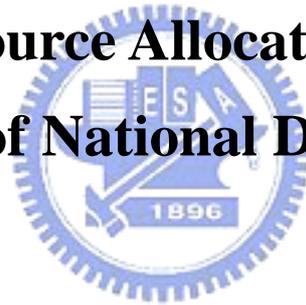


國立交通大學
管理學院
科技管理研究所

博士論文

國防預算最適化資源分配模式與應用
**Optimal Resource Allocation Model and
Application of National Defense Budget**



研究生：楊駕人

指導教授：洪志洋博士

中華民國九十六年十二月十七日

國防預算最適化資源分配模式與應用

Optimal Resource Allocation Model and Application of National Defense Budget

研究生：楊駕人

Student: Jia-Ren Yang

指導教授：洪志洋副教授

Advisor: Dr. Chih-Young Hung

國立交通大學

科技管理研究所

博士論文



A Dissertation

Submitted to Institute of Management of Technology

National Chiao-Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Doctor of Philosophy

in

Management of Technology

December 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年十二月十七日

國防預算最適化資源分配模式與應用

學生：楊駕人

指導教授：洪志洋博士

國立交通大學科技管理研究所

摘要

面對戰爭型態已從大規模戰爭轉變為區域性衝突之現實下，我國國防政策因應整體環境之改變，已做出轉型與革新。但是在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，已然成為國軍亟需思考之重要課題。

本研究應用二階層規劃理論 (Bi-level Programming)，嘗試在軍事預算總額度受限供給情境下，依人員維持、作業維持及軍事投資三區分之分配模式下，發展出國防資源配置最適化之模式，使得有限之預算分配與運用效能最大化，並在公平之基礎上，使得各單位之間滿意度差距最小。

本研究以國防部近年之國防預算分配平均值為實證分析之原始值，導入二階層規劃模式運用，採用線性規劃及近似解求解，實證結果顯示可使有限之資源分配達到運用效能最大化 (貢獻度最高)，並使得單位間之滿意度差距最小，達到資源配置最佳化之目標。

關鍵詞：資源配置、二階層規劃、最佳化、國防預算

Optimal Resource Allocation Model and Application of National Defense Budget

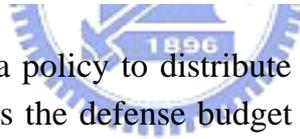
Student: Jia-Ren Yang

Advisor: Dr. Chih-Young Hung

Institute of Management of Technology
National Chiao Tung University

Abstract

The scale of war has evolved from large to small. The national defense department of the R.O.C. has developed a new policy to meet the changes of the modern world. Meanwhile, the national defense budget of the R.O.C. is not able to cover the needs. Therefore military developments are limited by the budget shortage. Consequently, the optimization of the resources allocation is an important issue.



This research develops a policy to distribute the limited fund. The models was constructed in considers the defense budget based on three items namely, personnel, maintenance, operating cost and the military investments. It uses the bilevel programming to develop an optimal policy for the distribution of national defense budget.

The bilevel model is solved by considering the history data of the national defense budget distribution to test the accuracy of the model. This bilevel model considers the maximization of the overall value of budget distribution under the idea of minimizing the difference of the ration of funded amount over request amount among the requesting units.

Key words: Resource allocation ; Bi-level Programming ; optimization ;
National defense budget

誌 謝

自民國七十三年十一月從陸軍官校畢業後，我在軍中歷練各項職務，在各級長官之指導與提攜下，職務歷練與晉任堪稱完整與順利，期間並曾於民八十五年與九十二年兩度獲得國軍莒光楷模之殊榮，並先後於國防大學陸軍學院、戰爭學院受訓。但是最令我感覺驕傲與成就者當屬於民九十三年於歷練新竹後備司令時，考取國防公費進入交通大學科技管理研究所就讀博士班。

博士班學程期間帶給我人生另一全新之體驗與學習，尤其在國內最知名學府之一的交通大學，師資陣容堅強且各執不同研究領域之牛耳，博碩班同學幾乎匯集全國之菁英學子；且諸多在職生又能分享其實務經驗與管理心得，使得博士生研究生涯變得既充實又充滿學習之樂趣。

在交通大學期間，我出奇幸運的遇上我的指導教授-洪志洋博士，一位學識淵博、誠懇待人的謙謙君子，他對學生的真誠關懷與熱心指導，使我對於人的尊重有更深層的啟發與體認；而研究過程中，玄奘大學講座教授劉宜欣博士以其對數學之精湛學術成就，給我在研究模式建構與推導中最大之幫助；中央大學楊肅煜教授對我論文之指導與修正，更令我銘感五內。所上諸多老師如曾國雄教授、虞孝成教授、徐作聖教授、袁建中教授等在各自研究領域中對我的指導與啟發，亦開啟我不同的視野。李義明教授及其博士生郭益廷在 Matlab 程式碼提供之協助，更令本論文增色不少。

而令人懷念的是在科管所這大家庭中，學長姊及學弟妹們大家均能敞開心胸作學術之切磋與研討，在互相交換彼此之學習心得及實務寶貴經驗中，充實每個人之智能。其中基生兄、貴英姊、秋江兄、文漢兄、慧君姊及楨屏、燕妮、立翰、昕翰、有恆、仁帥、筱琪、雅雯、瑾儀、又心及麗敏等博士班同學之協助，讓我研究與學習獲益良多，而我的摯友翁明雅、楊肅熒對我研究期間之協助與鼓勵更讓我感激不已。

而最令我感謝的是我的父親楊平和先生，他一生清苦，歷經古寧頭戰役、八二三砲戰，在戰爭威脅之生死交關下，他唯一掛念與心願就是我能頂天立地做人，在不同工作崗位上克盡本分。我的母親蔡敦娥女士亦對我付出最大之愛心與耐心。當然，內人王明鴻女士及我的兒子-子威及楚威，在我聚少離多的軍旅生涯中，未曾給我後顧之憂，也讓我在不同職務中能全力奉獻，更是我今日完成學業之有力後盾。我願將這小小研究成果，呈現給上述對我時時關心之師長、同學與親人，更願將所學回饋國家與社會，方不負國防部之栽培。

楊駕人 謹誌
交通大學科技管理研究所
民 96 年 12 月

國防預算最適化資源分配模式與應用

目 錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	4
1.3 研究範圍與限制	5
1.4 研究成果與章節安排	5
第二章 資源配置文獻回顧	6
2.1 資源配置之相關文獻探討	6
2.2 世界主要國家國防預算配置比較分析	8
2.3 預算限制下之最適分配研究方法	22
2.4 文獻小結	25
第三章 二階層規劃與模式建立	28
3.1 我國國防預算作業準據及編製流程	28
3.2 國防預算、軍費支出之操作定義	31
3.3 研究架構與方法	33
3.4 二階層規劃運用實例	34
3.5 二階層規劃的定義、緣起與最佳解特性	35
3.6 二階層規劃模式	42
3.7 研究步驟	60
第四章 模擬實證研究與分析	61
4.1 國防組織特性	61
4.2 模擬實證研究	63
4.3 最佳解檢驗與分析	73
4.4 整數規劃驗證	78
第五章 結論與建議	86
5.1 結論	86
5.2 建議	88

參考文獻 90
附錄 1：各單位每筆預算計劃書之決策變數 x_{ij} 值彙整表 95
附錄 2：各單位每筆預算計劃書之決策變數 x_{ij} 值彙整表 96
附錄 3：Matlab 使用之程式碼 97



表 目 錄

表 1	近十年中央政府歲出與國防支出數額比例表	3
表 2	近年各國國防實際支出占 GDP 百分比	10
表 3	近年各國國防總預算金額及占 GDP 百分比	11
表 4	我國近八年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率	13
表 5	日本近十年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率	15
表 6	美國近十年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率	16
表 7	英國近七年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率	18
表 8	各國軍事支出比較	19
表 9	資源分配量化模式比較表	27
表 10	預算編製作業流程	30
表 11	近十年中央政府預算、國防支出與 GDP 年增率	31
表 12	各單位年度計劃書預算需求表	53
表 13	各單位計劃案對提昇整體戰力價值表	54
表 14	各單位每筆計畫之貢獻度彙整表	54
表 15	各單位貢獻度排序彙整表	56
表 16	各單位每筆計畫之決策變數彙整表	56
表 17	各單位計劃案實際可獲得預算分配表	57
表 18	各單位每筆計畫之決策變數彙整表	58
表 19	各單位每筆計畫可獲得預算分配表	58
表 20	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	63
表 21	各單位年度計劃書預算需求表	65
表 22	各單位計劃案對提昇整體戰力價值表	65
表 23	各單位每筆計畫之貢獻度彙整表	66
表 24	各單位貢獻度排序彙整表	68
表 25	各單位每筆計畫之決策變數彙整表	69
表 26	各單位計劃案實際可獲得預算分配表	69
表 27	各單位每筆計畫之決策變數修訂表	70
表 28	調整後各單位年度可獲得預算分配彙整表	71
表 29	修正後預算分配排序彙整表	72
表 30	單位每筆計畫之決策變數修訂表	73

