的之需要進行國防資源分配相關文獻回顧與探討，眾所周知建立與維持軍隊需要龐大資金，但由於資源有限，如何滿足建軍備戰及兵力整建為目標之預算需求實屬不易，經由相關文獻研討的結果，凝聚研究重點與形成一重要議題既在「總額度受限之下，資源之有效配置與運用」，並根據研究議題內容，運用有關研究方法加以分析探討；第三節則是以二階層規劃之決策模式，建構資源配置最適化模型，進行有關資源配置最適化模式之研究；第四節實證研究與分析，則是在國防預算資源總額度受限條件為考量之基礎下，作實證分析及最佳解檢驗分析，從目前我國國防資源分配（財力配置）做一分析，探討財力資源分配之實務操作與影響因素，得到國防資源配置最適化模式，作出最佳解檢驗分析；第五節為結論，在結論部份，針對實證結果提出討論，並就國防資源如何有效配置提出結論與建議，作為國防部爾後之資源分配決策參考，使得建軍備戰成效極大化。

國防預算在總額度受限下最適額度配置之研究

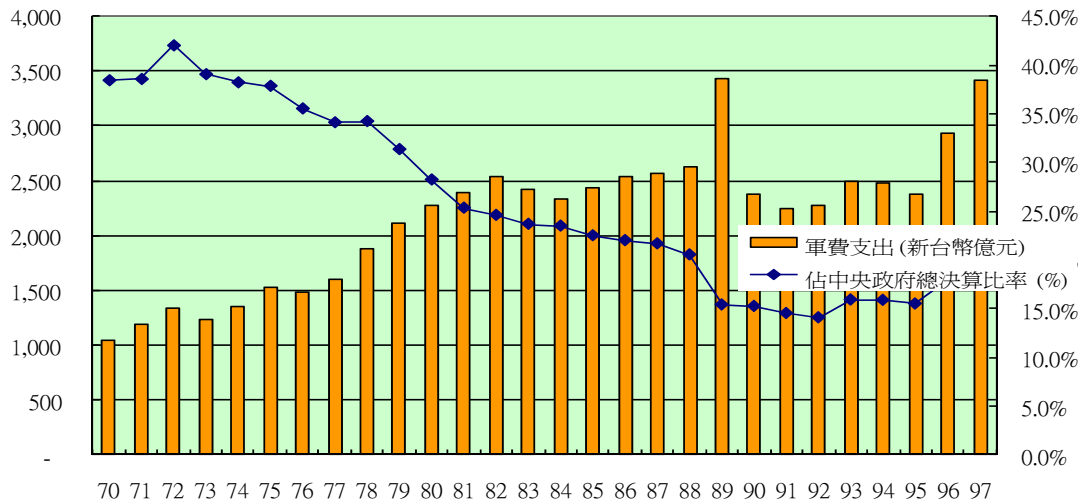


圖 1 我國軍費支出及占總決算比率

資料來源：本研究整理自行政院主計處

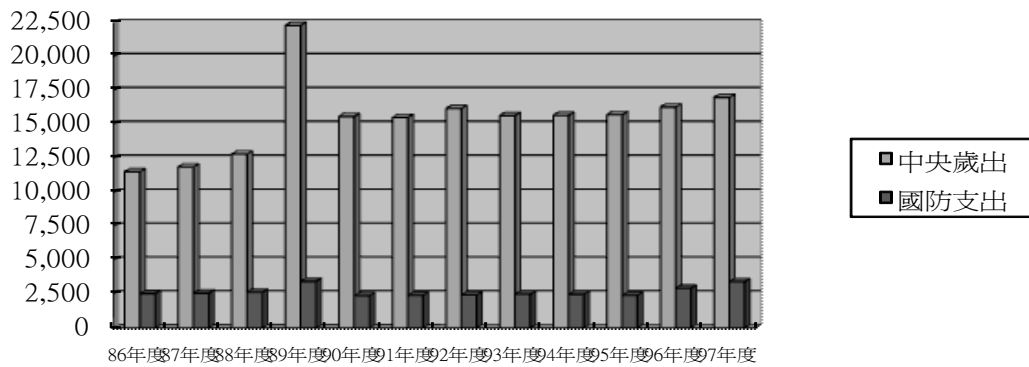


圖 2 近十餘年政府歲出金額與國防支出比較圖

資料來源：整理自中央政府總預決算查詢及統計資料庫

表 1 近十年中共財政總支與國防支出數額比較表

近十年中共財政總支與國防支出數額比較表							
年 份	國防預算		佔財政總支出%		佔國內生產總值%		折合 億美元
	總額	增長%	總額	佔%	總額	佔%	
1997	812.57	12.84	9233.8	8.80	74463	1.09	98.01
1998	934.74	15.03	140771	8.66	78345	1.19	112.01
1999	1076.70	15.19	13137	8.20	82068	1.31	128.98
2000	1207.54	12.15	15879	7.60	89404	1.35	145.84
2001	1442.04	19.42	18844	7.65	95933	1.5	176.34
2002	1707.78	18.43	21113	8.03	102398	1.67	206.25
2003	1907.87	11.7	24649	7.74	116694	1.63	230.70
2004	2172.79	13.89	29362	7.72	159878	1.36	262.41
2005	2474.28	13.88	33709	7.34	182321	1.36	302
2006	2979.31	20.40	40213	7.4	210871	1.41	361.5
2007	3509.21	17.8	46789	7.5	226160	1.55	449.4
單位:人民幣億元							

單位:人民幣億元

資料來源：本研究整理自 97 年國防報告書

表 2 近十二年中央政府歲出與國防支出數額比例表

近十二年中央政府歲出與國防支出數額比較表			單位：新臺幣億元
年度	中央政府歲出	國防支出	所佔比例 %
86 年度(1997)	11,517	2,534	22
87 年度(1998)	11,870	2,571	21.66
88 年度(1999)	12,819	2,631	20.52
89 年度(2000)	22,301	3,432	15.39
90 年度(2001)	15,597	2,377	15.24
91 年度(2002)	15,519	2,410	15.53
92 年度(2003)	16,181	2,430	15.02
93 年度(2004)	15,647	2,488	15.9
94 年度(2005)	15,669	2,485	15.86
95 年度(2006)	15,716	2,405	15.3
96 年度(2007)	16,283	2,930	18
97 年度(2008)	16,994	3,411	20.1

資料來源：本研究整理自中央政府總預決算查詢及統計資料庫

貳、文獻探討

我國民生消費與福利建設隨著全球市場化經濟的崛起，近卅年來已逐漸成為政府施政目標的重要課題。近年來世界諸先進國家無不致力於推動經濟發展，以強化國家之市場競爭力。本節擬針對各國有關軍事預算分配現況及其操作模式與考量因素等相關文獻，瞭解其他國家對於軍事預算分配如何從事類似的研究、計劃，及實際作為，汲取渠等寶貴的經驗並據以作為後續研究之參考。

2.1 我國國防預算作業準據及編製流程

我國國防部於民 57 年參酌美軍 PPB 制度而訂頒「國軍計畫預算制度發展構想」，並於民 68 年正式頒佈「國軍計畫預算制度」施行迄今。我國國防資源管理制度，是建構在「設計計畫預算制度」(Planning- Programming-Budgeting System, PPBS, 簡稱 PPB 制度)的基礎上「設計計畫預算制度」源於 1960 年代美國 Rand Corporation 為美國空軍研究武器系統分析計畫預算時所形成。PPB 制度具有以下重要概念 (Teask & Goldberg 1997)：

量國家需求與需求適切性。

2.同時考慮軍事需求與成本。

3.高層決策明確的考慮各種可行方案。

4.政策制訂階層積極的運用分析幕僚。

5.依各同時結合兵力與成本的計畫，此一計畫旨在將目前的決策，投射到可預見的未來。

6.是一種公開及明確的分析，每一個分析的前提假設、資料、計算過程、步驟及結果，都可以讓大家檢視。

在國防預算形成階段部份，除根據各單位所提出之預算需求進行編製外，並參酌整體經濟環境變化所造成之貨幣性影響，彙整預算內容進行初步執行之可行性分析。其中應針對各部門區分下之預算進行最佳化之調適，以獲得預算效益最大。其次預算經由國會審核通過後，便撥由各權責單位進行預算執行。在經費執行部份，應根據各項支出性質妥善運用，其他非預期性因素所造成之支出部份，則由年度特別預算執行。當年度經費經查核後，彙整年度支出資料進行決算，以完成年度國防軍費實際支出數之報告(國防預算編製流程如圖 3)。

2.2 預算限制之最適分配議題文獻

本研究綜整國內外相關學者的研究分

析，首先在國內學者對國防預算之實證研部份歸納如表 3：

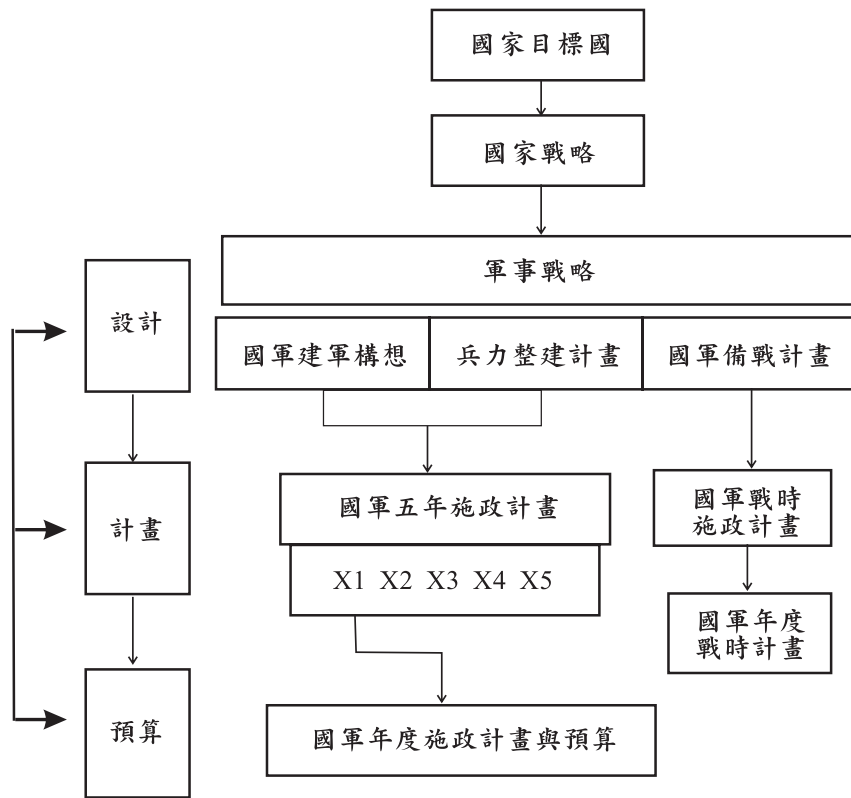


圖 3 國防預算編製流程

資料來源：本研究整理自劉立倫國防財務資源管理

表 3 國防預算限制下相關最適分配議題文獻

作者(年度)	使用方法	國防預算限制下之最適分配議題
劉立倫 (2005)	實證觀察	國防政策在中央政府施政目標的優先性，或許可由中央政府總預算變動趨勢，與歷年國防支出的變動加以比較分析
梁蜀東 (1991)	逐步統計迴歸模式進行分析	若以，可發現影響我國國防預算之關鍵因素為—中共前期國防預算；以及我國前期國民生產毛額，且其在模型解釋力上具有高度之關聯性。
馬君梅、 葉金成 (1995)	採用統計迴歸及系統動態分析方法	預估模式來推測我國國防預算，並加入不同情境下之外部因素考量，以考慮是否受敵威脅為變數，分析預算變化之情形。
陳章仁 (2002)	採用統計迴歸及系統動態分析方法	則進一步擴充外部影響變數之分析內容，加入軍事防禦能力及區域衝突等兩個變數進行更深入之探討。在其研究中發現，若當受敵威脅來自海上，則其國防預算要求將高過於來自陸上威脅之國家。
楊開銘 (2000)	時間序列分析方法	以中共國防支出各年資料，建立中共國防支出之預測模型。在其研究中指出，中共國防支出並非完全採行增量方式進行編列，而是受到過去各期國防支出及國民生產毛額之影響，且國民生產毛額亦為中共國防支出在預判上之重要指標。

楊志清 (2000)	時間序列方式進行迴歸分析	我國國防預算除受本身前兩期遞延影響外，當期中共國防預算及前期國民所得，亦會對本期國防預算產生影響，根據此一結果所作出之預測模型，可有效預估我國國防預算。
吳坤暉 (2001)	AHP，並再應用二階段多目標規劃法	採用 AHP 方式進行，從各軍種學院所回收資問卷資料中，評估國防預算各項配置之因子權重，並再應用二階段多目標規劃法，求出國防預算之最佳配置。其研究結果中顯示，因陸軍在國防預算配置上的比重最高，因此陸軍與海、空軍之國防資源分配上，有明顯排他性及互抵性。
陳勁甫、 張正昌、 陳珠龍 (2004)	採用倒傳遞類神經網路方法	模擬出防禦能力指標與各軍事投資項目組合比例間的近似函數，進而引用基因遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA)求出較佳的投資組合比例。依據該研究之結果，顯示國防預算在「研究發展」與「情報、電子通訊」的投資比例應適度增加，意謂有必要強化軍事事務革新與創新之作為。又研究結果亦顯示，我國國防預算在軍人福利與服務所占比例應低於 50%。這並不意謂要剝奪軍人應享有的合理、平等的權利，而是說明在維持目前軍人的公平、公正權益與福祉上，有必要重新檢討國防組織與兵力結構。