表 31	調整後各單位年度可獲得預算分配彙表	74
表 32	修正後預算分配排序彙整表	75
表 33	各類型部隊裝備妥善率標準表	76
表 34	各單位每筆計劃案實際獲得預算額度彙整表	77
表 35	調整後各單位年度可獲得預算分配彙整表	77
表 36	各單位每筆計畫之決策變數彙整表	78
表 37	各單位計劃案實際可獲得預算分配表	79
表 38	各單位每筆計畫之決策變數彙整表	79
表 39	各單位計劃案實際可獲得預算分配表	80
表 40	各單位每筆計畫之決策變數彙整表	80
表 41	各單位計劃案實際可獲得預算分配表	81
表 42	預算分配最佳化條件下之數值分析表	81
表 43	各單位每筆計畫之決策變數彙整表	82
表 44	各單位計劃案實際可獲得預算分配表	82
表 45	各單位每筆計畫之決策變數彙整表	83
表 46	各單位計劃案實際可獲得預算分配表	83
表 47	各單位每筆計畫之決策變數彙整表	84
表 48	各單位計劃案實際可獲得預算分配表	84
表 49	作業維持效能最大化條件下之數值分析表	84
表 50	各單位每筆計劃案實際獲得預算額度彙整表	85
表 51	各單位計劃案實際可獲得預算分配表	85

圖 目 錄

圖 1 我國軍費支出占總決算比率	1
圖 2 近十年政府歲出金額與國防支出比較圖	4
圖 3 我國軍費支出及占總決算比率	8
圖 4 近年各國國防實際支出占 GDP 百分比	9
圖 5 近年各國國防總預算金額及占 GDP 百分比	11
圖 6 我國近八年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率	13
圖 7 日本近十年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率	14
圖 8 美國近十年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率	16
圖 9 英國近七年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率	17
圖 10 日本國防層級新制下之預算單位	20
圖 11 加拿大國防預算分配過程	21
圖 12 德國國防預算規劃過程	22
圖 13 美國國家安全體系圖	29
圖 14 國防預算及軍費支出之操作定義流程	32
圖 15 研究架構	33
圖 16 二階層線性規劃模式示意圖	46
圖 17 二維空間求解示意圖	47
圖 18 研究步驟	60
圖 19 國防部組織架構圖	62

第一章 緒論

國家發展在多元目標下，資源分配與重點發展規劃方向必須因應國內外情勢變遷，形成整體性暨全面性規劃，而隨之展現之經濟效能，攸關國家長期競爭力甚鉅。隨著全球市場崛起，民生消費與福利建設逐漸成為政府施政目標的前提下，近年來各國無不致力於推動經濟發展，以強化國家之市場競爭力。過去十數年間，我國國家重點發展投射於經濟發展、教育、社會福利等方向，主要是因應知識經濟與全球化時代的來臨，藉此培育高階技術人才，提昇我國經濟競爭力並落實社會福利，照顧弱勢族群。因此，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%，逐年下降至民國 95 年度的 15.5%（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。雖然近十年（86-95 年度）國防預算平均額度約 2,793 億元，但是仍然無法滿足建軍備戰需求。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。

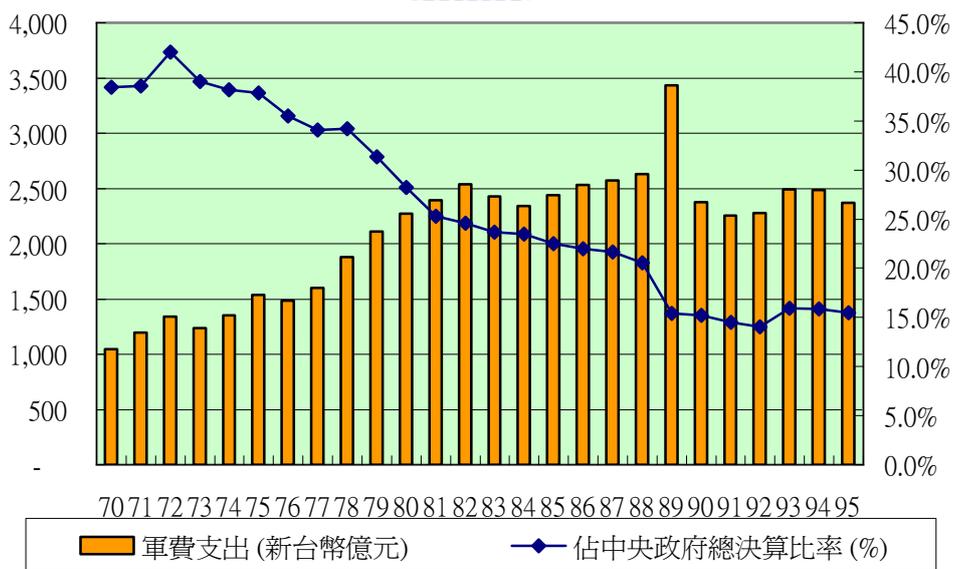


圖 1：我國軍費支出及占總決算比率

資料來源：本研究整理自行政院主計處

1.1 研究背景與動機

冷戰結束後，大規模傳統戰爭發生漸微，代之而起是高科技條件下之局部戰爭與區域性衝突，及國際恐怖分子之破壞事件。而我國國家安全面對之挑戰依然是來自於中共的武力威脅，尤其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逐年遽增。並將軍事發展重點置

於訊息、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，95年國防報告書(國防部，2006)昭示將因應局勢變化而做適當調整。明確指出國防部將91年頒訂之國防政策基本目標『預防戰爭、國土防衛、反恐制變』做適當之轉型。而國防政策的改變對於國防資源運用與配置優先順序之影響甚大。依國防報告書指出：所謂「國防轉型」是在國防領域結合觀念、方法、組織、資源、技術與準則等要素的共同發展，追求根本性、突破性變革的一種連續及整合過程。其內容區分「迎接挑戰」、「革新轉變」、「全民國防」三部分，其重要革新事項臚列於後：

- (一)國軍推動轉型係以「知識化、專業化、科學化、聯合化」為目標，區分戰略、組織、人力及戰力四大主軸。針對國防組織及部隊型態進行改造工程，期藉由「發揮高效能的組織與人力」及「適應新挑戰的戰略與戰力」，建構一支量小質精的國防武力。
- (二)國防轉型的驅動力包含外部與內部因素。外部因素指國際安全情勢變遷及威脅型態改變等；而內部因素涵蓋國防資源限制、社會民意期待與戰略社群訴求等。
- (三)國軍軍事戰略從民國38年的「攻勢作為」，因應國內外局勢變遷而歷經「攻守一體」、「守勢防衛」，迄民國91年依「全民防衛政策」，調整「防衛固守、有效嚇阻」戰略構想為「有效嚇阻、防衛固守」之「積極防衛」。策定「科技先導、資電優勢、聯合截擊、國土防衛」為建軍指導，以「戰略持久、戰術速決」為用兵指導，規劃三軍聯合作戰之戰力整建。
- (四)在國防二法(國防法與國防部組織法)運作後，國軍基於「戰力維持、持續運作、均衡發展、有效整合」四項原則，結合未來建軍規劃，訂定國防組織及兵力結構調整方向，賡續朝提升聯合作戰能力、減少指揮層級、積極推動募兵制及強化聯合作戰訓練等方向實施革新轉型。
- (五)科技發展帶動軍事革新，國軍進行整體國防轉型，即將籌建現代化武器裝備(軍事投資)列為國防施政重要之一環。期藉武器的獲得與維護，滿足建軍備戰需求。並藉由嚴謹之武器建案審查程序，以審慎評估武器獲得的效益與方式。並將未來軍事投資重點置於「指、管、通、資、情、監、偵(C⁴ISR)系統」、「聯合防空」、「聯合截擊」、「國土防衛」等重要戰力整建上，確保整體戰力維持「質」的優勢。
- (六)國軍規劃聯合作戰整體構想概念，係以構建「遠距縱深作戰」及「同步聯合接戰」能力，以達成「源頭嚇阻、海空攔截、泊灘岸殲滅」之目的。

統計近十年來，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 95 年度的 1 兆 5,716 億餘元，增加約 4,109 億餘元，約成長 36.46%（比較如表 1、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 95 年度約 2,406 億餘元，僅占中央政府總預算比例約 15.30%。不僅未隨中央政府總預算增加而增加，反而減少約 128 億餘元，呈現負成長約 5.32%的趨勢（行政院主計處，2007）。表 1 顯示國防支出佔中央政府歲出比例由 86 年度之 22%，逐年下降至 95 年度之 15.3%。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額度不穩定與預測之困難性，故本研究嘗試發展一套針對此問題做出較合理的規劃模式。

表 1：近十年中央政府歲出與國防支出數額比例表

近十年中央政府歲出與國防支出數額比較表			單位：億元
年度	中央政府歲出	國防支出	所佔比例 %
86 年度	11,517	2,534	22
87 年度	11,870	2,571	21.66
88 年度	12,819	2,631	20.52
89 年度	22,301	3,432	15.39
90 年度	15,597	2,377	15.24
91 年度	15,519	2,410	15.53
92 年度	16,181	2,430	15.02
93 年度	15,647	2,488	15.9
94 年度	15,669	2,485	15.86
95 年度	15,716	2,405	15.3

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

研究發現對於國防預算之研究文獻豐富，學者試圖透過不同之研究途徑與方法，尋求預算分配之最有效方法或最大化預算使用之價值，但卻忽略在追求價值最大化過程中，考慮預算分配之公平性與單位、部門間之滿意度，及層級間之特

性。因此，本研究運用二階層規劃，建構預算配置最適化模式，使得上階層控制預算分配時，縮短單位間滿意度差距，達到公平之目標，而下階層則利用有限之資源，創造價值最大化。此亦是本研究之動機。