資料來源：本研究整理

有別於國內學者對國防預算之實證研究，韓國學者 Lee (2003) 則以政策形成方式來探討預算編製之過程與可能之問題。Lee 採用集中編制 (centralization) 與類形編制 (typology) 之比較，歸納出韓國目前預算形成之四個主要進程與時間表：

首先為預算形成階段，在此一過程中，預算權責單位分析最適政府年度支出需求，並據以提出部門所需預算。

第二為預算審查階段，在此一過程中，由預算特別委員會進行審核，並於提出預算之部門進行協商與說明，爾後送交國會審議。

第三為預算執行階段，在此一過程中除由各單位進行預算支出之執行外，審計單位亦進行各項政府支出之覆核。

最後為事後控制階段，在此一過程中則由審計單位提出預算執行查核報告，藉以送交國會進行審議。然在此一預算形成過程上，仍易出現如分配效率、預算需求擴張，以及預算執行績效衡量等問題，因此在此種由總體至細節 (top-down) 預算方式，仍需從以績效基礎為目的的預算方法上進行調整。

由於多數國家近年在社會福利支出持續成長下，將對國防預算產生排擠效果，前述進行國防總預算的研究中，並無針對有限國防預算下各用途之最適分配，因此學者在探討國防預算配置效益的研究中，進一步從條件限制下的最適分配方法中進行探討。

在游黃盛 (2002) 的研究中指出，以往國防預算只探討國防財力之人員維持費、作業維持費及軍事投資費等三項經費主要配置，但對其下所轄各項業務預算配置之分配情形則略顯不足。因此在其研究中，應用動態模擬模式與系統動態學之方式，深入探討並預估各項業務預算之分配情況，並以此模型推估我國國防預算下之最適配置至民國 105 年。研究結果發現，我國國防預算除每年日益緊縮外，人員維持費預算在軍事人員精簡方案下，仍在國防預算中占極高比例，導致作業維持費及軍事投資費等預算受到排擠，致使我國在國防科技發展部份受到限制，整體戰力在後勤補保能量不足下無法有效發揮。因此未來在國防資源配置上，應增加人員訓練及軍事武器自行研發經費，同時改良現有主要武器，以延長武器裝備之使用

年限。至於經費運用及組織運作上，則應加強行政效能與精簡作業流程，即可在有限國防預算下，進一步提升我國軍事防禦能力。

吳坤暉（2001）則進一步從滿足三軍建軍作戰需求，以及提升國防整體戰力的角度，建構一套國防資源分配規畫與評估的最適化分配模式。該研究採用 AHP 方式進行，從各軍種學院所回收資問卷資料中，評估國防預算各項配置之因子權重，並再應用二階段多目標規劃法，求出國防預算之最佳配置。其研究結果中顯示，因陸軍在國防預算配置上的比重最高，因此陸軍與海、空軍之國防資源分配上，有明顯排他性及互抵性。

蔡海璋（2003）亦應用 AHP 分析法，在考慮國家軍事戰略決策的重要性下，選定 15 個有關軍事戰略之因子，藉由問卷型態收集由國防大學軍事學院之訪查結果，從中擬定各因子之權重，並進一步以模糊理論決策模式，尋求國防預算之最佳配置，以獲致在有限預算下之最高效益。由於該研究所利用之模糊理論，可使存在於專家意見中的模糊性得以進一步處理，因此可使決策過程中之模糊訊息能得到更充分之解讀。

然陳勁甫、張正昌、陳珠龍（2004）在其軍事投資最適化的研究中指出，預算分配之目的在使得防禦能力達到最大之程度，因此必須先擬合預算投資配置比例與防禦能力指標之關係，然而此函數通常為複雜之非線性函數，故統計迴歸分析方法並不適用。再者，若以多準則方法為評估工具，則很難求取各項軍事投資預算配置之間對防禦能力所貢獻之組合效果，因此該研究乃採用倒傳遞類神經網路(Back-Propagation Neural Networks, BPNN)方法，模擬出防禦能力指標與各軍事投資項目組合比例間的近似函數，進而引用基因遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA)求出較佳的投資組合比例。依據該研究之結果，顯示國防預算在「研究發展」與「情報、電子通訊」的投資比例應

適度增加，意謂有必要強化軍事事務革新與創新之作為。又研究結果亦顯示，我國國防預算在軍人福利與服務所占比例應低於 50%。這並不意謂要剝奪軍人應享有的合理、平等的權利，而是說明在維持目前軍人的公平、公正權益與福祉上，有必要重新檢討國防組織與兵力結構。

在國外學者有關最適預算配置的研究中 Geortz & Diehl (1986) 研究不同方法比較之軍事資源配量測時，強調一個好的軍事資源配置的指標建構須經過四個評量準則的檢測：

1. 是否超越不同空間與時間(涵蓋不同國家與不同時期)？
2. 估量方法能否產生一個基準 (Baseline) 以察覺異常的軍事資源分配？
3. 在檢測的期間內，正常資源分配的基線能否做合理的調整改變？
4. 估量方法的指標建構所需資料是否為有效或可信的？

Athanassopoulos (1998)針對在多單位與多階層系統中以任務導向資源分配的公共服務之決策支援的研究中，發展一個網絡導向的多階層資源分配管理以代表在公平、效率及有效能的認可下系統的基本目標。

Doi, Ihori & Kondo (2002)採用以針對預算中各利益團體為目標之動態賽局研究方法，建構出最適預算之效用方程式。研究中採用日本政府年度預算之資料進行分析，並比較在政府赤字、政策無效率及年度預算重整下，對整體預算之衝擊。研究結果認為，在考量降低政府赤字預算下，應提高政策協商之效率性，方能有效穩定年度最適預算之執行。

而 Stone (2005)則在其國防預算分配規劃的研究中，採用軍事結構規劃 (Force structure planning) 分析法，針對加拿大在 2020 年之國防預算規劃策略，進行一連串的探討。該研究採用三區分法下之人員維持、作業維持，以及軍事投資之變數結構與支出

資料，建立分析模型以衡量在不同外生情境下，對國防預算之長期影響與應採行策略。該研究結果指出，由於加拿大為進行國防軍事之改革（revolution of military affairs, RMA），在各項外生假設達成之前提下（如通貨膨脹率、三區分法下各用途平均比例、資本密集度等），2020 年將需要增加國防預算至 239 億，方能達成最適配置；倘若外在環境不佳，在最壞的情況下甚至需增加至 300 億方能達成目標。

Coulomb & Fontanel (2005)則由經濟意涵的角度來分析法國防預算之最適配置。該研究觀察到近年國防預算已成為國家經濟發展之阻力，在越來越高的預算限制下，預算規劃與國防策略呈現模糊不清的狀態，且成為官僚體系與選舉考量下的目標。為了強化國防體質與戰力，該研究從 1995-2003 所得到的資料分析認為，未來法國應專注於軍事科技研發之投入，並與北大西洋公約組織（NATO）之會員國進行經濟比較，同時強化軍事工業之推動，以獲得長期軍事發展下之最適狀態。

Heo & DeRouen (1998)也曾為文研究 1961-1990 年之間東南亞新興國家(NICs)（印尼、馬來西亞、南韓、台灣與泰國）隨著明顯的經濟成長與技術擴張而同步增加軍事預算，作者引用一個生產函數去察覺技術進步與軍事部門的關係。並運用這個模型去估算軍事預算與經濟成長及技術變革在 1961-1990 年之間的關係，雖然這些國家防衛經費的效用不同，研究結果顯示一般趨勢為當技術進步在生產函數中具體列出時，軍事花費與經濟成長成負向影響。

Setter & Tishler (2007)在對美國國防預算的配置研究中，則採用科技整合的觀點來探討其預算之最適配置。研究中認為，以美國國防預算之支出，若在以獲得最佳戰力的前題下，其相關科技支出所產生之價值，將以 S 曲線的生命週期呈現。而國防策略制定

者在單一受限系統下所可決定之採購或研發數量受限時，則此一系統所採用之分析模型將可以 Cobb-Douglas 函數方程式來進行研究。其中對函數之外生變數假設上，又可依組織面影響、網路效應影響、S 曲線生命週期影響，以及線性成本影響等假設進行科技整合對最適預算影響之分析。透過此一模型之建構，該研究進一步以美國 1996-2005 之國防預算資料進行實證，並以其資料對模型參數進行校正。其研究結果顯示，此一最佳化模型架構下，各軍種在國防科技研發支出上，應以科技整合之方式進行，以獲致預算執行績效與最佳戰力之提升。

2.3 文獻綜整體認與問題凝聚

綜觀不同領域學者對資源分配之研究與應用，本研究發現不論採用定性分析（比較分析），或是運用不同量化模式來解決實務問題，上述之理論與模式各有其限制因素，在面臨實際複雜問題時，並非所有問題皆能解決。最重要者，學者研究資源分配的解決方案時，經常單方面以決策者之角度思考如何使得資源分配最合理化，卻忽略下層單位（分公司或部門）對預算需求之期望與滿意度，容易導致下層單位認為資源分配不公甚或因此浮編預算。故本研究針對在層級結構的決策系統下，如何解決上層、下層間資源配置最適化問題，將以二階層規劃理論(Bi-level Programing)為方法，基於相關假設條件提出資源配置模型，而有關二階層規劃理論之介紹，將於第三節研究方法及附錄中詳細說明。

參、二階層規劃與模式建立

本研究主要目的是探討我國國防資源配置最適化模式，在軍事資源分配政策部分將從各國軍事預算分配之政策與操作現況比較與分析，以瞭解影響軍事預算分配之關鍵因素，並探討我國軍事預算編製之影響因素與問題，將實證結果對我國國防資源配置

現行政策提出建議。

3.1 二階層規劃運用與文獻探討

由於國防資源分配以滿足建軍備戰及兵力整建為目標，故在總額度受限之下，資源之有效配置與運用為一重要議題，有關資源配置最適化模式之研究，係在資源總額度受限條件為考量之基礎，本研究採用次級資料分析(Secondary Analysis)、比較分析法(Comparative research)、歸納法(Induction)、二階層規劃(Bi-level Programming)等研究方法建構資源配置最適化模型並作實證分析及最佳解檢驗分析。茲將各研究方法欲處理之問題說明如下：

- 1.次級資料分析與比較分析法：使用現有資料，針對各國國防預算配置之情況與政策進行分析；其次，針對國防資源配置相關理論與方法進行蒐整與比較。
- 2.歸納法：歸納影響我國國防資源配置政策之特性與相關因素；其次，針對我國國防預算配置政策之問題提出說明與建議。
- 3.二階層規劃理論：應用此一理論，針對國防預算配置之問題建立數學規劃模型與發展演算法，藉實證分析求取最佳解，並針對最佳解作檢驗分析。

Bilalas & Karwan (1984)針對二階層規劃之特性與運用指出，二階層規劃模型在層級分明的規劃結構中分割支配(控制)決策變數。規劃者在一個層級內擁有他的目標函數及決策的可行解集合，但部分地被其他層級決定。然而他的控制手段可能允許他去影響其他層級的政策，並因而改善他自己的目標函數。有關二階層規劃在物流、指派、交通及運輸問題之應用，包括杜學東(2005)解決在傳統隨機均衡配流模型的基礎，提出一種增廣的隨機用戶均衡配流模型及其求解算法。在此基礎上構造了一個二階層規劃模型，用以描述基於隨機用戶均衡原則的從路段觀測流量估計 O-D 交通量的問題，並給出相應的求解算法。

龐明寶(2005)解決區域物流線路網絡容量最優設置問題上，建立上層政府追求系統廣義物流費用最小化，下層企業追求自身企業費用最小化均衡配流的兩級 Stackelberg 模型，實證分析顯示採用二階層規劃進行物流線路容量最優設置方法的正確性與可行性。

王中允(2006)為建立一套災後路網信賴度評估方法，建立二階層規劃模型，上層為系統最佳化，以追求民眾疏散的系統總運輸成本最小為目標；下層問題則考量路段容量限制下，每一個災民均能在最短時間由疏散起點至迄點的路徑選擇及區位選擇限制條件，分析災區路網受損後空間條件與地區吸引改變以及道路容量限制等因素的影響下，依災民在疏散過程中期待最短時間內脫離災區的疏散路徑及迄點規劃狀況，決定關鍵路段的修復及資源分配，滿足災區民眾疏散的運輸需求，建立具信賴度的疏散網路。

滕春賢(2007)為解決價格控制問題，利用均衡互補(equilibrium complementarities)及精確罰函數(exact penal function)的相關理念，把具有二階層特性的價格控制問題轉化為與其等價的具有等式和不等式約束的單層數學規劃，從而為研究此類問題的最優性條件和求解算法提供一定的依據。李治綱(2002)以敏感度分析為基礎之演算法來求解二階層規劃問題。應用二階層數學規劃建構鐵路列車服務設計模式，並對台灣高速鐵路之個案範例進行測試，以反應模式之功能與特性，其中以二階層規劃反應營運者與旅客之不同觀點與關係；上層問題為營運者之列車服務選擇，下層問題為旅客選擇之列車需求模式。下層問題中之旅行成本受到上層問題中列車服務變數之影響；上層問題中營運績效受到下層問題中服務選擇之影響。

另外韓海山(2005)利用對局理論(Game Theory)研究了 server-Proxies-Users 系統中 Server、Proxies 和 Users 之間的收入分配問

題，建立收入分配的對局理論模型，得到了三階層規劃模型。根據三階層規劃模型的特殊性，將它們分解成兩個二階層規劃模型，同時證明了模型解的存在性。

3.3 二階層規劃的定義與最佳解特性

二階層規劃乃是關於決策問題的行為模式，亦即在決策過程中包含二個層級的決策者-上層（outer planner）及下層（inner planner），在決策過程中上層之決策係依據下層之決策作為而定；而下層依照上層給定之條件來做決策。因此他們決策過程中存在一種層級結構的關係。例如，在一家大型公司中，領導階層（上層決策者）規劃分配某些資金到他們控管下的每一個部門，資金分配的標準（criteria）由領導階層來規定，每個部門的預算需求企劃書經過上層審慎評估後，作為上階層資金分配調度決定的依據。此明白表示這是一個層級結構控制整體決策過程的決策模式。

二階層規劃亦可被描述為包含在限制條件下最佳化問題的數學規劃。數學規劃顯示一個在中央集權系統下問題求解的協調決策過程下，改善整體組織目標的模型。迥異於bi criteria 數學規劃，二階層規劃強調系統中非合作的特性。更精確地說，二階層規劃問題（BLPP）包含二個規劃層級在衝突目標下，每個規劃者獨立地控制獨特的次階獨

立變數。BLPP的層級結構利用嚴格規定每個規劃者控制決策變數的選擇。那就是上層慎重決定合理值試圖使它的目標函數最佳化；下層在明瞭上層全部決策變數的知識後，選擇在他可控制的決策變數下最佳化其目標函數的合理值。二階層規劃相關推導如附錄。

肆、實證研究與分析

4.1 國防組織特性

國防組織自民國 91 年 3 月 1 日國防二法施行後（「國防法」及「國防部組織法」，轉型為「文人領軍」、「國防一元化」之民主化國防體制，其組織特性為指揮層級鮮明，上階層單位負有對下級單位指揮、管制、協調、分配及支援之責。而下級單位承上階層之命令，運用一切可用資源達成任務與使命。基於國防預算每年細部預算分配屬於機密資料，本研究針對 2009 年國防白皮書所公布之 1997 年至 2009 年國防預算三區分（人員維持、作業維持及軍事投資）匡列與比率資料（詳如表 4），加總平均後作為分析之資料依據。國防預算用途之其他項由 1997 年匡列之 582 億元，至 2009 年以大幅縮減至 46 億元，僅佔總預算約 1.32%，顯示國防部近年預算編製更趨透明化與法制化，故於實證研究時不予列記。

表 4 我國近年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率 單位：新臺幣億元

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
A	2,534	2,571	2631	3,432	2,377	2,410	2,430	2,488	2,485	2,405	2,930	3,411
B	1,237	1,326	1,423	1,491	1,393	1,425	1,456	1,327	1366	1370	1,384	1339
b	37.8	41.2	48.2	53.9	51.6	54.7	56.6	50.2	55.34	57.04	45.41	37.89
C	944	890	872	628	628	548	530	670	571	505	749	827
b	28.9	27.6	29.5	22.7	23.3	21.0	20.6	25.4	23.21	21.52	28.43	35.94
D	507	532	550	573	569	533	526	595	472	456	868	1,200
b	15.5	16.5	18.6	20.7	21.1	20.5	20.5	22.5	19.68	19.59	24.57	24.78
E	582	474	108	74	108	98	60	49	30	30	47	46
b	17.8	14.7	3.7	2.7	4.0	3.8	2.3	1.9	1.22	1.25	1.54	1.32

A:國防支出，B: 人員維持費，b:占國防預算%，C:軍事投資，D:作業維持費，E: 其他

資料來源：中華民國國防部民 98 年(2009)國防報告書；本研究整理

4.2 實證研究

國防部直屬單位及各級司令部依「國軍計畫預算制度-施政計畫作為手冊」之規定編列目標年度預算需求計畫書，假設國防部年度之總預算額度為 2,680 億元，並依人員維持 (P)、作業維持 ($O\&M$) 及軍事投資 (I) 三區分匡列。其中人員維持費約 1,385 億元 (佔總預算 52.3%)、作業維持費約 548 億元 (佔總預算 20.7%)，其中 om_1, om_2, om_3 屬於戰力維持之預算科目；其餘 $om_4, om_5, \dots$ 屬於基本維持之預算科目。軍事投資約 714 億元 (佔總預算 27%) 則依建軍指導「科技先導、資電優勢、聯合截擊、國土防衛」之優先順序列案。然而根據 95 年國防報告書指出：國防部計畫將於民國 94 年至 97 年間招募專業志願士兵 4 萬 5,561 員，所需預算包含薪餉、專業加給、志願役加給、主副食費、軍人保險補助、全民健保補助、退撫儲金補助等基本需求，與其他因任務與駐地所需之外 (離) 島地域加給、海勤加給、特戰加給、喪葬補助與結婚補助等需求，按現行待遇標準與規劃期程核算結果，民國 95 年至 97 年間約需增加人員維持費為新台幣 264 億元。因此，本研究假設在優先分配人員維持之法定給與後，其餘 1,262 億元擬透過二階規劃模式將作業維持及軍事投資比例達到最適配置之運作模式。使得國防部執行預算分配時，能夠創造各下級單位計畫案之價值最大化；及各單位獲得資源分配之滿意度差距為 8% 內，俾達有限預算創造最大價值之目標。

作業維持費區分為基本維持、戰力維持及補助眷村購宅。基本維持包括官兵基本生活之設施維護、醫療、服裝及水電支出與一般作業等需求；戰力維持以維持基本戰力，並優先滿足戰備任務之各式武器、裝備之零附件更換、修護及戰備演訓油料、彈藥等為主要支用項目，而補助眷

村購宅屬於階段性任務需求項目，本研究不列入討論。現將附錄 2.3 之貢獻度 (V) 與滿意度 (R) 概念導入二階層線性規劃模型，可使國防部所屬各司令部 (含部本部及直屬單位) 均能達到各個計畫的貢獻度為最大外，各單位間滿意度差距最小，國防部亦能有效控管資源的最適分配，以提昇整體國軍戰力，滿足各項戰備任務之遂行。國防預算分配二階層線性規劃模型之目標式與限制式詳如式 (29)、(30)。

國防部：

$$\text{Min}\{U - u\} \dots\dots\dots (29)$$

$$\text{令 } R_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{j=1}^n c_{ij}} \text{ 為第 } i \text{ 單位之預算滿意度}$$

$$U = \text{Max}\{R_i; i = 1, 2, \dots, 6\};$$

$$u = \text{Min}\{R_i; i = 1, 2, \dots, 6\};$$

$$(0 \leq R_i \leq 1)$$

其中 x_{ij} 解得自

各司令部：

$$\text{Max} \sum_i \sum_{j=1}^n v_{ij} \cdot x_{ij} \dots\dots\dots (30)$$

$$v_{ij} = \frac{e_{ij}}{c_{ij}}$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \leq B_i$$

$$\sum_i B_i \leq B,$$

$$(i = 1, 2, \dots, 6)$$

$$x_{ij} = \{0, 1\}$$

經呈報國防部並逐案審查後，計 6 個單位 54 件計畫書 (P_{ij}) 通過審查，各單位編製預算需求高達 1,421 億元。各計畫書申請之預算額度 (c_{ij}) (表 5) 與對提昇整體戰力價值 (w_{ij}) 彙整表 (表 6)。其中各計畫案之戰力值假定為審查委員會經逐案審查評估後之給定值。基於前述程序，本研究採用相對價值的方式來衡量每件計畫書之貢獻度

(v_{ij})，因此利用公式 (21) 將各級單位計劃案對的提昇整體戰力價值表(表 6)除以預算需求(表 5)，可求得各單位所獲預算每億元所產生的貢獻度，詳如表 7。考量國防部在追求其目標年度各計劃案產出之貢獻度為最大的狀態下，將表 8 各單位每筆計畫依

其貢獻度(v_{ij})由大至小予以排序，並採用式 (28) 之「線性規劃法」來處理，直至總計畫預算累計達 1,262 億元以內為止，再針對每一個計畫依其排序給定一個決策變數 x_{ij} 值如表 9(選取計畫 $x_{ij}=1$ 、未選取計畫 $x_{ij}=0$)，以作為預算分配之依據。

表 5 各單位年度計畫書預算需求表

單位：新臺幣億元

	單位預算需求 (c_{ij})									需求總額
	om_1	om_2	om_3	om_4	$om_5 \dots$	I_1	I_2	I_3	I_4	
U_1	32	26	18	15	12	46	37	28	24	238
U_2	36	31	20	14	7	52	36	35	19	250
U_3	42	29	18	13	11	56	35	23	18	245
U_4	28	25	17	16	16	43	36	32	22	235
U_5	39	27	21	12	5	47	34	31	24	240
U_6	33	26	22	17	10	42	31	19	13	213

表 6 各單位計劃案對提昇整體戰力價值表

單位：新臺幣億元

	w_{ij}									
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	
U_1	18	15	10	8	5	28	19	13	10	
U_2	19	16	11	6	3	29	18	16	8	
U_3	22	16	10	6	4	30	19	11	7	
U_4	16	14	9	8	7	24	19	17	10	
U_5	21	18	11	6	2	25	18	15	10	
U_6	18	14	12	9	4	23	17	10	5	

表 7 各單位每筆計畫之貢獻度彙整表

	$v_{ij} (=w_{ij} / c_{ij})$								
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4
U_1	56.2	57.7	55.5	53.3	41.7	60.9	51.3	46.4	41.7
U_2	52.7	51.6	55.0	42.9	42.9	55.8	50.0	45.7	42.1
U_3	52.4	55.2	55.5	46.2	36.4	53.6	54.3	47.8	38.9
U_4	57.1	56.0	52.9	50.0	43.8	55.8	52.8	53.1	45.4
U_5	53.9	66.7	52.4	50.0	40.0	53.2	52.9	48.4	41.7
U_6	54.5	53.9	54.5	52.9	40.0	54.8	54.8	52.6	38.5

$$x_{32} = 1262 / 27 = 46.7 \text{ (keep)};$$

$$x_{16} = (1262 - 27) / 46 = 26.8 \text{ (keep)};$$

$$x_{12} = (1262 - 27 - 46) / 26 = 45.7 \text{ (keep)};$$

$$x_{59}^{48} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-l} c_{59}^{48-l} x_{59}^{48-l} \right) / c_{59}^{48} \right] = -2.25$$

(reject);

$$x_{19}^{49} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{19}^{49-i} x_{19}^{49-i} \right) / c_{19}^{49} \right] = -3.25$$

(reject) ;

$$x_{55}^{50} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{55}^{50-i} x_{55}^{50-i} \right) / c_{55}^{50} \right] = -20.4$$

(reject) ;

$$x_{65}^{51} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{65}^{51-i} x_{65}^{51-i} \right) / c_{65}^{51} \right] = -10.7$$

(reject) ;

$$x_{39}^{52} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{39}^{52-i} x_{39}^{52-i} \right) / c_{39}^{52} \right] = -6.5$$

(reject) ;

$$x_{69}^{53} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{69}^{53-i} x_{69}^{53-i} \right) / c_{69}^{53} \right] = -10.4$$

(reject) ;

$$x_{35}^{54} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{35}^{54-i} x_{35}^{54-i} \right) / c_{35}^{54} \right] = -13.5$$

(reject) ;

綜上，可使各計畫的累積貢獻度為最大，各單位貢獻度排序、決策變數、及預算分配彙整詳如表 8、9、10。

表 8 各單位貢獻度排序彙整表(由大至小)

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p_{ij}	p_{52}	p_{16}	p_{12}	p_{41}	p_{11}	p_{42}	p_{26}	p_{46}	p_{13}	p_{33}
c_{ij}	27	46	26	28	32	25	52	43	18	18
v_{ij}	66.7	60.9	57.7	57.1	56.2	56.0	55.8	55.8	55.5	55.5
i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
p_{ij}	p_{32}	p_{23}	p_{67}	p_{66}	p_{63}	p_{61}	p_{37}	p_{51}	p_{62}	p_{36}
c_{ij}	29	20	31	42	22	33	35	39	26	56
v_{ij}	55.2	55.0	54.8	54.8	54.5	54.5	54.3	53.9	53.9	53.6
i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
p_{ij}	p_{14}	p_{56}	p_{48}	p_{43}	p_{57}	p_{64}	p_{47}	p_{21}	p_{68}	p_{53}
c_{ij}	15	47	32	17	34	17	36	36	19	21
v_{ij}	53.3	53.2	53.1	52.9	52.9	52.9	52.8	52.7	52.6	52.4
i	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
p_{ij}	p_{31}	p_{22}	p_{17}	p_{54}	p_{44}	p_{27}	p_{58}	p_{38}	p_{18}	p_{34}
c_{ij}	42	31	37	12	16	36	31	23	28	13
v_{ij}	52.4	51.6	51.3	50.0	50.0	50.0	48.4	47.8	46.4	46.2
i	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
p_{ij}	p_{28}	p_{49}	p_{45}	p_{25}	p_{24}	p_{29}	p_{15}	p_{59}	p_{19}	p_{55}
c_{ij}	35	22	16	7	14	19	12	24	24	5
v_{ij}	45.7	45.4	43.8	42.9	42.9	42.1	41.7	41.7	41.7	40.0
i	51	52	53	54						
p_{ij}	p_{65}	p_{39}	p_{69}	p_{35}						
c_{ij}	10	18	13	11						
v_{ij}	40.0	38.9	38.5	36.4						
										Σ
										54
										1,421