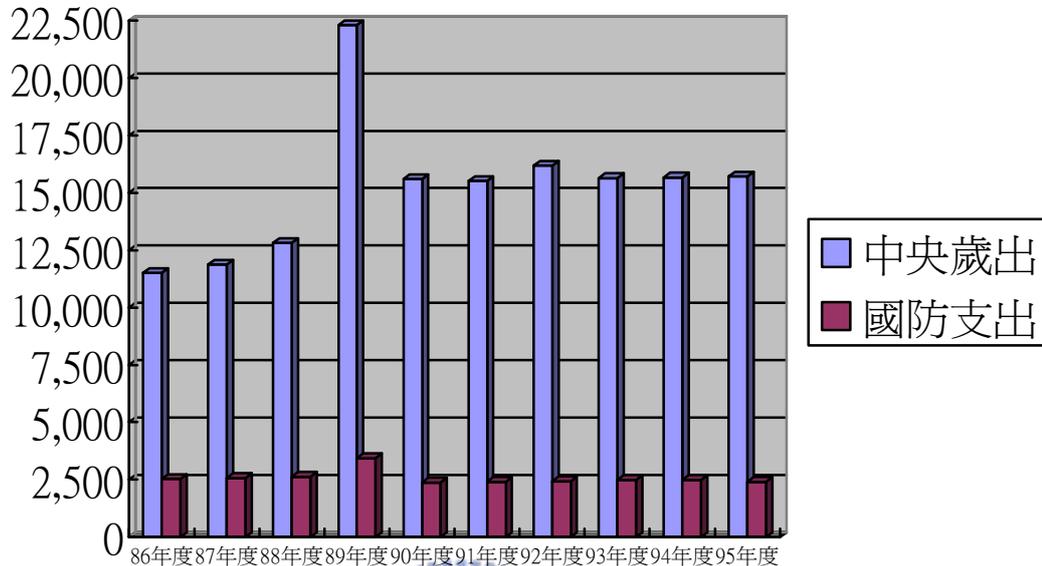


圖 2：近十年政府歲出金額與國防支出比較圖

資料來源：整理自中央政府總預決算查詢及統計資料庫

單位：億元

1.2 研究目的

根據上述研究背景與動機，本研究主要從目前我國國防預算分配（資金配置）做一分析，探討資金配置之實務操作與影響因素。其次，在有限之國防預算下，考量現階段主要以人員維持、作業維持及軍事投資之三區分為主要分配模式下，資金如何有效配置，使得建軍備戰成效極大化，將有助於國防建軍目標之達成。具體而言，本研究透過探討世界主要國家，有關國防預算分配之操作模式與考量因素等相關文獻，瞭解他國如何從事類似的研究及計劃，吸取寶貴的經驗及有效資料，作為國防部爾後之決策參考。另分析目前我國國防預算配置之作業流程與準據及其他相關問題。研究主要目的在建構當額度受限之情境下，資金配置最適化之模型，將模型導入實務操作，使得資源配置與運用之效能最佳化。利用二階層規劃之模式推導，進行模擬實證分析與檢驗，冀望在執行預算分配中，除達到創造價值最大化（貢獻度）及滿意度相對差異最小外，建構作業維持與軍事投資最適配置之運作模式，俾使分析結果更符合實務需求。

1.3 研究範圍與限制

本研究之範疇主要是國防預算分配（資金配置）模式最適化問題，故研究過程及結果可能為以下所限制：

- (一)為避免涉及國防機密，本研究所使用與國防事務相關之資料與文獻均為已公開之資訊，未經合法公開之資料無法列入本研究使用；
- (二)有關國防預算配置模型僅以資金配置為研究要素，為便於研究之解釋與說明，其中案例說明均使用假設性數據表示；
- (三)在資金配置之模式建構與推導過程中，非計量之決策因子不列入考慮，避免因過於複雜而使得求算結果無法收斂；
- (四)國防整體資源管理與運用，包含財務資源、人力資源與物力資源三方面，本研究僅針對財務資源有關之資金配置規劃進行研究。
- (五)文內之戰力值迄今尚缺乏可供驗證之量化基準，因此所提供之數據為假設之給定值。

1.4 研究成果與章節安排

本研究希望透過探討世界主要國家，有關軍事預算分配之操作模式與考量因素等相關文獻，瞭解他國如何從事類似的研究及計劃，吸取寶貴的經驗及有效資料，並據以建立參考資料，作為國防部爾後之決策參考。而研究主要目的，在建構當額度受限之境境下，資源配置最適化之模型，將模型導入實務操作，使得資源配置與運用之效能最佳化。預算分配理應合建軍指導「科技先導、資電優勢、聯合截擊、國土防衛」優先順序列案。在優先分配人員維持之法定給與後，其餘經費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最小，俾達有限預算創造最大價值之目標。本研究除了透過二階層規劃求得最佳解外，更發展出最佳解檢驗分析，檢驗在一定條件下，如何使得作業維持費或軍事投資預算之預算運用效能最大化；另以 Matlab 為工具，運用整數規劃求得在各種條件下，求解結果如何支援決策行為，此亦是本研究之最大貢獻。

有關章節安排除第一章緒論外，本文第二部分將就資源配置文獻進行回顧探討，第三章為二階層規劃與模式建立，第四章為模擬實證研究與分析，最後一章節是結論與建議。

第二章 資源配置文獻回顧

為瞭解學者對有關資源配置理論之探討與實際運用，在本章中將進行文獻回顧；並針對世界主要國家之國防預算配置作比較分析，研究各國預算配置方式、作法、配置程序及分配比例。

2.1 資源配置之相關文獻探討

關於資源配置之理論建構與應用，不同研究領域之學者針對需求提出不同理論基礎或研究方法，以解決實務上面對之決策問題。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線（Baseline）以察覺異常的軍事資源分配？
3. 在檢測的期間內，正常資源分配的基準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？

透過上述四個評量準則的檢測，就可將軍事資源分配是否合理有效用下列不同估算方法來比較分析：

1. 軍事費用與國民生產毛額（GNP）的比例；
2. 軍事費用與國家總收入（National Income）的比例；
3. 軍事費用與政府預算（Government Budgets）的比例；
4. 軍事人員與國家總人口（Total Population）的比例；
5. 運用百分比對工業產能（Industrial Capability）與軍事費用之分配之比較；
6. 不同時期之預測軍事費用與實際軍事費用比較。

但是Geortz & Diehl僅注重在軍事資源預算分配之量測指標，及軍事資源分配與國家各類數值之比例分析與比較。Athassopoulos (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。而在模型建構部分，在互動規劃架構中結合資料包絡分析(DEA)及整數目標規劃。以消防單位為例以說明方法發展以協助資源分配過程的運用。陳勁甫（2004）等以倒傳遞類神經網路結合基因遺傳演算法對軍事投資預算分配提供一新解決方式，並依此建立各項軍事投資組合最適比例與戰力之效用函數(Utility Function)；

而針對不同組織型態（中央集權式或分權式）的資源分配模式亦有許多學者投入研究。例如Korhonen & Syrjanen (2004)發展一個以效益分析為主的資源分配方法，以超級市場連鎖店、銀行與大學為例實證在中央集權式的決策模式中，上級單位被認為僅對個別單位依照對他們不同的資源配置使得總產出量最大化感興趣。在研究方法上依照DEA及多目標線性規劃

(MOLP)方法發展一個互動模式來求得資源計畫最有利。而Green Ali (2000)以巴基斯坦Balochistan省為例，研究在分權化組織型態下，衛生系統的資源配置與預算機制，實證指出關鍵政治與技術問題攸關於公共衛生系統的撥用資源配置與預算機制的發展，在分權政策的路線上及在執行上存在技術限制下。無論如何，這個技術系統的發展，當必要時，沒有足夠條件去實施資源配置與分權預算執行系統。

而令人感興趣的是有學者從自由主義與不同宗教形式的觀點分析比較軍事資源配置的異同。Fordham & Walker (2005)運用1816年以來許多國家的資料實證，民主國家的自由主張是否會導致較少軍事資源的支出。並檢證低軍事花費被認為避免衝突上升及釋放更多資源於提供國內各項計畫的事實是否存在。實證結果顯示雖然不同宗教形式並無很強證據影響軍事資源配置。但是康德自由主義觀點特別凸顯，亦即這個主張經少部分實證民主國家的自由主張會導致較少軍事資源的支出。強調自由主義國際關係理論期望民主國家減少軍事花費有兩個主要理由：

1. 高度軍事花費增強安全的困境（風險）；
2. 高度軍事化迫使國內安康生活瀕於危險境地。

Fordham & Walker並指出估算每個國家軍事目的支出是否偏高？可依下列三點檢驗之：

1. 軍事費用佔國內生產毛額（GDP）的比例；
2. 軍事人員佔國內總人口的比例；
3. 軍事資源分配指標的迴歸分析。

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。Smith & Dunne (2002)運用1960-1997年的28國資料來檢驗軍事支出、投資與成長的關係。它簡要回顧經濟理論，強調定義有關於決定軍事支出與產出兩者之間的互動關係是很困難的，作者運用計量經濟學中Cobb-Douglas生產函數的模型來估算檢驗三個變數間（軍事支出、投資與成長）的互動。研究結果顯示並無證據支持軍事支出與其他投資或成長之間彼此任何之強烈關係。

綜觀上述學者對資源配置之研究，不論是對於軍事資源預算分配之量測指標，及軍事資源分配與國家各類數值之比例分析與比較；或試圖建立各項軍事投資組合最適比例與戰力之效用函數；甚至研究在不同組織型態（中央集權式或分權式）的資源分配模式；甚而研究不同國家間軍事投資與經濟發展之相互關係等，皆忽視軍事組織之多層級架構特性與預算配置