註 1：[x] 表經審議後剔除之計畫案及其金額。

由表 8 可看出，經上階層審查並考量年度可支配預算額度後（1,262 億元），計通過 42 個計劃案，實際支用預算額度為 1,248 億元（包括作業維持預算 563 億元；軍事投資預算 685 億元）。但上級機關在執行預算分配時，除追求下級單位各計畫案所產出之總貢獻度為最大外，另為考量單位間的均衡發展，以避免資源集中在少數單位，而造成配置不當的現象，應同時考量對下級單位所獲得的預算分配滿意度落差為最小，以達到資源運用最適化之目標。從表 10 各單位每筆計畫可獲得預算配額度，利用式（25）可計算出下級單位之滿意度分別為：

$$R_1 = \frac{202}{238} = 0.8487 = 84.87\% ;$$

$$R_2 = \frac{210}{250} = 0.84 = 84\% ;$$

$$R_3 = \frac{216}{245} = 0.8816 = 88.16\% ;$$

$$R_4 = \frac{219}{235} = 0.9319 = 93.19\% ;$$

$$R_5 = \frac{211}{240} = 0.8791 = 87.91\% ;$$

$$R_6 = \frac{190}{213} = 0.8920 = 89.20\%$$

R 為所有單位的最大滿意度，而 r 則為所有單位的最小滿意度。將 $R = 93.19$ 與 $r = 84$ 代入公式（24），求得 $R - r = 93.19 - 84 = 9.19(\%)$ 。

而上述方式僅依各計畫貢獻度大小為選取之必要條件，雖可使各計畫的累積貢獻度為最大 2,237，但僅可滿足下階層的目標式與限制式之要求，但各單位滿意度之差距卻達 9.19%，不符合原設定之目標（8%）。因此，我們將上述結果再運用漸近法反覆實施調整，將滿意度較低單位

（U1、U2）中之 P15、P24 計劃案予以複審通過；並將滿意度較高單位（U4）之呈報計劃案中貢獻度較低者之計劃案（P49）刪除。直至滿意度差距趨近於最小或漸近至可接受的最適範圍內為止。經重新試算與排序後，求得各單位決策變數、及員額分配修訂詳如表 11、12、13。上階層考量所屬單位間的均衡發展，避免資源集中在少數單位，而造成配置不公現象。經調整決策變數後由表 12 可看出，實際支用預算額度為 1,252 億元（包括作業維持預算 589 億元；軍事投資預算 663 億元）。上階層並可控管結餘之 10 億元（1,262-1,252=10）作為緊急預備金，依表 12 各單位每筆計畫可獲得預算配額度，計算出下級單位的滿意度分別為：

$$R_1 = \frac{214}{238} = 0.8992 = 89.92\% ;$$

$$R_2 = \frac{224}{250} = 0.896 = 89.6\% ;$$

$$R_3 = \frac{216}{245} = 0.8816 = 88.16\% ;$$

$$R_4 = \frac{197}{235} = 0.8383 = 83.83\% ;$$

$$R_5 = \frac{211}{240} = 0.8791 = 87.91\% ;$$

$$R_6 = \frac{190}{213} = 0.8920 = 89.20\%$$

此結果使各單位滿意度之差距從原來的 9.19%，縮小差距至 6.09%，另以單位別而言，其分別累積的貢獻度可達到更大標準（2,276.2）。

因此，上階層決策者可據此執行預算分配。經上述修訂調整決策變數後所得到的預算分配（表 12），已真正能達到各計畫案所產出的相對價值為最大，及各單位滿意度之差距為最小之雙重目標。

表 9 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

						x_{ij}			
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4
U_1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_2	1	1	1	0	0	1	1	1	0
U_3	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_4	1	1	1	1	0	1	1	1	1
U_5	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_6	1	1	1	1	0	1	1	1	0

表 10 各單位計畫案實際可獲得預算分配表 單位：新臺幣億元

	單位預算需求 (c_{ij})									需求總額
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	
U_1	32	26	18	15	0	46	37	28	0	202
U_2	36	31	20	0	0	52	36	35	0	210
U_3	42	29	18	13	0	56	35	23	0	216
U_4	28	25	17	16	0	43	36	32	22	219
U_5	39	27	21	12	0	47	34	31	0	211
U_6	33	26	22	17	0	42	31	19	0	190

表 11 各單位每筆計畫之決策變數修訂表

						x_{ij}			
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4
U_1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
U_2	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_3	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_4	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_5	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_6	1	1	1	1	0	1	1	1	0

表 12 調整後各單位年度可獲得預算分配彙整表 單位：新臺幣億元

	單位預算需求 (c_{ij})									需求總額
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	
U_1	32	26	18	15	12	46	37	28	0	214
U_2	36	31	20	14	0	52	36	35	0	224
U_3	42	29	18	13	0	56	35	23	0	216
U_4	28	25	17	16	0	43	36	32	0	197
U_5	39	27	21	12	0	47	34	31	0	211
U_6	33	26	22	17	0	42	31	19	0	190

表 13 修正後預算分配排序彙整表

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
p_{ij}	p_{52}	p_{16}	p_{12}	p_{41}	p_{11}	p_{42}	p_{26}	p_{46}	p_{13}	p_{33}	
c_{ij}	27	46	26	28	32	25	52	43	18	18	
v_{ij}	66.7	60.9	57.7	57.1	56.2	56.0	55.8	55.8	55.5	55.5	
i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
p_{ij}	p_{32}	p_{23}	p_{67}	p_{66}	p_{63}	p_{61}	p_{37}	p_{51}	p_{62}	p_{36}	
c_{ij}	29	20	31	42	22	33	35	39	26	56	
v_{ij}	55.2	55.0	54.8	54.8	54.5	54.5	54.3	53.9	53.9	53.6	
i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
p_{ij}	p_{14}	p_{56}	p_{48}	p_{43}	p_{57}	p_{64}	p_{47}	p_{21}	p_{68}	p_{53}	
c_{ij}	15	47	32	17	34	17	36	36	19	21	
v_{ij}	53.3	53.2	53.1	52.9	52.9	52.9	52.8	52.7	52.6	52.4	
i	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
p_{ij}	p_{31}	p_{22}	p_{17}	p_{54}	p_{44}	p_{27}	p_{58}	p_{38}	p_{18}	p_{34}	
c_{ij}	42	31	37	12	16	36	31	23	28	13	
v_{ij}	52.4	51.6	51.3	50.0	50.0	50.0	48.4	47.8	46.4	46.2	
i	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
p_{ij}	p_{28}	p_{49}	p_{45}	p_{25}	p_{24}	p_{29}	p_{15}	p_{39}	p_{19}	p_{55}	
c_{ij}	35	22	16	7	14	19	12	24	24	5	
v_{ij}	45.7	45.4	43.8	42.9	42.9	42.1	41.7	41.7	41.7	40.0	
i	51	52	53	54							Σ
p_{ij}	p_{65}	p_{39}	p_{69}	p_{35}							54
c_{ij}	10	18	13	11							1,421
v_{ij}	40.0	38.9	38.5	36.4							

註 1：[X]表經審議後剔除之計畫案及其金額。

4.3 最佳解檢驗與分析

4.3.1 作業維持預算效能最大化

當總預算額度固定條件下，人員維持預算已知時，為使得作業維持之資源運用效能最大化，我們假定為提升各級部隊現有武器裝備妥善率並致力改善官兵生活設施，將年度預算優先滿足作業維持費之預算總額 638 億元，其餘經費再分配軍事投資預算。則依式 (26) 修正後之預算總額為 1215 億元 (包括作業維持預算 638 億元；軍事投資預算 577 億元)，上階層並可控管結餘之 47 億元作為緊急預備金，修正後之決策變數及預算分配如表 14、15、16。

4.3.2 軍事投資預算效能最大化

當總預算額度固定條件下，人員維持預算已知時，如何使得軍事投資之資源運用效能最大化。我們參酌國軍現行裝備妥善率標準如表 17，在不影響總體戰力發揮條件下，則依式 (27) 修正後，並無法滿足所有軍事投資計畫案之總額需求，因此我們將軍事滿足作業維持最低之水準，使得軍事投資預算最大化。投資計畫案中貢獻度較低者之計畫案 (P_{39} 及 P_{69}) 刪除後，年度預算總額為 1,254.45 億元 (包括作業維持預算 502.45 億元；軍事投資預算 752 億元)，上階層並可控管結餘之 7.55 億元作為緊急預備金，修正後之每筆計畫案實際獲得預算額度及預算分配如表 18、19。

表 14 各單位每筆計畫之決策變數修訂表

						x_{ij}			
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4
U_1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
U_2	1	1	1	1	1	1	1	0	0
U_3	1	1	1	1	1	1	1	0	0
U_4	1	1	1	1	1	1	1	1	0
U_5	1	1	1	1	1	1	1	1	0
U_6	1	1	1	1	1	1	1	1	0

表 15 調整後各單位年度可獲得預算分配彙整表 單位：新臺幣億元

	單位預算需求 (c_{ij})									需求總額
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	
U_1	32	26	18	15	12	46	37	0	0	186
U_2	36	31	20	14	7	52	36	0	0	196
U_3	42	29	18	13	11	56	35	0	0	204
U_4	28	25	17	16	16	43	36	32	0	213
U_5	39	27	21	12	5	47	34	31	0	216
U_6	33	26	22	17	10	42	31	19	0	200

表 16 修正後預算分配排序彙整表

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p_{ij}	p_{52}	p_{16}	p_{12}	p_{41}	p_{11}	p_{42}	p_{26}	p_{46}	p_{13}	p_{33}
c_{ij}	27	46	26	28	32	25	52	43	18	18
v_{ij}	66.7	60.9	57.7	57.1	56.2	56.0	55.8	55.8	55.5	55.5
i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
p_{ij}	p_{32}	p_{23}	p_{67}	p_{66}	p_{63}	p_{61}	p_{37}	p_{51}	p_{62}	p_{36}
c_{ij}	29	20	31	42	22	33	35	39	26	56
v_{ij}	55.2	55.0	54.8	54.8	54.5	54.5	54.3	53.9	53.9	53.6
i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
p_{ij}	p_{14}	p_{56}	p_{48}	p_{43}	p_{57}	p_{64}	p_{47}	p_{21}	p_{68}	p_{53}
c_{ij}	15	47	32	17	34	17	36	36	19	21
v_{ij}	53.3	53.2	53.1	52.9	52.9	52.9	52.8	52.7	52.6	52.4
i	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
p_{ij}	p_{31}	p_{22}	p_{17}	p_{54}	p_{44}	p_{27}	p_{58}	p_{38}	p_{18}	p_{34}
c_{ij}	42	31	37	12	16	36	31	23	28	13
v_{ij}	52.4	51.6	51.3	50.0	50.0	50.0	48.4	47.8	46.4	46.2
i	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
p_{ij}	p_{28}	p_{49}	p_{45}	p_{25}	p_{24}	p_{29}	p_{15}	p_{59}	p_{19}	p_{55}

c_{ij}	35	22	16	7	14	19	12	24	24	5	
v_{ij}	45.7	45.4	43.8	42.9	42.9	42.1	41.7	41.7	41.7	40.0	
i	51	52	53	54							Σ
p_{ij}	p_{65}	p_{39}	p_{69}	p_{35}							54
c_{ij}	10	18	13	11							1,421
v_{ij}	40.0	38.9	38.5	36.4							

註 1：x 表經審議後剔除之計畫案及其金額。

表 17 各類型部隊裝備妥善率標準表

區 分	戰力維持	基本維持
戰機	75	80
水面艦	75	80
潛艦	75	80
戰甲車	80	80
飛彈	80	80
直昇機	80	80
火砲	80	80
輕兵器	80	80
彈藥	80	80
通信	80	80

註 1：戰機妥善率不包括定期進廠維修之各類型戰機。

註 2：水面艦及潛艦不包括進場大修、歲修之各類型艦艇。

註 3：戰甲車、飛彈、直昇機及各類型火砲不包括定期進廠維修之裝備。

表 18 各單位每筆計畫案實際獲得預算額度彙整表

	x_{ij}					I_1	I_2	I_3	I_4
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5				
U_1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	1
U_2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	1
U_3	0.75	0.75	0.75	0.8	0.8	1	1	1	0
U_4	0.75	0.75	0.75	0.8	0.8	1	1	1	1
U_5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	1
U_6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	0

表 19 調整後各單位年度可獲得預算分配彙整表 單位：新臺幣億元

	單位預算需求 (c_{ij})									需求總額
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	
U_1	25.6	20.8	14.4	12	9.6	46	37	28	24	217.4
U_2	28.8	24.8	16.0	11.2	5.6	52	36	35	19	228.4
U_3	31.5	21.75	13.5	10.4	8.8	56	35	23	0	199.95
U_4	21.0	18.75	12.75	12.8	12.8	43	36	32	22	211.1
U_5	31.2	21.6	16.8	9.6	4.0	47	34	31	24	219.2
U_6	26.4	20.8	17.6	13.6	8.0	42	31	19	0	178.4

4.4 整數規劃驗證

為驗證採用線性規劃法的「近似解」來處理二階層資金配置的問題是否可以找到最適解，本研究再以 Matlab 軟體為工具，嘗試運用整數規劃來求解，驗證結果如後：

4.4.1 預算分配最佳化

1. 整體貢獻度最大化之下考量

在上階層尋求單位間滿意度最小，下階層試圖創造有限預算效能最大化，並基於整體貢獻度最大化條件下，可使用預算為 1,262 億元。由表 20、21 可看出經整數規劃求解結果，貢獻度由原先之 2,237 提升為 2532.2，基於此條件下的整體預算運用為 1,259 億元，上階層並可控管節餘之 3 億元作為緊急預備金。整體戰力價值 658，但滿意度差距擴大為 22.857%。