公平性之考量。

2.2 世界主要國家國防預算配置比較分析

隨著全球市場崛起，民生消費與福利建設逐漸成為政府施政目標的前提下，近年來各國無不致力於推動經濟發展，以強化國家之全球競爭力。但是不同國家之國防預算配置卻反映出不同國情需求、威脅認知與施政理念及決策模式。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建立資料，以作為後續研究之參考。

我國自民國 76 年解嚴之後，在國防軍費支出占總決算的比率上，由民國 77 年度的 34.1%，逐步下降至民國 95 年度的 15.5%（如圖 3），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。

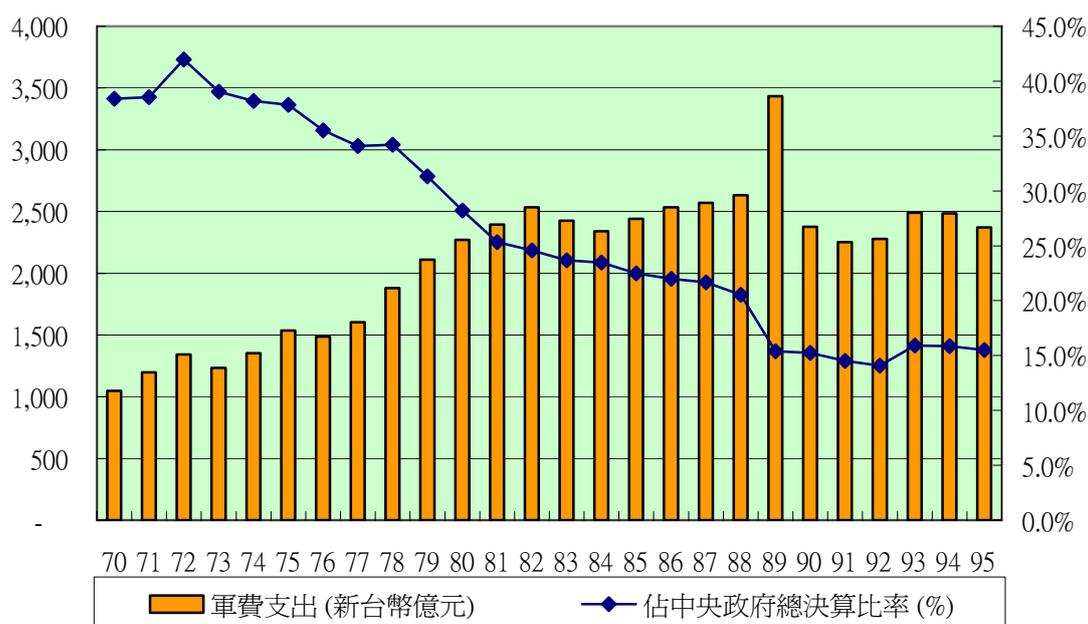


圖 3 我國軍費支出及占總決算比率

資料來源：行政院主計處

但是在詭譎多變的兩岸情勢與區域安全的考量下，適當之國防支出乃維繫和平之必要手段。國防預算乃為一國戰力之量能，並與國家安全具有高度相關，因此如何在有限之國防預算下，分配資源於各項軍事投資中，使預算的總效益發揮最大，便成為國防資源管理中的重要研究課題。有鑑於此，本研究擬先針對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，瞭解他國如何從事類似的研究及計劃，以作為後續研究之參考。

2.2.1 各國軍事實際支出及國防預算占 GDP 比率

1. 各國軍事支出占 GDP 比率

環視世界主要國家在國防預算編製及軍事之相關費用上，近年來已逐漸降低相關之支出比率，並著重與本國之經濟與民生發展之上。然而世界無廉價之安全，國防乃為一國國家安全之基礎，若要使社會、經濟在安全的環境中穩定發展，則必要之國防力量仍須予以重視。為了在一致性基礎下從事各國國防相關支出及預算之比較，以下就各國國防實際支出，以及各國國防預算占其 GDP 之比率進行分析（如表 2）。

實際軍事支出（決算數）與國防預算最大的差異在於，實際之軍事支出包含當年度之特別或專案支出，而此類費用通常不包含於預算當中，因此可觀察其歷史性變化及非預期性因素之影響。

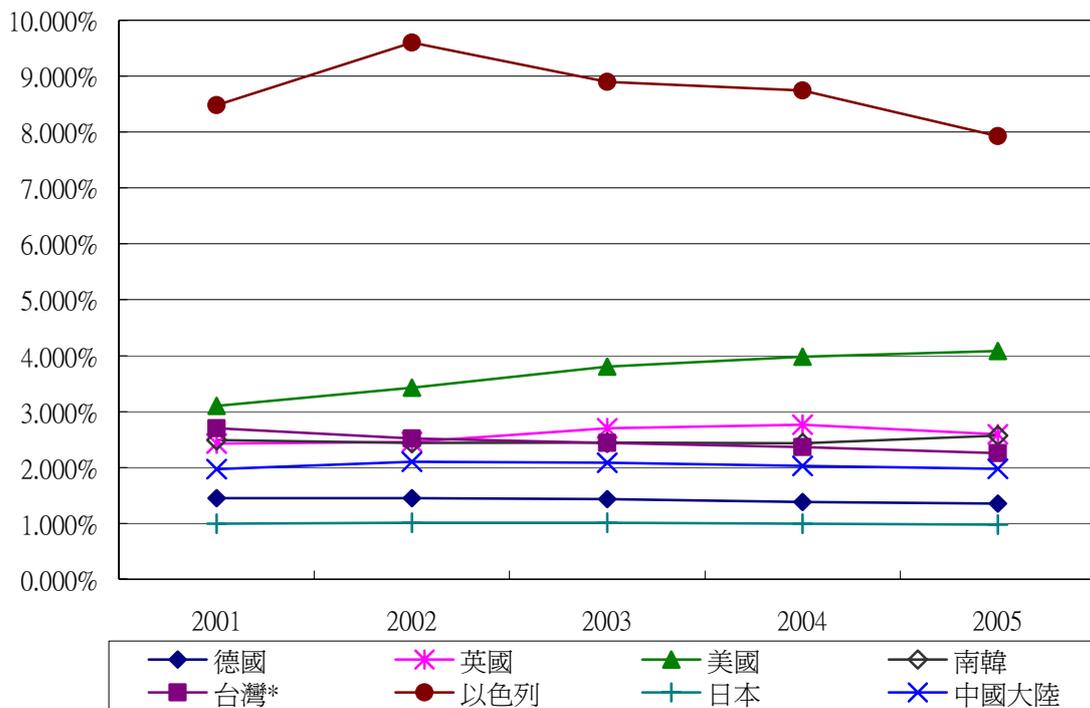


圖 4 近年各國國防實際支出占 GDP 百分比

表 2 近年各國國防實際支出占 GDP 百分比 (單位：%)

	2001	2002	2003	2004	2005
德國	1.450	1.453	1.436	1.382	1.354
英國	2.430	2.453	2.699	2.767	2.593
美國	3.104	3.424	3.803	3.979	4.084
南韓	2.491	2.436	2.443	2.430	2.569
台灣 ¹	2.699	2.516	2.441	2.367	2.258
以色列	8.483	9.600	8.898	8.742	7.925
日本	0.997	1.012	1.010	0.991	0.974
中國大陸 ²	1.970	2.102	2.084	2.027	1.974

資料來源：本研究整理自 WDI 2007；行政院主計處；經濟部統計局；

註 1：台灣之支出百分比係以行政院主計處決算資料及經濟部統計局公布資料計算

註 2：中國大陸資料係由 WDI 2007 資料庫中取得，但不包含隱藏性之特別預算金額

由圖 4 可發現，目前多數國家在軍事支出占 GDP 之比例上，大多介於 1.00% ~ 3.00% 之間，且其支出比例之變化呈現下降趨勢，惟其中以色列之國防支出占 GDP 比例高達 8%~9.6%，主要原因為其建立全民國防，且近年週邊戰事仍頻所致，但其近三年之國防支出占 GDP 比例仍顯下降趨勢。而美國在其國防支出占 GDP 比例上雖維持在 3% ~ 4% 之間，但其比率變化卻呈現上升趨勢，主要原因為美國歷經 911 事件後，提高其國防相關經費支出於國土安全防衛上，而伊拉克戰事至今仍懸而未決，皆使其軍事支出呈現成長。而表 2 中有關中國大陸之軍事支出占 GDP 比率部份，雖資料中顯示僅占 GDP 之 2% 左右，但中國的軍費與外界的評估一向差距甚遠。一般民間或官方智庫均認為，若納入分散於非軍事單位的隱藏性預算，包括國防科工委、核工等部門，中國的國防經費可能達到帳面上的數倍之多，持最保守的看法的是斯德哥爾摩國際和平研究中心(Stockholm International Peace Research Institute SIPRI)，其資料顯示近年來中國的實際軍事支出皆在公佈數字的 1.5 倍，而較為合理的估算應二至五倍左右。另外根據我國防部所發表的「2003 年解放軍軍力報告」以及「2004 年國防報告書」中，也判斷對岸的實際國防預算為公佈數字的三到四倍。