2. 整體預算最大化之考量

在上階層尋求單位間滿意度最小，下階層試圖創造有限預算效能最大化，並基

於整體預算最大化條件下，可使用預算為 1,262 億元。由表 22、23 可看出經整數規劃求解結果，貢獻度由原先之 2,237 提升為 2372.4，基於此條件下的整體預算運用為 1,262 億元，整體戰力價值 655，但滿意度差距擴大為 53.99%。

3. 整體戰力值最大化之考量

在上階層尋求單位間滿意度最小，下階層試圖創造有限預算效能最大化，並基於整體戰力值最大化條件下，可使用預算為 1,262 億元。由表 24、25 可看出經整數規劃求解結果，貢獻度由原先之 2,237 提升為 2278.9，基於此條件下的整體預算運用為 1,262 億元，整體戰力價值 674，但滿意度差距縮小為 8.3175%。因此就預算分配最佳化情況下，當不同之要求條件下（貢獻度最大化、預算最大化或戰力值最大化），則整體貢獻度、預算使用總額、整體戰力值及滿意度亦隨之改變如表 26。

表 20 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

	x_{ij}								
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4
U_1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
U_2	1	1	1	1	1	1	1	0	1
U_3	1	1	1	1	1	0	1	1	1
U_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_5	1	1	1	1	1	0	1	1	1
U_6	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 21 各單位計畫案實際可獲得預算分配表 單位：新臺幣億元

	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	需求總額
U_1	32	26	18	15	12	46	37	28	0	214
U_2	36	31	20	14	7	52	36	0	19	215
U_3	42	29	18	13	11	56	35	23	18	189
U_4	28	25	17	16	16	43	36	32	22	235
U_5	39	27	21	12	5	0	34	31	24	193
U_6	33	26	22	17	10	42	31	19	13	213

表 22 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

	x_{ij}					I_1	I_2	I_3	I_4
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5				
U_1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
U_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_6	1	1	1	1	1	0	0	0	0

表 23 各單位計畫案實際可獲得預算分配表 單位：新臺幣億元

	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	需求總額
U_1	32	0	0	15	12	46	37	28	24	194
U_2	36	31	20	14	7	52	36	35	19	250
U_3	42	29	18	13	11	56	35	23	18	245
U_4	28	25	17	16	16	43	36	32	22	235
U_5	39	27	21	12	5	47	34	31	24	240
U_6	33	26	22	17	0	0	0	0	0	98

表 24 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

	x_{ij}					I_1	I_2	I_3	I_4
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5				
U_1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_2	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_3	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_4	1	1	1	1	0	1	1	1	1
U_5	1	1	1	1	0	1	1	1	0
U_6	1	1	1	1	0	1	1	1	0

表 25 各單位計畫案實際可獲得預算分配表 單位：新臺幣億元

	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	需求總額
U_1	32	26	18	15	0	46	37	28	0	202
U_2	36	31	20	14	0	52	36	35	0	224
U_3	42	29	18	13	0	56	35	23	0	216
U_4	28	25	17	16	0	43	36	32	22	219
U_5	39	27	21	12	0	47	34	31	0	211
U_6	33	26	22	17	0	42	31	19	0	190

4.4.2 作業維持預算效能最大化

1. 整體貢獻度最大化之下考量

在尋求作業維持預算最大化條件下，可使用之作業維持預算為 642 億元。由表 27、28 可看出經整數規劃求解結果，貢獻度由原先之 2,237 提升為 2532.4，基於此條件下的整體預算運用為 1,260 億元(其中作業維持預算為 622)，整體戰力價值 657。

2. 整體預算最大化之下考量

在尋求作業維持預算最大化條件下，可使用之作業維持預算為 642 億元。由表 29、30 可看出經整數規劃求解結果，貢獻度由原先之 2,237 提升為 2532.4，基於此條件下的整體預算運用為 1,262 億元(其中作業維持預算為 624)，整體戰力價值 660。

表 26 預算分配最佳化條件下之數值分析表

	貢獻度最大化	預算最大化	戰力值最大化
貢獻度	2,532.2	2,372.4	2,278.9
整體預算	1,259 億	1,262 億	1,262 億
整體戰力值	658	655	674
滿意度%	22.857	53.99	8.3175

表 27 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

						x_{ij}			
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4
U_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_2	1	1	1	1	1	0	1	0	1
U_3	1	1	1	1	1	0	1	1	0
U_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_6	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 28 各單位計畫案實際可獲得預算分配表 單位：新臺幣億元

	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	需求總額
U_1	32	26	18	15	12	46	37	28	24	238
U_2	36	31	20	14	7	0	36	0	19	163
U_3	42	29	18	13	11	0	35	23	0	171
U_4	28	25	17	16	16	43	36	32	22	235
U_5	39	27	21	12	5	47	34	31	24	240
U_6	33	26	22	17	10	42	31	19	13	213

表 29 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

	x_{ij}								
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4
U_1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
U_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_5	1	1	1	1	1	1	1	0	1
U_6	1	1	1	1	1	1	0	0	0

3. 整體戰力值最大化之下考量

在尋求作業維持預算最大化條件下，可使用之作業維持預算為 642 億元。由表 31、32 可看出經整數規劃求解結果，貢獻度由原先之 2,237 提升為 2427.6，基於此條件下的整體預算運用為 1,262 億元（其中作業維持預算為 624），整體戰力值值 670。因此就作業維持效能最大化情況下，當不同之要求條件下（貢獻度最大化、預算最大化或戰力值最大化），則整體貢獻度、預算使用總額、整體戰力值及滿意度亦隨之

改變如表 33。

4.4.3 軍事投資預算效能最大化

在尋求軍事投資預算最大化條件下，可使用之軍事投資預算為 759 億元。由表 34、35 可看出經整數規劃求解結果，貢獻度由原先之 2,237 提升為貢獻度為 2361.5，基於此條件下的整體預算為 1261.5 億元（其中軍事投資預算為 759 億元），整體戰力價值 657.05。基於整體預算最大化及整體戰力值最大化之考量下，其求算結果與整體貢獻度之最大化數值相同。

表 30 各單位計畫案實際可獲得預算分配表 單位：新臺幣億元

	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	需求總額
U_1	32	26	18	15	12	46	0	0	24	173
U_2	36	31	20	14	7	52	36	35	19	250
U_3	42	29	18	13	11	56	35	23	18	245
U_4	28	25	17	16	16	43	36	32	22	235
U_5	39	27	21	12	5	47	34	0	24	109
U_6	33	26	22	17	10	42	0	0	0	150

表 31 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

	x_{ij}								
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4
U_1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
U_2	1	1	1	1	1	1	1	0	0
U_3	1	1	1	1	1	1	1	1	0
U_4	1	1	1	1	1	1	1	1	0
U_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_6	1	1	1	1	1	1	1	1	0

表 32 各單位計劃案實際可獲得預算分配表 單位：新臺幣億元

	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	需求總額
U_1	32	26	18	15	12	46	37	0	0	186
U_2	36	31	20	14	7	52	36	0	0	196
U_3	42	29	18	13	11	56	35	23	0	227
U_4	28	25	17	16	16	43	36	32	0	213
U_5	39	27	21	12	5	47	34	31	24	240
U_6	33	26	22	17	10	42	31	19	0	200

表 33 作業維持效能最大化條件下之數值分析表

	貢獻度最大化	預算最大化	戰力值最大化
貢獻度	2,532.4	2,532.4	2,427.6
整體預算	1,260 億	1,262 億	1,262 億
作業維持預算	622	624	624
整體戰力值	660	660	670

表 34 各單位每筆計劃案實際獲得預算額度彙整表

	x_{ij}									
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	
U_1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	0	
U_2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	1	
U_3	0.75	0.75	0.75	0.8	0.8	1	1	1	1	
U_4	0.75	0.75	0.75	0.8	0.8	1	1	1	1	
U_5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	1	
U_6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	1	

表 35 各單位計劃案實際可獲得預算分配表 單位：新臺幣億元

	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	需求總額
U_1	25.6	20.8	14.4	12	9.6	46	37	28	0	193.4
U_2	28.8	24.8	16	11.2	5.6	52	36	35	19	228.4
U_3	31.5	21.75	13.5	10.4	8.8	56	35	23	18	217.95
U_4	21	18.75	12.75	12.8	12.8	43	36	32	22	211.1
U_5	31.2	21.6	16.8	9.6	4.0	47	34	31	24	219.2
U_6	26.4	20.8	17.6	13.6	8.0	42	31	19	13	191.4

伍、結論與建議

論語季氏篇中孔子嘗曰：丘也聞有國有家者，不患寡而患不均，不患貧而患不

安……。對於本計畫無非是個最好的註解與寫照。本研究假定在國防預算資源受限之條件下，針對資源配置最適化進行研究。在探討我國國防資源管理制度，預算

作業流程後，並蒐集世界各先進國家有關軍事預算之區分標準與分配模式，作為我國防預算編製之重要參考。運用二階層規劃建構預算決策模式，使得國防部在總額預算固定條件下進行，預算分配時，如何能夠創造各下級單位計畫案之價值最大化；及各單位獲得資源分配之滿意度差距為最小，俾達有限預算創造最大價值乃為本研究最終之目標。文末，將有關重點結論及建議綜整說明如下：

5.1 結論

若依建軍指導「科技先導、資電優勢、聯合截擊、國土防衛」之優先順序列案。並假設國防部年度之總預算額度為 2,680 億元，國防部直屬單位及各級司令部依「國軍計畫預算制度-施政計畫作為手冊」之規定，編列目標年度預算需求計畫書，並依人員維持 (P)、作業維持 ($O+M$) 及軍事投資 (I) 三區分匡列之需求。針對上階層決策者執行預算分配、作業維持預算效能及軍事投資預算效能三方面，提出以下之結論。

1. 上層決策者執行預算分配效能最大

根據本研究之假設條件，經呈報國防部並逐案審查後，計 6 個單位 54 件計畫書 (P_{ij}) 通過審查，各單位編製預算需求高達 1,421 億元。考量國防部在追求其目標年度各計畫案產出之貢獻度為最大的狀態下，並採用式 (29) 之「線性規劃法」來處理，直至總計畫預算累計達 1,262 億元以內為止，再針對每一個計畫依其排序以作為預算分配之依據。由表 8 可看出，經上階層審查並考量年度可支配預算額度後 (1,262 億元)，計通過 42 個計畫案，實際支用預算額度為 1,248 億元 (包括作業維持預算 563 億元；軍事投資預算 685 億元)。從表 10 各單位每筆計畫可獲得預算配額度，而其方式僅依各計畫貢獻度大小為選取之必要條件，雖可使各計畫的累積貢獻

度為最大 2,237，但僅可滿足下階層的目標式與限制式之要求，但各單位滿意度之差距卻達 9.19%，不符合原設定之目標 (8%)。

因此，我們將上述結果再運用漸近法反覆實施調整，直至滿意度差距趨近於最小或漸近至可接受的最適範圍內為止。依表 12 各單位每筆計畫可獲得預算配額度，計算出下級單位的滿意度，此結果使各單位滿意度之差距從原來的 9.19%，縮小差距至 6.09%，另以單位別而言，其分別累積的貢獻度可達到更大標準 (2,276.2)。因此，上階層決策者可據此執行預算分配。

2. 作業維持預算效能最大化

由修正後之決策變數及預算分配如表 12、13，可得知的情況是當總預算額度固定條件下，人員維持預算已知時，為使得作業維持之資源運用效能最大化，我們假定為提升各級部隊現有武器裝備妥善率並致力改善官兵生活設施，將年度預算優先滿足作業維持費之預算總額 638 億元，其餘經費再分配軍事投資預算。則依式 (26) 修正後之預算總額為 1215 億元 (包括作業維持預算 638 億元；軍事投資預算 577 億元)，上階層並可控管結餘之 47 億元作為緊急預備金。

3. 軍事投資預算效能最大化

當總預算額度固定條件下，人員維持預算已知時，所剩下的經費既是用於軍事投資方面，而其最大的問題，就是如何使得軍事投資之資源運用效能最大化。假若我們參酌國軍現行裝備妥善率標準如表 17，在不影響總體戰力發揮條件下，滿足作業維持最低之水準，使得軍事投資預算最大化。則依式 (27) 修正後，並無法滿足所有軍事投資計畫案之總額需求，因此我們將軍事投資計畫案中貢獻度較低者之計畫案 (P_{39} 及 P_{69}) 刪除後，年度預算總額為 1,254.45 億元 (包括作業維持預算

502.45 億元；軍事投資預算 752 億元)，上階層並可控管結餘之 7.55 億元作為緊急預備金。

4. 整數規劃分析結果

本研究利用線性規劃之「近似解法」求得在二階層規劃之模式下，如何使得上階層在有限資金配置下，單位間滿意度差距最小，達到資源配置最適化且符合公平原則；而下階層在資源運用過程中，使得資源效能最大化（貢獻度最大）。

結果指出，在預算分配最佳化條件下，當尋求整體貢獻度最大時，則戰力值雖提升為 658，整體貢獻度提升為 2,532.2，但滿意度差距達 22.857%；若尋求預算運用最大化時，戰力值雖提升為 655，整體貢獻度為 2,372.4，但滿意度差距高達 53.99%；而在尋求戰力值最大化之目標下，雖整體貢獻度僅為 2,278.9，戰力值可提升為 674，但滿意度差距僅為 8.3175%。