2. 各國國防預算占 GDP 比重

由國防預算占 GDP 比率的角度來看，可以顯示一國國防未來發展之態勢，以及其相對軍事力量之成長趨勢。惟各國相關預算之資料取得不

易，因此以下僅就歐、亞、美洲代表性國家與台灣之國防預算占 GDP 比率部份進行比較（如表 3）。

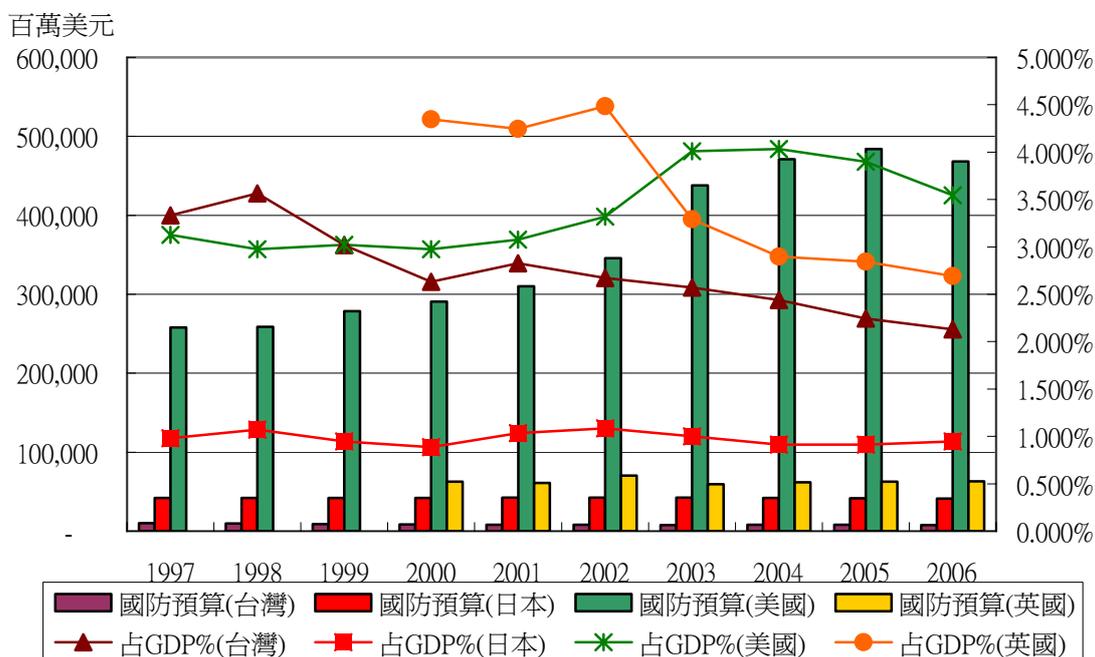


圖 5 近年各國國防總預算金額及占 GDP 百分比

表 3 近年各國國防總預算金額及占 GDP 百分比

		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
台灣	國防總預算	9,992	9,845	9,023	8,452	8,244	7,957	7,859	8,070	7,966	7,755
	占 GDP%	3.33	3.57	3.02	2.63	2.83	2.67	2.57	2.44	2.24	2.13
日本	國防總預算	42,234	42,167	42,103	42,134	42,300	42,306	42,281	41,854	41,456	41,093
	占 GDP%	0.98	1.07	0.95	0.89	1.03	1.08	1.00	0.91	0.91	0.95
美國	國防總預算	258,005	258,583	278,594	290,535	309,950	345,632	437,801	471,010	483,912	468,153
	占 GDP%	3.13	2.97	3.02	2.98	3.08	3.32	4.01	4.03	3.90	3.55
英國	國防總預算	-	-	-	62,581	60,930	70,459	59,456	61,773	62,605	63,144
	占 GDP%	-	-	-	4.35	4.25	4.48	3.29	2.90	2.84	2.69

資料來源：本研究整理自各國國防預算報告；WDI 2007；經濟部統計局；

單位：百萬美元

註 1：除台灣資料為根據經濟部統計局資料計算外，其餘各國依 WDI 2007 資料計算

註 2：各年度國防預算占 GDP 百分比，以 GDP 金額 Current US Dollar 計算

從圖 5 可發現，我國在 1999 年以前國防預算占 GDP 比率皆在 3% 以上，而 2000 年以後逐年遞減，相較於其他國家而言，我國國防預算金額

的成長亦呈停滯狀況，在預算經費無法獲得提升的限制下，在軍備投資與國防安全維持上更顯捉襟見肘。雖然在「2006年國防報告書」中我國國防部希望能將此一比率調整至3%，而過去部份研究報告中也指出，基於國家安全及兩岸軍力平衡的考量，我國國防預算占GDP比率之合理數值應介於2.84%~3.2%之間，然而在現有社會經濟及政策環境的考量下，仍屬不易達成之目標，未來應仍以有限預算下進行最適化之配置。

而其他國家在此一比率上之變化，日本因受到其憲法限制，僅能建立防衛性武力，因此在國防預算的金額上每年變化不大，而占GDP比率也維持於1%上下；美英兩國則因受到恐怖攻擊的威脅，2000年後國防預算皆呈成長，然英國自2003年後已逐漸減少預算編列，但美國因現有戰事之影響，其比率仍維持於3.5%以上。從現有資料顯示，國防預算的編列有其針對性及延續性，美國之國防預算在成長幅度上雖已趨緩，但其比率仍屬較高，而我國在國防預算占GDP比率在近年受到刪減的情況下，已降低至2.13%的水準間，但同樣在面對武力威脅的情況下，我國應審慎思考在國家基本安全下，合理軍事預算額度的適足性。

為了分析國防預算之運用情形及最適配置，以下進一步從軍費組成之三區分法下，觀察並分析國防預算內各要素之組成比例及變化狀況。

2.2.2 各國國防預算配置比例現況

一般而言，國防預算之用途主要可區分為三大部份，分別為人員維持（Personnel）、作業維持（Operation & Maintenance），以及軍事投資（Investment）等費用項目。在此一區分下，人員維持費包含軍、文職人員薪資、保險、主副食費、退休撫恤及軍眷補助等各項費用；作業維持費則是以維持基本戰力，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，同時兼顧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；另軍事投資在於建軍指導及兵力整建計畫，視精實檢討按最低需求及優先容納重大軍售案。

由於各國在國防的需求上不盡相同，因此為了進一步瞭解各國國防預算在分配上的現況，本研究以下首先就我國及主要國家在國防預算中，依用途劃分之配置內容進行介紹。

1. 中華民國

我國近八年國防三區分預算下，各用途所占金額及比率分布如圖6，其中屬其他項者，為無法歸類至三區分法下之其他預算，如國防特別預算等。從此一分布情形來看，我國在預算中所佔最大比例者為人員維持費，其次為軍事投資及作業維持費，人員維持費自2004年起有逐步下降趨勢，而軍事投資及作業維持費部份則略顯提升，此一現象可能與近年國軍採行

精進案所致。然 2006 年國防報告書中指出，在以經濟建設為施政優先項目的考量下，近年國防預算所占比例已逐漸降低，而為維持適量之軍事投資，並提升專業軍士官人力素質，期使建軍期程能依規劃進度完成的目標下，預計民國 95 年至 97 年間約需增加人員維持費為新台幣 264 億元，是故我國國防預算未來若欲達成國防年度預算達到 GDP3% 之水準，需嚴格檢討建軍需求，以降低政府總體財力負擔，同時亦藉工業合作與國防釋商等軍民合作政策，使國防預算之增加亦成為提升經濟實力的助力。

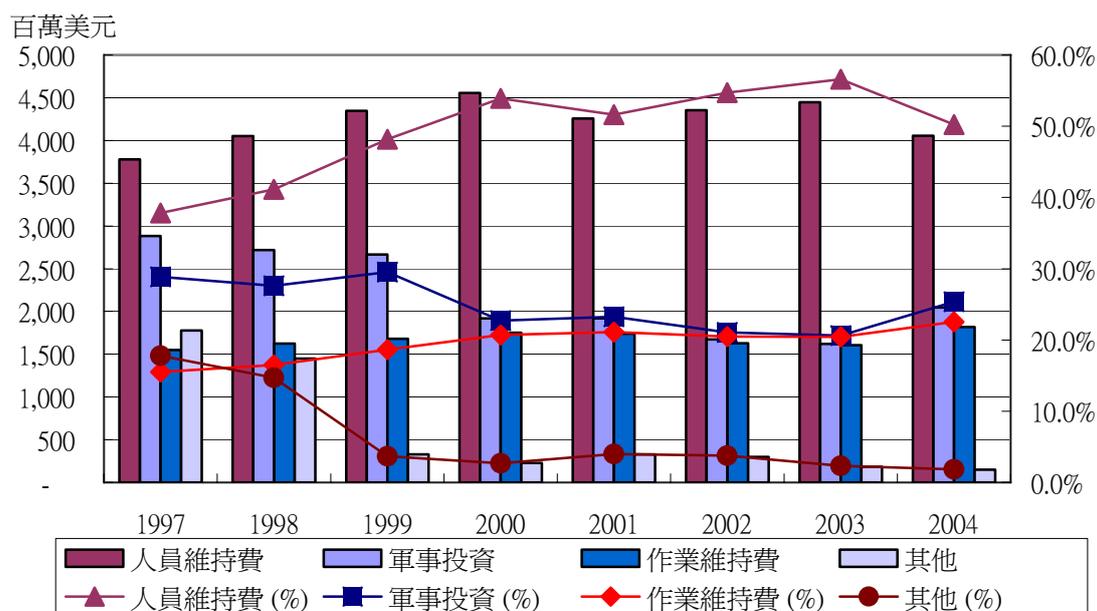


圖 6 我國近八年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率

表 4 我國近八年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
人員維持費	3,780	4,052	4,348	4,556	4,256	4,354	4,449	4,055
占國防預算%	37.8	41.2	48.2	53.9	51.6	54.7	56.6	50.2
軍事投資	2,884	2,719	2,664	1,919	1,919	1,674	1,619	2,047
占國防預算%	28.9	27.6	29.5	22.7	23.3	21.0	20.6	25.4
作業維持費	1,549	1,626	1,681	1,751	1,739	1,629	1,607	1,818
占國防預算%	15.5	16.5	18.6	20.7	21.1	20.5	20.5	22.5
其他	1,778	1,448	330	226	330	299	183	150
占國防預算%	17.8	14.7	3.7	2.7	4.0	3.8	2.3	1.9

資料來源：本研究整理自中華民國國防部 2004 國防報告書；

單位：美金百萬元；以中央銀行 1997~2004 美元對台幣平均匯率 32.727 換算

2. 日本

日本近十年以國防三區分法所歸納之預算用途所占金額及比率分布（如表 5、圖 7），其他項中包含對駐日美軍之支出及研發等非屬三區分下之費用。綜合觀察日本之國防預算，可發現其主要項目亦為人員維持費，其次為軍事投資及作業維持費等。各用途費用在比例上呈現穩定，並無明顯之變化，2006 年在軍事投資部分呈現小幅下降，而作業維持費用則呈小幅成長。與我國三區分預算相較之下，近年日本國防預算結構與我國類似，人員維持費均為國防預算中最大組成項目，且比率均達 40% 以上。由於日本國防目的以自主防衛性為主，故在人員後勤的維持上為最大支出，此一狀況與目前我國在國防支出的目的之一致，因此結構亦相仿。

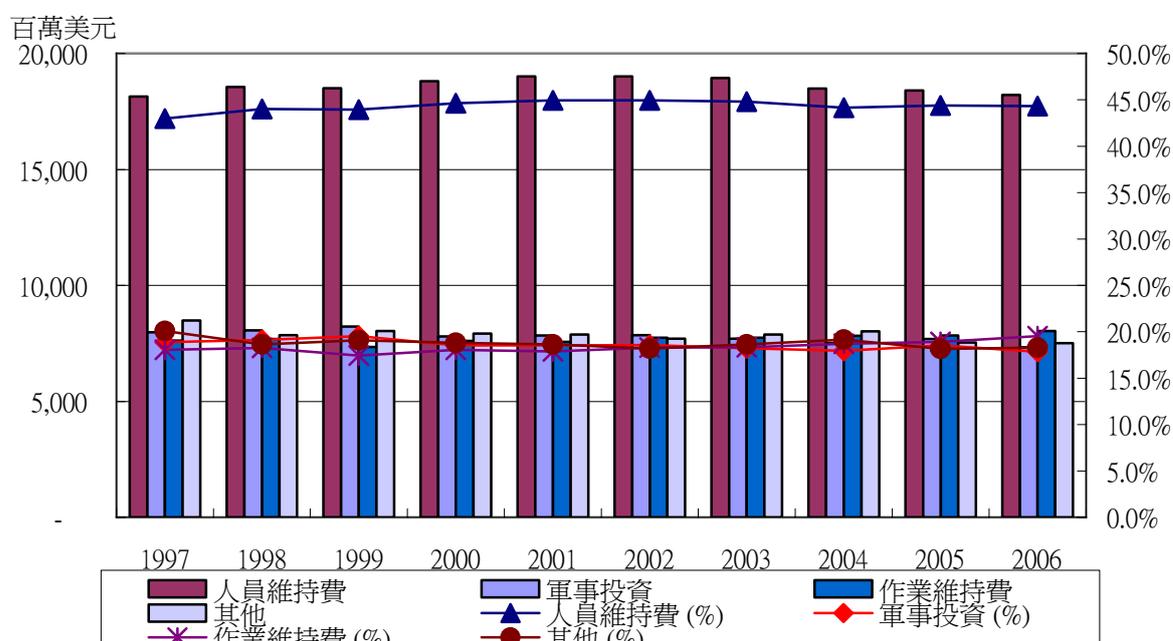


圖 7 日本近十年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率

表 5 日本近十年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
人員維持費	21,260	21,739	21,674	22,034	22,269	22,273	22,188	21,654	21,562	21,337
占國防預算%	43.0	44.0	43.9	44.6	44.9	44.9	44.8	44.2	44.4	44.3
軍事投資	7,979	8,060	8,220	7,803	7,835	7,859	7,707	7,517	7,683	7,336
占國防預算%	18.9	19.1	19.5	18.5	18.5	18.6	18.2	18.0	18.5	17.9
作業維持費	7,622	7,696	7,342	7,602	7,567	7,738	7,747	7,832	7,834	8,028
占國防預算%	18.0	18.3	17.4	18.0	17.9	18.3	18.3	18.7	18.9	19.5
其他	8,484	7,854	8,040	7,919	7,888	7,696	7,887	8,020	7,533	7,515
占國防預算%	20.1	18.6	19.1	18.8	18.6	18.2	18.7	19.2	18.2	18.3

資料來源：本研究整理自日本防衛省網站；平成 18 年（2006）日本防衛白皮書；
單位：美金百萬元；以日本中央銀行 1997~2006 美元對日幣平均匯率 117.146 換算

3. 美國

美國近十年以國防三區分法所歸納之預算用途所占金額及比率分布（如表 6、圖 8），其他項中則包含軍事科技研發及信託基金等支出。由於美國為目前全球軍事力量最高之國家，且其兵力部署與運用以全球性為著眼，故其國防總預算金額高出其他國家甚多。從其三區分之配置來看，有別於我國及日本之各類別比例分布，美國以作業維持費為最大項目，占國防預算約 38%，其次為人員維持費占國防預算約 25%，最後為軍事投資部份，占國防預算約 18%。從各用途比例變化上觀察，近年美國各項費用支出比例並無明顯變化，唯 2002~2004 年作業維持費有明顯升高約達 41%，研判應為進行反恐及伊拉克戰爭所致。

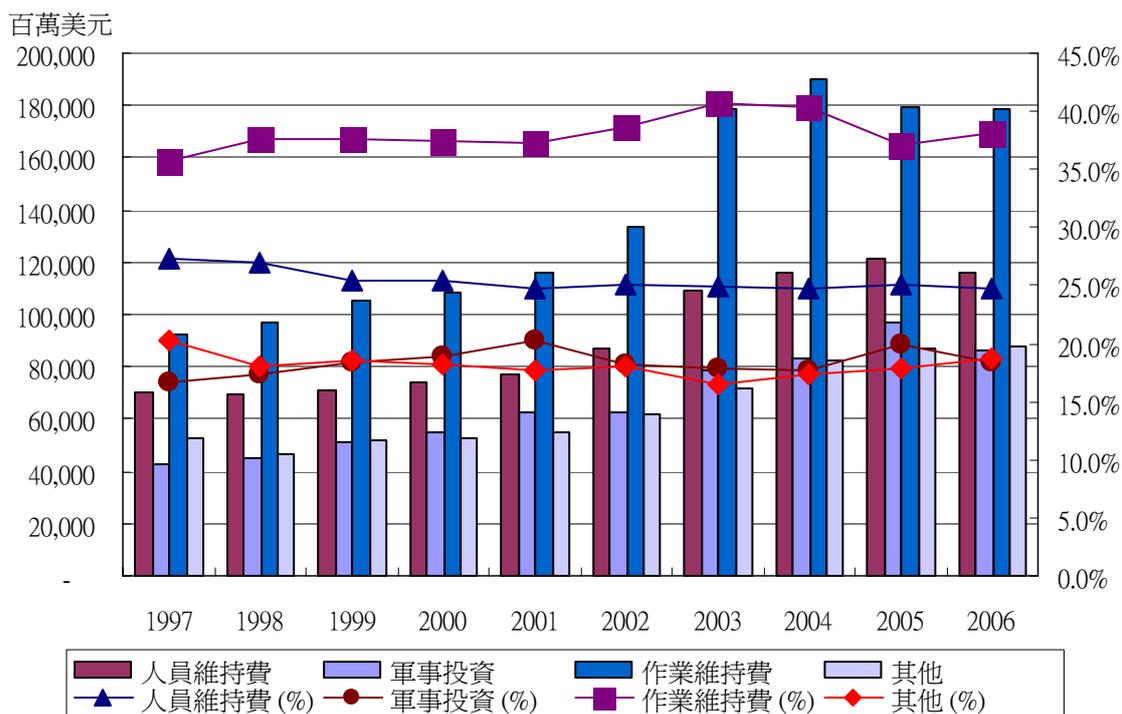


圖 8 美國近十年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率

表 6 美國近十年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
人員維持費*	70,338	69,821	70,650	73,838	76,888	86,957	109,062	116,111	121,279	115,824
占國防預算 %	27.3	27.0	25.4	25.4	24.8	25.2	24.9	24.7	25.1	24.7
軍事投資*	42,963	44,818	51,112	54,973	62,607	62,740	78,490	83,073	96,614	86,185
占國防預算 %	16.7	17.3	18.3	18.9	20.2	18.2	17.9	17.6	20.0	18.4
作業維持費*	92,353	97,215	104,992	108,776	115,758	133,851	178,316	189,763	179,215	178,348
占國防預算 %	35.8	37.6	37.7	37.4	37.3	38.7	40.7	40.3	37.0	38.1
其他*	52,351	46,729	51,840	52,948	54,697	62,084	71,933	82,063	86,804	87,796
占國防預算 %	20.3	18.1	18.6	18.2	17.6	18.0	16.4	17.4	17.9	18.8