在作業維持效能最大化條件下，當尋求整體貢獻度最大時，則戰力值為 660，整體貢獻度提升為 2,532.4，作業維持費可獲得預算為 622 億元；若尋求預算運用最大化時，戰力值為 660，整體貢獻度為 2,532.4，作業維持費可獲得預算為 624 億元；而在尋求戰力值最大化之目標下，雖整體貢獻度僅為 2,427.6，戰力值可提升為 670，作業維持費可獲得預算為 624 億元。

在軍事投資效能最大化之條件下，當尋求整體貢獻度、預算運用最大化或戰力值最大化時，可使用之軍事投資預算均為 759 億元。貢獻度由原先之 2,237 提升為貢獻度為 2,361.5，基於此條件下的整體預算額度為 1,261.5 億元（其中軍事投資預算為 759 億元），整體戰力價值 657.05。

5.2 建議

本研究所提及之貢獻度（V）與滿意度（R）概念導入二階層線性規劃模型，可使國防部所屬各司令部（含部本部及直屬

單位）均能達到各個計畫的貢獻度為最大外，俾達有限預算創造最大價值乃為本研究最終之目標。若各單位間滿意度差距最小，且國防部亦能有效控管資源的最適分配，方能提昇整體國軍戰力，滿足各項戰備任務之遂行。

經由第四節之實證研究可得知，上階層在執行預算分配時，除追求下級單位各計畫案所產出之總貢獻度為最大外，另為考量單位間的均衡發展，以避免資源集中在少數單位，而造成配置不當的現象，應同時考量對下級單位所獲得的預算分配滿意度落差為最小（本研究假設各單位獲得資源分配之滿意度差距為 8% 之內），以達到資源運用最適化之目標。另在研究過程中，發現在軍事預算分配過程中，下列二點建議殊值國防部參考：

1. 有關「戰力值」如何做客觀量化，以作為評估各計畫案對提升總體戰力之價值迄無完整之量化基準，建議國防部應網羅軍事專家制訂各項武器、裝備對提升戰力之基準表，並成立戰力審查評估小組，做為未來預算案審查之重要評鑑標準。
2. 現階段我國武器裝備採購仍以美國為主要對象，裝備武器採購品項受到國際政治影響，無法全般滿足我建軍備戰所需。但是在軍事投資建案之優先順序上，仍應結合「科技先導、資電優勢、聯合截擊、國土防衛」之建軍指導。尤其在強調未來聯合作戰之型態中，有關指管通情資監偵（C⁴ISR）等構成聯合作戰網絡之裝備，應是今後採購重點，始能發揮三軍統合戰力。

參考文獻

一、中文部分：

- 謝世佳，1991。資源的預測和最適分配，中興法商學報，第 21 期，298。
- 鄧進財，1997。完整背包問題之研究，科學發展，第 5 卷第 4 期，309-319。

- 韓海山、陳榮江、斯琴，2005。Server-Proxies-Users 系統收入分配的對策論模型及解的存在性，工程數學學報，第 22 卷 8 期，63-66。
- 龐明寶、魏連雨，2005。區域物流線路網絡雙層規劃研究，公路交通科技，第 22 卷 10 期，158-162。
- 杜學東、四兵峰，2005。基於隨機均衡配流的 O-D 量估計雙層規劃模型及算法，山東科技大學學報，第 31 卷 1 期，95-119。
- 楊有恆、虞孝成、楊駕人，2005。國防工業訓練員額核配二階層規劃模式之構建，國防管理學報，第 26 卷第 2 期，1-20。
- 王中允、嚴國基，2006。災區民眾疏散路網信賴度評估與重建模型之研究，運輸學刊，第 18 卷 3 期，297-329。
- 李治綱、謝汶進，2007。應用雙層次規劃於高速鐵路列車服務設計之研究，運輸計劃季刊，第 31 卷第 1 期，95-120。
- 滕春賢、姚鋒敏、陳東彥，2007。價格控制問題精確罰函數等價形式的研究，黑龍江大學自然科學學報，第 24 卷 1 期，10-15。
- 梁蜀東，1991。國防預算規模之決定，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
- 陳仁龍，1991。軍事投資最適化比例之研究，國防管理學院決策科學研究所碩士論文。
- 葉金城、馬君梅。1995，我國國防預算額度估測模式，國防部專題研究計畫。
- 楊志清，2000。時間數列模型在國防預算編列上之應用，淡江大學統計所碩士論文。
- 楊開銘，2000。中共國防費估測模式之研究，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
- 吳坤暉，2001。國防資源最適分配之二階段多目標規劃，交通大學經營管理研究所士論文。
- 蔡海璋，2002。以模糊理論建構軍事戰略決模式之研究，國防大學中正理工學院兵器系統工程研究所碩士論文。
- 陳章仁，2002。威脅型態、軍事防禦能力、區域衝突與國防預算關係之研究，國防管理學院財務資源管理研究所碩士論文。
- 游黃盛，2002。國防預算資源配置之研究-系統動態學之應用，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
- 陳勁甫、張正昌、陳珠龍，2004。軍事投資最適化比例之研究，第一屆台灣作業研究學會學術研討會暨 2004 年科技與管理學術研討會。
- 中華民國 2004 國防報告書，中華民國國防部。台北，2004。
- 日本平成 18 年版防衛白書，2006-7。
- 劉立倫，國防財務資源管理，揚智文化公司，台北，民國 94 年。
- 中央政府總預決算查詢及統計資料庫，行政院主計處。
- 網址：<http://nplbudget.ly.gov.tw/>。
- 中華民國國防部網站。
- 網址：<http://www.mnd.gov.tw>。
- 中華民國 2006 年國防報告書，國防部。
- 網址：<http://www.mnd.gov.tw/>。
- 日本防衛廳網站。
- 網址：<http://www.mod.go.jp/>。
- 英國國防部網站。
- 網址：<http://www.mod.uk/>。
- 法國國防部網站。
- 網址：<http://www.defense.gouv.fr/>。
- 美國國防部網站。
- 網址：<http://www.defenselink.mil/>。
- 韓國國防部網站。
- 網址：<http://www.mnd.go.kr/>。

二、英文部分：

- Athanassopoulos, A.D., 1998, Decision support for target-based resource allocation of public services in multiunit and multilevel system, *Management Science*, 44(2), 173-187.
- Bialas, W.F. and Karwan, M.H., 1984, Two-level Linear Programming, *Management Science*, 30(8), 1004-1020.
- Cheng, Eddie. W. L. and Li, H., 2001, Information priority-setting for better resource allocation using Analytic Hierarchy Process (AHP), *Information Management & Computer Security*; 9(2), 61-70.
- Coulomb, F. and Fontanel, J., 2005, An Economic Interpretation of French Military Expenditures, *Defence and Peace Economics*, 16(4), 297-315.
- Dantzig, G.B. 1957, Thoughts on Linear Programming and automations, *Management Science*, 3(2), 131-139. Doi, T., Ihori, T. and Kondo, H., 2002, Government Deficits, Political Inefficiency, and Fiscal Reconstruction in Japan, *Annals of Economics and Finance*, 3, 169-183.
- Goertz, G. and Diehl, P.F., 1986, Measuring Military Allocations A Comparison of Different Approaches, *The Journal of conflict resolution*, 30(3), 553-581.
- Heo, UK. & DeRouen, Karl, Jr., 1986, Military Expenditures, Technological Change, and Economic Growth, *The Journal of Politics*, 60(3), 830-846.
- Lee, M., 2003, Budget Process in Korea, Korea Institute of Public Finance.
- Liu Yi-Hsin & Thomas H. Spencer, 1995, Solving a Bilevel Linear Program When the Inner Decision Maker Controls Few, *European Journal of Operational Research*, 81(3), 644-651.
- Liu Yi-Hsin & Hart Stephen M., 1994, Characterizing an Optimal Solution to the Linear Bi-level Programming Problem, *European Journal of Operational Research*, 73, (1), 164-166.
- Loch, Cristoph H. and Kavadias, S., 2002, Dynamic portfolio selection of NPD programs using marginal returns, *Management Science*, 28, 1227-1241.
- Setter, O. & A. Tishler, 2007, Budget Allocation for Integrative Technologies: Theory and Application to the U.S. Military”, *Defense and Peace Economics*, 18(2), 133-155.
- Stone, J. Craig, 2005, Planning defence budget allocations for Canada’s strategy 2020, *Defense and Peace Economics*, 16(3), 223-246.
- Teask, R.R. & Goldberg A., 1997, The Department of Defense 1947-1997: Organization and Leaders, Historical Office, Office of the Secretary of Defense, Washington, D.C. p.80.

附 錄

1. 線性二階層規劃：

令 H 是向量值且 F, G 是在 $R^{n_1+n_2}$ 定義下的實際函數值，其限制式：

$$S = \{(x, y) \in R^{n_1+n_2} : H(x, y) \leq u, (x, y) \geq 0\}$$

是 $R^{n_1+n_2}$ 的非空有界子集合，同樣地

$\forall x \text{ s.t. } (x, y^*) \in S$ ，令

$$Y(x) = \{y^* : G(x, y^*) \geq G(x, y), (x, y) \in S\}$$

如此二階規劃(BLP)為 $\max_{(x, y) \in \Psi(S)} F(x, y)$ 其中

$$\Psi(S) = \{(x, y) : (x, y) \in S, y \in Y(x)\}$$

是BLP的可行解域。當函數 F, G 及 H 是線性函

數，此外(BLP)是線性二階層規劃

(LBP)，則其型式如下：

(LBP)

$$\begin{aligned} \max \quad & ax + by \quad y \text{ 解得} \\ \max \quad & dy \\ \text{s.t.} \quad & Ax + By \leq u \quad \dots\dots\dots(1) \\ & x, y \geq 0 \end{aligned}$$

其中

$$a \in R^{n_1}, b, d \in R^{n_2}, u \in R^m,$$

$$A \in R^{m \times n_1}, \text{ and } B \in R^{m \times n_2}$$

$$\text{限制式 } S = \{(x, y) : Ax + By \leq u, (x, y) \geq 0\}$$

是 $R^{n_1+n_2}$ 一個非空有界子集合，基於這個假設，對於每一個 $\bar{x}$ ，下層決策者(or the inner planner's)的決策問題

$$\begin{aligned} \max \quad & dy \\ \text{s.t.} \quad & By \leq u - A\bar{x} \quad \dots\dots\dots(2) \\ & y \geq 0 \end{aligned}$$

有一個最佳解。有關於向量 $\bar{x}$ 的所有理想解集合被稱為下階層計畫者的最適反應集合(Feasible Reaction Set)，以 $Y(\bar{x})$ 符號表示之；而上階層計畫者(outer planner)的可行區域係包含在 S 集合內之 f 函數所有合理反應的集合，其定義為

$$\psi(S) = \{(x, y) : (x, y) \in S, y \in Y(x)\}。$$

任意一點 $(x', y') \in \psi(S)$ 使得

$$ax' + by' \geq ax'' + by''$$

$$(x'', y'') \in \psi(S) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式(3)即為二階層線性規劃問題之最適解(Optimal Solution)。值得注意的是，有關 LBLP 的幾何特性已經諸多學者研究，現將二階層線性規劃問題的幾何特性說明如下：

1. $\psi(S)$ 是屬於 S 集合中的一個連續子集

合。

2. 如果二階層線性規劃問題有一個最適解，那麼該最適解會出現在一個端點(Extreme Point)上，因此這個在 S 集合的 $\psi(S)$ 子集合中，就是二階層線性規劃問題的最適解範圍。

有關眾多解決二階層線性規劃問題的技巧，都是依據上述二項的幾何特性發展，這些技巧一般均引用「頂點列舉法(Vertex enumeration approaches)」來求解。簡單來說，頂點列舉法係逐一系列出在 S 集合內的所有端點，然後再找出在 $\psi(S)$ 子集合中的第一個端點，該點就是最佳解。也就是說，如果上階層目標式經由演繹求得的第一個理想解屬於 S 集合，而在理想解鄰近且連續的端點上，其目標式的價值(values)均呈逐漸遞減現象時，這個在 $\psi(S)$ 子集合中的理想解，就是二階層線性規劃問題的最佳解。

而線性二階規劃是一個非線性問題，一般從 $\psi(S)$ 是一個非凸集合，沒有凸面即可明顯看出。這個問題的複雜是可以想像的，而求解演算則依每一個實際地問題的性質而定 Liu & Hart(1994)、Liu & Thomas(1995)。本節最主要是討論與描述 LBLP 在可行解域中的最佳解的幾何特性。首先重述 LBLP 的基本定義：

$$\begin{aligned} \text{LBLP} \quad & \max_{x,y} f(x, y) = ax + by \text{ where } y \text{ solves} \\ & \max_y f(x, y) = cx + dy \quad \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

假設 S_x 是 $R^{n_1+n_2}$ 一個非空有界子集合，此乃下層決策者的可行解域(feasible region)，對於每一給定的 $\bar{x}$

$$Y(\bar{x}) = \{y^* : dy^* \geq dy, \forall (\bar{x}, y) \in S\}$$

則 LBLP 的可行解域是

$$\psi(S) = \{(x, y) : (x, y) \in S, y \in Y(x)\}。$$

LBLP 的最佳解被定義如下：

【Definition 3.1】

如果
 $ax^* + by^* \geq ax + by, \forall (x, y) \in \psi(S)$ ，則 LBLP 的最佳解為 (x^*, y^*) 。