資料來源：本研究整理自美國國防部網站；FY2007 國防預算綠皮書；

單位：百萬美元

*註：各年度金額以 current dollar 表示

4. 英國

表 7 為英國近七年以國防三區分法所歸納之預算用途所占金額及比率分布（如表 7、圖 9），其中其他項中包含主要受損待淘汰之防禦性建物，以及其他無法歸屬於三區分下之支出。在此一預算配置下，英國之三區分結構與美國類似，但其作業維持費所占國防預算比例則接近 58%，超過整體國防預算的一半，其次為人員維持費，約占國防預算之 24%，而其軍事投資部份則僅占國防預算總額約 8%。在各年度的預算配置上，各用途比例變化不大，唯作業維持費近年已由 65.5% 下降至 57.9%，有逐漸下降之趨勢。而人員維持費則從 2002 年起有些許提高，由 18.8% 上升至 2006 年的 23.7%。

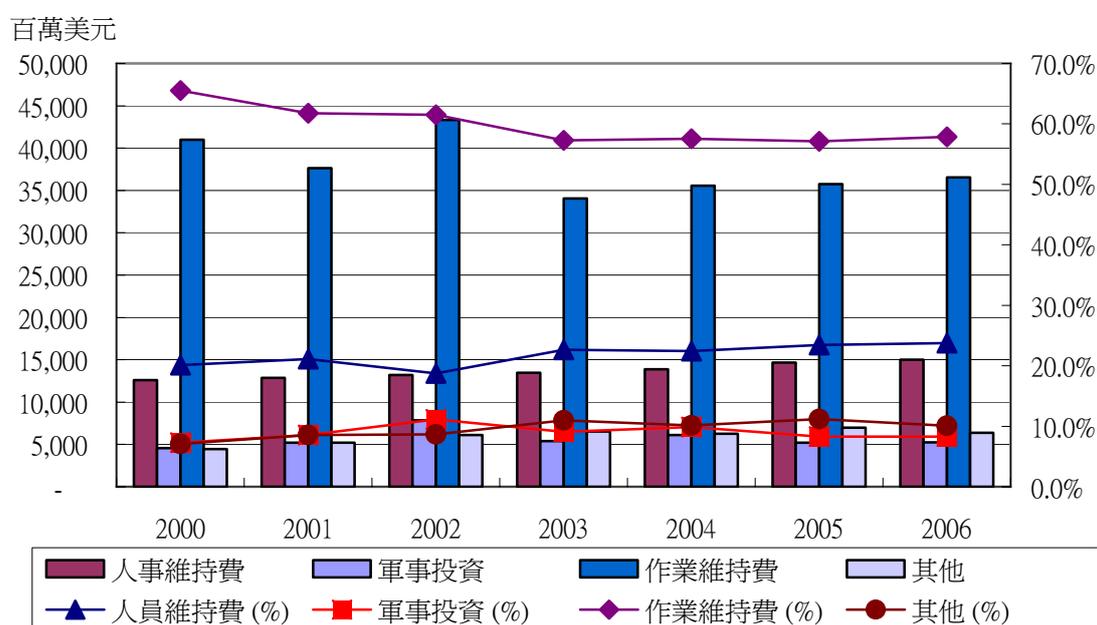


圖 9 英國近七年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率

表 7 英國近七年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
人員維持費	12,590	12,855	13,212	13,479	13,861	14,666	14,990
占國防預算%	20.1%	21.1%	18.8%	22.7%	22.4%	23.4%	23.7%
軍事投資	4,559	5,220	7,835	5,394	6,093	5,201	5,232
占國防預算%	7.3	8.6	11.1	9.1	9.9	8.3	8.3
作業維持費	40,998	37,649	43,319	34,051	35,558	35,745	36,544
占國防預算%	65.5	61.8	61.5	57.3	57.6	57.0	57.9
其他	4,434	5,205	6,093	6,531	6,260	6,992	6,378
占國防預算%	7.1	8.5	8.6	11.0	10.1	11.2	10.1

資料來源：本研究整理自英國國防部；06-07 國防預算計畫書；

單位：百萬美元；以英國中央銀行 2000~2006 年英鎊對美元平均匯率 1.655 換算

5. 其他國家

在亞洲地區其他國家的國防預算現況部份，韓國近年在預算的配置上，亦與我國及日本相仿，其人員維持費的比例為其國防預算項目中占最高之項目，然其於 2003 年後，擬將其國防預算提升至 GDP 的 3%，金額約為美金 190 億元，藉以加強自主防禦之能力。而在中國大陸部份，2006 年 3 月中共公布其年度國防預算為 2,838 億元人民幣（約合 351 億美元），較 2005 年國防預算成長 14.7%。值得注意的是，中共國防預算公開的數字中，尚有龐大的隱藏經費並未納入。中共對外公布國防預算項目，區分為 3 部分，包括人員生活費（即人員維持費，主要用於軍官、士兵及編制內職工薪資、伙食及服裝等）、活動維持費（即作業維持費，主要用於部隊訓練、工程設施維護及日常消耗等）、裝備費（即軍事投資費，主要用於武器裝備之科研、試驗、採購、維修、運輸及儲存等），約各占 3 分之 1。在歐洲國家部份，近年各國在國防預算之支出上皆略顯下降，法國在 2005 年之國防支出約為 329 億歐元，而其他北大西洋公約組織（NATO）國家之支出約 200 億歐元，然而除英國外，其餘各國在國防預算配置上，皆以人員維持費為最大項目，如法國占國防總預算約 58.8%，德國則占國防總預算約 48%，義大利甚至高達 73.7%。

從觀察以上各國之國防預算配置中可發現，英美兩國在作業維持費上明顯占整體國防預算較重比例，而亞洲地區與其他歐洲國家則以人員維持費為國防預算中之主要支出。此一現象之可能原因在於英美兩國之武器裝備大多屬自行製造研發，且其科技技術較先進，又此類裝備之作業與後勤維護支出費用偏高，且因目前兩國仍有戰事進行當中，因此預算中以作業維持為主要支出項目。而歐洲其他國家及亞洲等國包含我國在內，由於在

武器技術上不如英美等國先進，且在國防目的上以防禦性策略為主，又軍事武器裝備需倚賴購置取得，因此兵力人數較高，使國防預算在支出上以人員維持為主，為此一差異發生主要原因。統計 2005 年各國軍事支出如表 8。

表 8：各國軍事支出比較

國家	每年軍事支出（百萬美元）
美國	298,506
俄羅斯	49,507
法國	41,710
英國	39,347
日本	37,347
德國	35,081
中國大陸	17,920
南韓	9419
台灣	8398
以色列	8156
瑞典	4854

註：軍事支出以 1998 年美元價格與匯率換算，以 1992 至 2001 年之 10 年平均值計算。

資料來源：Jan, C. G., *Defense Technology in Society: Lesson from Large Arms Importers*
Technology in Society, 27, pp. 181-197, 2005.

2.2.3 各國國防預算配置程序

由於各國行政預算編製目標不盡相同，且預算規劃程序需考量各方面所需，因此在國防預算之配置程序上，除需配合年度政府施政策略外，亦需視各國在國防目的的運作型態進行預算之編製。此外，國防預算除需維持人員戰力與裝備後勤補保之穩定外，在面臨可能發生之戰事危機與安全威脅下，適當之軍事投資亦值得重視與準備，因此在國防預算之規畫中，需求評估及專業裁量下的配置，便成為國防預算組成之主要內容。以下本研究進一步以主要國家之預算配置程序進行介紹，以瞭解不同預算規畫過程中所獲致之結果。