接著 LBLP 最佳解將如以下的定理的幾何特性。首先在 $\psi(S)$ 子集合中邊界可行解端點被定義為：

【Definition 3.2】

由於點 $(x, y) \in \psi(S)$ 子集合是一個界線上的最適端點，假如 S 集合存在一條邊線 E ，則 (x, y) 必為邊線 E 上的一個端點，而邊線 E 上的其他端點則不屬於 $\psi(S)$ 子集合的元素。

【Theorem 3.1】

假如上階層目標式求得的最佳解出現在 S 集合的 $\psi(S)$ 子集合中，該點就是二階層線性規劃問題的最佳解。

【Proof】：

因為 $\psi(S)$ 是 S 的子集合，定理必然成立。

【Theorem 3.2】

假如上階層目標式求得的最佳解出現在 S 集合內，但不在 $\psi(S)$ 子集合中，那麼會出現一個在界線上的最適端點，該點可以最適化二階層規劃的問題。

【Proof】：

令 (x^*, y^*) 是二階層規劃問題的最佳解，而 (x^*, y^*) 不是在邊界上的最適端點，若每一個連接 (x^*, y^*) 的端點均屬於 $\psi(S)$ ，基於理論的假說及因為 $\psi(S)$ 的連結性，使得有一個連接 (x^*, y^*) 的端點 $(\bar{x}, \bar{y})$ ，以致使

$ax' + by' \geq ax^* + by^*$ ，如果

$ax' + by' > ax^* + by^*$ ，那麼會與上述假設為最適解之 (x^*, y^*) 相互矛盾，因此得知 $ax' + by' = ax^* + by^*$ 。

若 (x', y') 為一邊界上的可行之端點，擇定理得證，否則重複上述之步驟 Liu & Hart(1994)、Liu & Thomas(1995)。上述定理說明了二階規劃最佳解的幾何特性。接著我們將討論有關二階規劃最佳解的求解複雜度。可證明 LBLP 屬於 NP-hard 層級的問題，也可顯示存在一個 NP-complete 的問題可以 LBLP 的形式來表達。我們考慮到如下之背包問題(Knapsack Problem)：

$$\begin{aligned} (K1) \quad & \max \sum_{i=1}^N a_i x_i \\ & s.t. \sum_{i=1}^N a_i x_i \leq \beta \dots\dots\dots (5) \\ & x_i \in \{0, 1\} \end{aligned}$$

限制式 $x_i \in \{0, 1\}$ 可以下述數學規劃之公式替代

$$\begin{aligned} (K2) \quad & \min \sum_{i=1}^N y_i \\ & s.t. \quad y_i = \inf \{x_i, 1 - x_i\} \dots\dots\dots (6) \\ & \quad 0 \leq x_i \leq 1 \end{aligned}$$

這問題可以二階規劃問題來重述：

$$\begin{aligned} (K3) \quad & \min \sum_{i=1}^N y_i \text{ where } y_i \text{ solves} \\ & \max y_i \\ & s.t. \quad y_i \leq x_i, \dots\dots\dots (7) \\ & \quad y_i \leq 1 - x_i, \\ & \quad 0 \leq x_i \leq 1 \\ & \quad 0 \leq y_i \end{aligned}$$

因此背包問題 (Knapsack Problem (K1)) 以 LBLP 的型式表達如下：

$$\begin{aligned}
& \max \sum_{i=1}^N a_i x_i - \sum_{i=1}^N M y_i, y_i \text{ 解得} \\
& \max \sum_{i=1}^N y_i \\
& \text{s.t.} \\
& \sum_{i=1}^N a_i x_i \leq \beta \quad \dots\dots\dots(8) \\
& y_i \leq x_i, \\
& y_i \leq 1 - x_i, \\
& 0 \leq x_i \leq 1 \\
& 0 \leq y_i
\end{aligned}$$

此處 M 是一個適當的大數，屬於NP-hard的問題，因此在LBLP中求取polynomial time algorithm的算法是不可能的。因此一個好的啟發式演算法為二階規劃問題求解重點，通常啟發式演算相對而言是較快捷，在現實中，快捷（有效率）及精確是求解問題時最被關切的兩個關鍵議題，有關啟發式演算運用主動限制式去決定可行解域或可行解集合以確保啟發式演算法是適當的。

2. 二階層規劃模式(Bi-level Programming Model)

2.1. 數學規劃

數學規劃是在某些限制條件下，求取某一目標函數之最佳解。換言之，數學規劃是用數學為表達工具，將實際問題明確地用目標、限制條件及決策變數以數學模式寫出，其基本型式為：

$$\begin{aligned}
& \text{Max } f(X) \\
& \text{s.t.} \\
& g_j(X) \leq u_j, j=1,2,\dots,m \quad \dots\dots\dots(9) \\
& X \geq 0
\end{aligned}$$

其中， $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 為決策變數； $f(X)$ 為目標函數； $g_j(X)$ 為第 j 條限制式； m 為限制條件總數。

多階層規劃(Multi-level Programming)為解決現今社會受階級、層次支配的決策系統所面臨之問題而發展出來的數學模式。常用於求解「分散決策式的規劃問題」，例如階層式管理結構的規劃問題。其決策者與決策變數分散於各階層，且各階層的決策者控制部分的決策變數。當決策系統僅涉及二個階層時稱為二階層規劃(Bi-level Programming, BLP)。二階層規劃屬於多階層規劃的一種特例，其架構中僅有兩個決策階層。二階層(簡稱上層、下層)存在互動的關係。下層的決策為對上層決策之反應；上層依據下層決策做總體之最佳決策。其基本特性為：

- 在階層的決策結構中，存在階層間互動的決策單位。
- 決策的執行或影響是連續的，從上階層至下階層。下階層決策者依循上階層之決策結果執行其決策。
- 每個階層的決策者獨立最佳化自己的目標函數，但會受其他階層決策結果之影響。

現行國防預算分配採三區分運作，包括：

- A：人員維持(P)
- B：作業費+維持($O\&M$)
- C：軍事投資(I)

年度總需求 $Y = P + (O + M) + I$ ，當滿足人員維持費用後，剩餘之經費預算為 $Q = Y - P$ ，此 Q 分配為作業維持($O+M$)及軍事投資(I)的經費，經費分配原則以能產生最大效能為考量，分配方式說明如下：首先首先建立一個基本模型，

$$\text{Max } W(O, M, I) \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{s.t. } C(O, M, I) \leq Y$$

將 O, M, I 詳列如下：

$$O = \{O_i : i = 1, 2, \dots, n_1\}$$

$$M = \{M_i : i = 1, 2, \dots, n_2\}$$

$$I = \{I_i : i = 1, 2, \dots, n_3\}$$

每一組裡的每一個份子 O_i, M_i , 及 I_i 都有一個價格 $c(O_i), c(M_i)$, 及 $c(I_i)$ 。而一個使用後產生的價值 $w(O_i), w(M_i)$, 及 $w(I_i)$ 。首先我們考慮決策因子相互間的關係是線性，模型如下：

$$\text{Max } \sum w(O_i)x_i + \sum w(M_i)y_i + \sum w(I_i)z_i$$

s.t

$$\sum c(O_i)x_i + \sum c(M_i)y_i + \sum c(I_i)z_i \leq Q$$

$$x_i, y_i, z_i \in \{0, 1\} \dots \dots \dots (11)$$

此模型不考慮非計量決策因子之影響。而且此模型假設變數間其價格及價值之關係為線性，此關係並不明確，需對國防預算分配進一步深入探討，若非線性關係，則考慮其他可行之函數或採用線性逼近法。有關 w 如何估算並不明確，找出適當之方式來求得精確之估算方法為一值得探討之議題。依目前實際操作層面，就國防部而言， w 值應以能滿足國軍建軍備戰，並能順利遂行各項戰備需求為最低標準。換句話說，不管是作業費 (O)、維持費 (M) 或軍事投資 (I)，其效能最大化之價值在於能夠滿足上述『預防戰爭、國土防衛、反恐制變』之國防政策基本目標。

年度匡列之國防預算各項分配需求，尤其是作業維持及軍事投資部分，常因總額度受限而不能滿足所有建案或計劃案 (proposal) 之需求，因此作業維持及軍事投資優先排序執行益顯重要，如何建立優先排序之運作模式，使得當國防預算總額度受限之條件下，仍可執行維持戰備需求

之作業維持費及建軍備戰亟須之年度軍事投資計畫案，適切滿足國軍戰備需求，乃為重要之課題。

更進一步說，每一個計畫案在 O, M 或 I 中都有相對的重要性，也就是說，將全部計畫案依其重要性分為幾個集合 $p_1, p_2, \dots, p_N$ ，依順序 p_1 比 p_2 重要， p_2 比 p_3 重要等，換言之每一個 O_i, M_i 和 I_i 依其重要性而做一致的分配，並依其重要程度各自分配到某一 p_j , $1 \leq j \leq N$ 因此假設

$p_1, p_2, \dots, p_k$ 為戰力維持所必須之年度計畫案，則其餘次級單位之 $p_{k+1}, \dots, p_N$ 則依總預算所剩餘之額度作優先順序之分配。

二階層規劃主要在提供決策者資源分配時之重要參考，實務操作非常適用。顯然地，當三個階層時亦可用二個二階層之概念來求解，並依此類推。國防預算決策機制之運作有明顯之層級結構關係，對多階層管理的國防實務與指揮體系而言，是非常適用於決策管理之依據。而且國防組織體系之決策模式與 Bi-level Programming 一致性很高，透過二階層規劃求算之最適解就是實際決策之結果顯現。但遺憾地目前為止預算額度產生方式與分配，乃是依據年度行政院中央政府歲出預算之分配額度，再綜彙國防部所屬單位之預算需求數額，經協調分配後決定各單位之預算額度，並未結合「科技先導、資電優勢、聯合截擊、國土防衛」建軍指導之優先排序（此亦為作業維持與軍事投資分配優先順序之準據），亦即作業維持與軍事投資之比例與數額，應當連結建軍指導，使得預算執行效能最大。本研究透過二階層規劃，上層問題為控制資源配置，以追求整體效益最大化，並使下層各單位滿意度差距最小；而下層問題為將年度資源計畫需求運用最大化。下層問題中滿足資源計畫

需求運用最大化受到上層問題中如何控制資源配置變數之影響。上層問題中整體效益最大化受到下層問題中資源計畫需求項目多寡之影響。本研究以動態規劃求解二階層規劃之問題，最後並利用實證分析驗證模式與求解方法之適用性與可行性。

2.2 二階層規劃模型建構

令

$$\begin{aligned} x &= (x_1, x_2, \dots, x_n) \\ y &= (y_1, y_2, \dots, y_m) \quad \dots\dots\dots (12) \\ x_i &\in \{0, 1\}, y_j \in \{0, 1\} \end{aligned}$$

則線性二階層規劃為：

$$\underset{x}{Max} \quad F(x, y) \quad \text{此 } y \text{ 使得} \dots\dots\dots (13)$$

$$\underset{y}{Max} \quad G(-, y) \dots\dots\dots (14)$$

$$s.t. \quad H(x, y) \leq u$$

$$x \in \{0, 1\}^n, y \in \{0, 1\}^m$$

此模型 F 為上階層目標函數， G 為下階層目標函數。Liu & Hart (1994)指出二階層線性規劃問題 (Bi-level Linear Programming Problem; BLPP)係上、下二個階層各自擁有目標函數及其獨自控制的一組決策變數子集合，以最適化各自的目標。二階層線性規劃之層級式架構乃利用一種嚴謹的層級秩序來規範每一個計畫者控制其決策變數的選擇，其決策機制係當上階層為達到最適價值(Feasible Values)，選擇企圖最適化其目標函數的決策變數，而在瞭解上階層決策變數之完整資訊後，下階層則選擇自己控制且可最適化其目標函數的決策變數，以達到其最適價值。因

此，二階層線性規劃問題意即在一個解集合(Feasible Region)中求得最適解(Optimal Solution)。二階層線性規劃的精神是上階層領導者藉資源分配規則及審查機制之制定，向下階層部屬傳達明確的指令，而下階層則依令訂定本身的最佳決策，並向上階層完成必要之資源需求計畫申請，經上階層審查機制詳實評核後，再由決策者下達至當的決策，使有限資源產生最適化配置。由此可知，該決策系統包含下列特性：

- 1.階級分明；
- 2.上級下達決策；
- 3.上級直接或間接控制所有變數；
- 4.下級僅直接控制部分變數。

其程序為：

- 1.上級藉資源分配規則及審查機制之制定，向下級傳達明確的命令；
- 2.依據上級的命令，下級考量自己的目標與資源條件，訂定一組最佳「決策」；
- 3.下級依其最佳決策向上級提出資源需求計畫書(Proposal)；
- 4.俟上級受理下級單位提出的所有計畫書後，依據本身的知識與權限完成審查作業，最後對有限資源作出「最適分配」的決定(楊有恆等，2005)。

在追求二階層線性規劃問題合理可行之最適解時，首應瞭解二階層之互動模式與因果關係。由二階層決策系統特性與運作程序得知，上階層直接控制變數組 $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ，而下階層僅能直接控制變數組 $(y_1, y_2, \dots, y_m)$ ，且 x 、 y 均為決策變數，在總資源 u^u 的條件限制下，上、下階層之互動模式詳如圖 3。

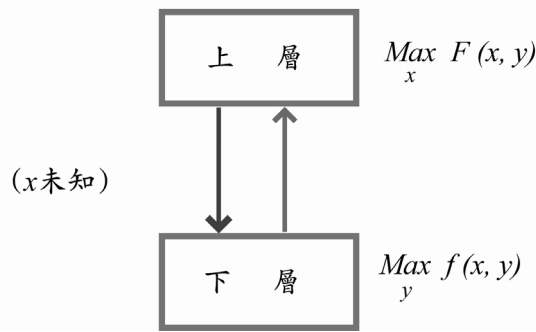


圖 4 二階層線性規劃模式示意圖

資料來源：自行研究整理

另輔以數學幾何特性說明，Liu & Hart 在 1994 年為解決二階層線性規劃問題時，首先令向量 $a, c, x \in \mathfrak{R}^{n_1}$ ， $b, d, y \in \mathfrak{R}^{n_2}$ ；而 $u \in \mathfrak{R}^m$ ，再者，令 A 和 B 為 $m \times n_1$ 、 $m \times n_2$ 之矩陣，依其特性及程序得知，二階層規劃問題在總資源 u 的條件限制下，上、下階層之目標式與限制式詳如式(15)、(16)。

上階層

$$\text{Max}_x$$

$$F(x, y) = a \cdot x + b \cdot y \dots\dots\dots (15)$$

where y solves

下階層

$$\text{Max}_y f(x, y) = c \cdot x + d \cdot y \dots\dots\dots (16)$$

限制式

$$(x, y) \in S,$$

$$S = \{(x, y) : Ax + By \leq u, x \geq 0, y \geq 0\}$$

由式(15)、(16)繪製二階層線性規劃問題之二維座標(Two-Dimension)求解示意，詳如圖 5，從該圖可以看出，基本上 y 在 $Ax + By \leq u$ 的限制下仍會有多個解(x 變動)，為能同時滿足上、下二個階層的目標式，最終將由 x 的確認所決定，並可能落在 S 邊界上。

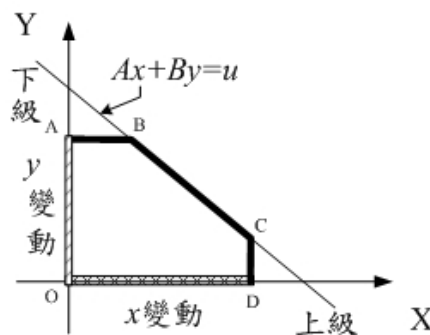


圖 5 二維空間(Two-Dimension)求解示意圖

資料來源：自行研究整理

依圖 5 所示，假設 S 是 $\mathfrak{R}^{n_1+n_2}$ 一個非空有界子集合，既然 S 集合被假設為有界限且不是空集合，則對應每一個向量 $\bar{x} \geq 0$ ，

其下階層計畫者(inner planner)的問題可界定為：

$$\begin{array}{c} \text{Max} \\ y \end{array}$$

$$f(x, y) = c\bar{x} + dy \dots\dots\dots (17)$$

$$\begin{array}{l} \text{s.t. } By \leq u - A\bar{x}, \\ y \geq 0 \end{array}$$

有關於向量 $\bar{x}$ 的所有理想解集合被稱為下階層計畫者的最適反應集合(Feasible Reaction Set)，以 $Y(\bar{x})$ 符號表示之；而上階層計畫者(outer planner)的可行區域係包含在 S 集合內之 f 函數所有合理反應的集合，其定義為

$$\psi(S) = \{(x, y) : (x, y) \in S, y \in Y(x)\}。$$

任意一點 $(x', y') \in \psi(S)$

使得 $ax' + by' \geq ax'' + by''$

for all

$$(x'', y'') \in \psi(S) \dots\dots\dots (18)$$

式(19)即為二階層線性規劃問題之最適解(Optimal Solution)。

經由上述演繹過程後，現將二階層線性規劃問題的幾何特性說明如下：

1. $\psi(S)$ 是屬於 S 集合中的一個連續子集合。
2. 如果二階層線性規劃問題有一個最適解，那麼該最適解會出現在一個端點(Extreme Point)上，因此這個在 S 集合的 $\psi(S)$ 子集合中，就是二階層線性規劃問題的最適解範圍 Liu & Hart(1994)、Liu & Thomas(1995)。

2.3 貢獻度與滿意度分析

一般而言，上層在執行資源分配時，所訂定的目標係在追求下層各單位之計畫案(proposals)所產生的價值為最大，此種價

值稱為「絕對價值」(楊有恆等，2005)。倘上層在絕對價值的政策指導下，將可能導致下層各單位為創造更大價值之目的，而在各計畫案中浮編預算，以爭取單位最大的預算額度，造成資源的過度浪費，而無法達到資源最有效率運用的目標。因此各下層單位在獲得年度預算分配時，可依式(19)來求得單位貢獻度，作為次年度資源分配之決策參考。本研究採用「相對價值」的衡量方式來解決，也就是用「貢獻度」的方式來衡量。而貢獻度係下層單位「計畫產生價值」與「計畫獲得資源分配」的比率，其目標式詳如式(19)， v_{ij} 為第 i 個單位第 j 個計畫的貢獻度。

$$v_{ij} = \frac{w_{ij}}{c_{ij}} \dots\dots\dots (19)$$

而當年度資源分配至各下層單位額度已確定，單位所獲得預算可執行之計畫案其產生之價值如式(20)。其中 x_{ij} 表示已核定執行之計畫案； v_{ij} 為第 i 個單位第 j 個計畫的貢獻度。

$$V_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} v_{ij}, i = 1, 2, \dots, k \dots\dots\dots (20)$$

因此下層單位年度資源分配之額度，其計畫執行產生之單位貢獻度如式(21)：

$$\text{單位貢獻度} = \frac{V_i}{\sum_{j=1}^k V_j}, i = 1, 2, \dots, k \dots\dots\dots (21)$$

位居上層階者要求下階層在總資源(B)的限制內產生最大之貢獻度，其目標式與限制式如式(22)、(23)。下階層之目標式表各單位追求計畫的貢獻度為最大；限制式則表示下階層單位間的資源分配總和不得大於上階層所掌握的總資源數。

$$\text{Max} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n v_{ij} \cdot x_{ij} \dots\dots\dots (22)$$

$$\text{S.t.} \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \leq B_i \dots\dots\dots (23)$$

$$\sum_{i=1}^k B_i \leq B$$

$$x_{ij} = \{0, 1\}$$

司令部在執行資源分配時，除要求下級各計畫案所產生的貢獻度為最大外，另應避免資源集中在少數單位而造成配置不公(當)，而導致下級單位發展失衡的現象，故特應考量下階層單位所獲得資源分配的「相對差異」為最小，以達到資源運用最適化之目標。故採用「滿意度」的衡量方式來達到各單位相對差異最小，所謂滿意度係下級單位「實際獲得資源分配」與「期望獲得資源分配」的比率，其目標式詳如式(24)， R_i 為第 i 個單位全部計畫所獲得資源分配的滿意度。

令 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ ，則滿意度

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{j=1}^n c_{ij}} \dots\dots\dots (24)$$

$$0 \leq R_i \leq 1$$

為確保下階層單位間資源分配合理，應先衡量下階層單位對上階層資源分配的滿意程度。本研究令 U 為 $R_1, R_2, \dots, R_n$ 之最大值，而 u 則為 $R_1, R_2, \dots, R_n$ 之最小值。當下階層各單位滿意度之差距為最小時，表示對下階層單位而言資源分配愈均衡，其目標式詳如式(25)。

$$\text{Min} \{U - u\} \dots\dots\dots (25)$$

$$U = \text{Max} R(x_{ij} | i = 1, \dots, k; j = 1, \dots, n) ;$$

$$u = \text{Min} R(x_{ij} | i = 1, \dots, k; j = 1, \dots, n)$$

(當 x_{ij} 已求解)

經由對上階層、及下階層目標與限制式的分析，最後彙整成之二階層資源分配模式詳如后。

上階層

$$\text{Min} \{U - u\}$$

$$\text{令 } R_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{j=1}^n c_{ij}} \text{ 為第 } i \text{ 單位之預算滿意度}$$

$$U = \text{Max} \{R_i; i = 1, 2, \dots, k, j = 1, 2, \dots, n\} ;$$

$$u = \text{Min} \{R_i; i = 1, 2, \dots, k, j = 1, 2, \dots, n\} ;$$

$$(0 \leq R_i \leq 1)$$

其中 x_{ij} 解得自

下階層

$$\text{Max} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n v_{ij} \cdot x_{ij}$$

$$v_{ij} = \frac{e_{ij}}{c_{ij}}$$

$$\text{S.t.} \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \leq B_i$$

$$\sum_i B_i \leq B, \quad (i = 1, 2, \dots, k, j = 1, 2, \dots, n)$$

$$x_{ij} = \{0, 1\}$$

當輸入下階層各單位資源需求計畫的價值(w_{ij})與所需資源(c_{ij})後，經由所建立的二階層資源分配模式，即可得知那些計畫可獲得上階層決策單位的資源分配，亦可以瞭解及管制資源配置的情形。

2.4 最佳解檢驗與分析

當二階規劃求得最佳解後，因二階規劃假設上層與下層獨立控制決策變數之特性，使得其解雖然是總體最佳解，然而進一步分析可使得資源分配與運用更能發揮最大效能。以下就年度國防總預算分配為例，進一步分析在人員維持費固定下（法定給與），如何使得作業維持或軍事投資之資源運用效能最大化。

1. 當總預算額度固定條件下，人員維持與軍事投資額度已知時，如何使得作業維持之資源運用效能最大化：其規劃模式如下：

$$\begin{aligned} & \text{Max} \\ & \sum w(OM_i)x_i \dots\dots\dots (26) \\ & \text{s.t.} \quad \sum w(I_i)y_i \geq L_i \\ & \quad \quad \sum c(OM_i)x_i + \sum c(I_i)y_i \leq Q \\ & \quad \quad x_i, y_i \geq 0 \end{aligned}$$

其中 L_i 為軍事投資在不影響總體戰力發揮條件下，最低可被接受之額度。

2. 當總預算額度固定條件下，人員維持與作業維持額度已知時，如何使得軍事投資之資源運用效能最大化：其規劃模式如下

$$\begin{aligned} & \text{Max} \\ & \sum w(I_i)z_i \dots\dots\dots (27) \\ & \text{s.t.} \quad \sum w(OM_i)x_i \geq L_{om} \\ & \quad \quad \sum c(OM_i)x_i + \sum c(I_i)y_i \leq Q \\ & \quad \quad x_i, y_i \geq 0 \end{aligned}$$

其中 L_{om} 為作業維持在不影響總體戰力發揮條件下，最低可被接受之額度。

本研究在第三章曾提及 Dantzig, G. B. (1957) 以「線性規劃法」來解決背包問題，及 Liu & Hart(1994) 運用「頂點列舉法」來

求取二階層規劃之最佳解。然為解決資源分配之二階層規劃問題，本研究試圖藉運用「線性規劃法」及「漸近法」綜合運用以求解。其解題之步驟如后。

步驟 1: 首先從各單位每件計畫所詳列之價值(w_{ij})與所需資源(c_{ij})，計算出各單位每筆計畫可產生之貢獻度(單位資源的價值比)。

步驟 2: 依各計畫之貢獻度由高而低重新依序排列，也就是說排在第一筆計畫的貢獻度比排在第二筆計畫的貢獻度高(或相等)，排在第二筆計畫的貢獻度又比排在第三筆計畫的貢獻度高(或相等)，依序類推。

步驟 3: 採用線性規劃法的「近似解」來處理二階層資源分配的問題，建立決策變數彙整表及各獲得單位預算分配表。即是令 x_{ij} 代表 p_{ij} 之決策變數 ($i=1, \dots, k; j=1, \dots, n$)，且 $x_{ij} \in \{1, 0\}$ ，計算詳如式(28)：

$$\begin{aligned} x_{ij}^1 &= \left\lceil B / c_{ij}^1 \right\rceil ; \\ x_{ij}^2 &= \left\lceil \left(B - c_{ij}^1 x_{ij}^1 \right) / c_{ij}^2 \right\rceil ; \\ x_{ij}^3 &= \left\lceil \left(B - c_{ij}^1 x_{ij}^1 - c_{ij}^2 x_{ij}^2 \right) / c_{ij}^3 \right\rceil ; \\ x_{ij}^{kn} &= \left\lceil \left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{ij}^{kn-1} x_{ij}^{kn-1} \right) / c_{ij}^{kn} \right\rceil \dots\dots (28) \end{aligned}$$

x_{ij}^1 ：代表排在第一筆計畫的決策變數；

c_{ij}^1 ：代表排在第一筆計畫所需的預算；

x_{ij}^{kn} ：代表排在最後一筆計畫的決策變數；

c_{ij}^{kn} ：代表排在最後一筆計畫所需的預算；

步驟 4: 依決策變數 x_i 計算出下級各單位之

間的滿意程度。採用漸近法經演繹求得滿意度差距趨近於最小時，即為二階層規劃問題之理想解(The Feasible Solution)。

步驟 5：倘若理想解未能趨近於最小時，則必須重新調整決策變數 x_i ，直至其理想解漸近至可接受的最適範圍內為止。

步驟 6：最佳解檢驗分析

- 1.當總預算額度固定條件下，人員維持與軍事投資額度已知時，如何使得作業維持之資源運用效能最大化。
- 2.當總預算額度固定條件下，人員維持與作業維持額度已知時，如何使得軍事投資之資源運用效能最大化。