1. 日本

由於二次大戰後日本為戰敗國，因此在其憲法中明訂日本國防以防禦性戰力為主，故其國防預算之規劃皆以此為目標進行配置。在其國防預算的目標上，主要以下列幾點為主：

- (1) 對外來威脅的即時反應；
- (2) 聯合作戰之結構；
- (3) 資通訊基礎建設之建立；
- (4) 國際社會之維和任務；

- (5) 加強人員訓練；
- (6) 週邊環境衝擊影響之對應。

而日本在 2007 年將防衛廳層級提高至防衛省後，其預算編制將由中央及地方各自推估其所需經費，並交由國會進行審議。相關組織層級預算單位如圖 10 所示：

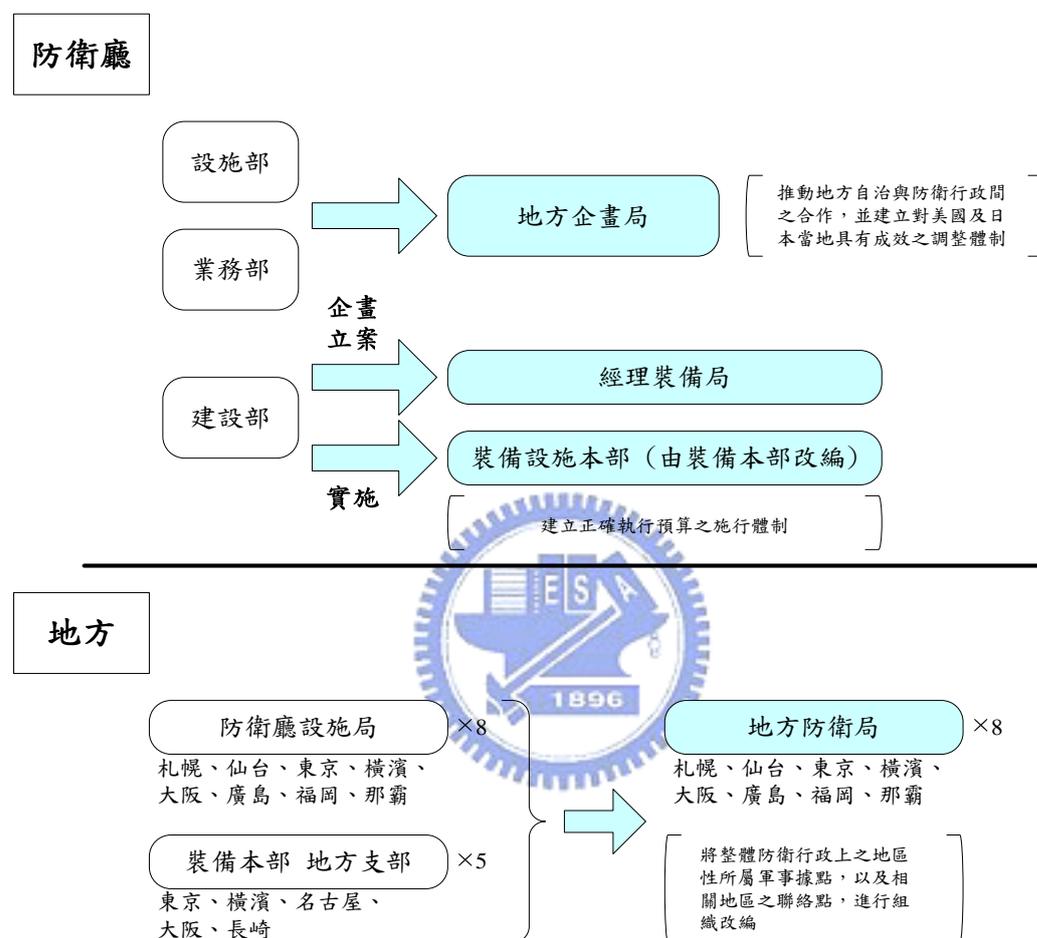


圖 10 日本國防層級新制下之預算單位

資料來源：本研究整理自日本防衛廳平成 19 年預算書

2. 美國

美國國防預算之規劃，每年定期由美國國防部提出其下年度之國防預算綠皮書（National Defense Budget Estimates For FY 200X Green Book），並於編製完成後送交國會進行審議。在其國防預算之編製方法上，主要參照美國管理預算局（Office of Management and Budget, OMB）之科目進行編製，並根據其當年度在各項用途及各軍種所需預算金額上，依用途別及部門別分別列表進行說明。其中各項金額除依當年度實際金額進行預估

外，過去年度金額之比較亦加入通貨膨脹之考量重新計算，以形成預算比較上之一致性基礎。

3. 加拿大

在加拿大的國防預算規劃目標上，是以在特定預算限制及軍事能力投入金額下，將國防能力最大化為主要考量，其主要預算構成項目亦以三區分法下之人員維持、作業維持及軍事投資為主要配置。相關預算規劃流程如圖 11 所示：

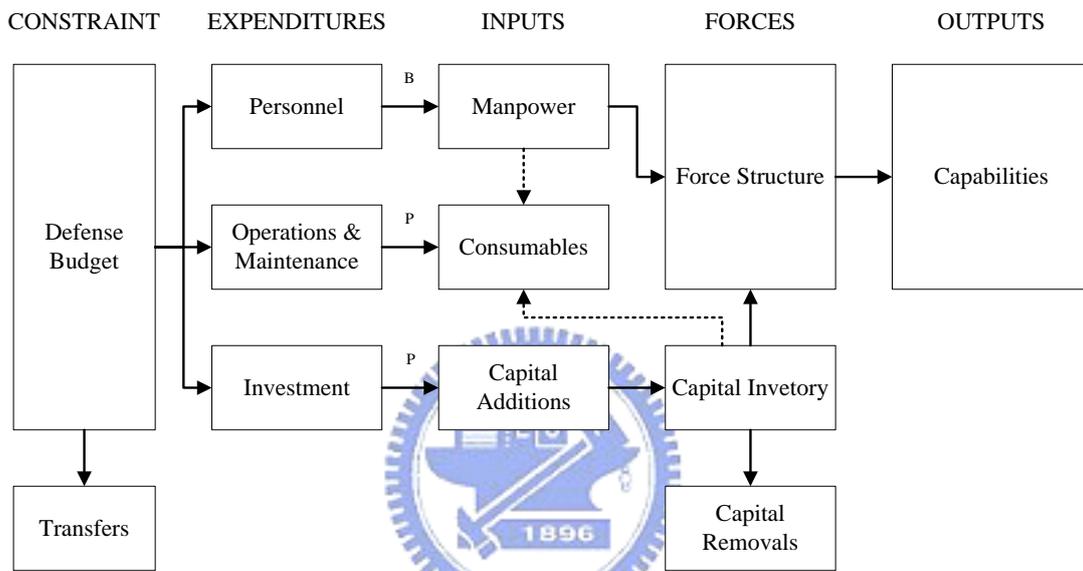


圖 11 加拿大國防預算分配過程

資料來源：本研究整理自 Treddenick (2000)

4. 德國

德國在國防預算之規劃上，則採以三階段方式來進行。第一為分析階段，由國防部分析現有需求，並進行預算之可行性分析，從中瞭解在需求與可行性間之差異，藉以尋找解決方案，並評估在人員、作業及軍事投資等項目上之預算。第二為介紹階段，從市場可獲得之裝備進行瞭解並評估採購之需求。第三為風險降低階段，透過軍事製造業者之展示與模擬，降低軍品採購之風險，從而確保預算執行目標之達成。相關流程請參閱圖 12：

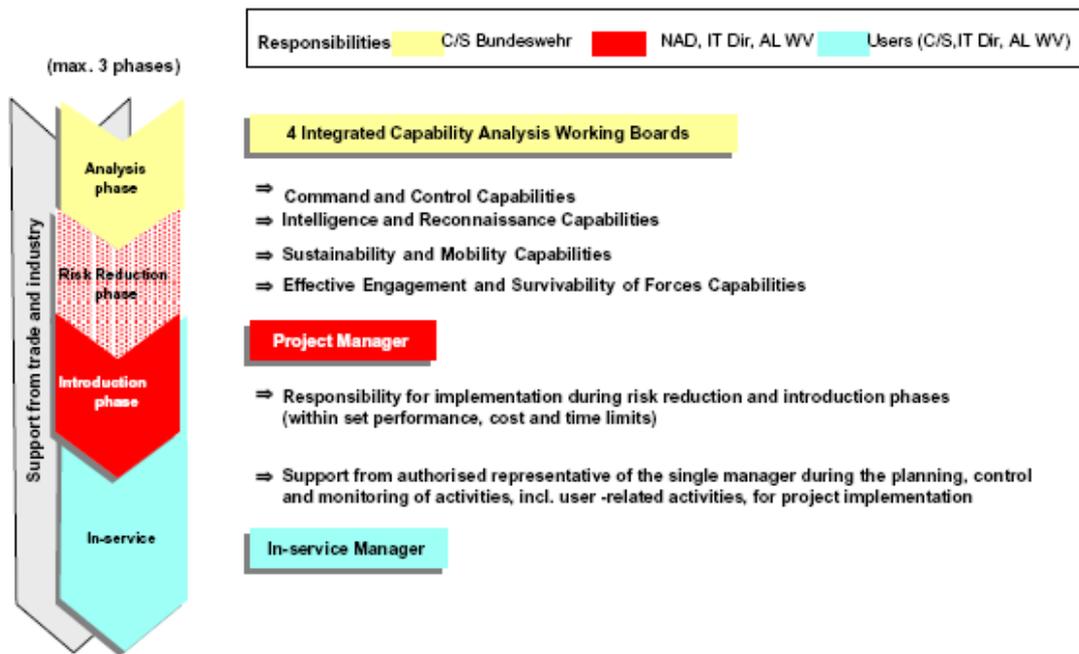


圖 12 德國國防預算規劃過程

資料來源：本研究整理自德國國防白皮書（2006）

2.4 預算限制下之最適分配研究方法

回顧諸多有關預算分配之文獻，多數學者在有關最適分配之研究上，皆應用多種不同方法進行探討。而我國國防部雖於民國六十四年參酌美國國防部之 PPBS 的規劃理念而推行「設計計畫預算制度」，並於民國六十八年改名為「國軍計畫預算制度」。這種計畫導向的預算，採用經濟分析與資訊科技的工具，結合了「計畫要素」與「財務責任中心」的理念，建立了責任基礎的作業預算與財務報告。而 PPBS 採用「軍事價值」的概念，結合經濟分析的工具，將所有的計畫，透過「相對成本」與「軍事價值」進行選擇，以評估「計畫」與「軍事目標」之間的關聯性，藉以提昇財務資源使用的效能。然國防部 PPBS 施行迄今，雖其運作效能已略具規模，但聯合戰略規劃的機制，效能卻遲遲無法彰顯。

有鑑於上述預算制度所可能產生之問題，學者在考量預算規模及預算配置下，提出許多參考意見與改進之方式。在有關國防預算規模部份，國內學者梁蜀東（1991）在進行有關國防預算規模及預算決定因素的研究中指出，若以逐步統計迴歸模式進行分析，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。而馬君梅、葉金城（1995）的研究中則採用統計迴歸及系統動態分析方法，以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）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）除根據前述研究建立模型外，亦透過時間序列分析方法，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。而楊志清（2000）認為以時間序列方式進行迴歸分析，並以其作為國防預算編列之基礎，將可獲致有效的結果。因為採一般迴歸分析法並無法反映出國防預算逐年相關的特性，而系統動態方式之研究假設及操作過程較顯複雜，若透過時間序列方式所得到的資料，則具有操作簡易且模型變數解釋程度高之優勢。楊志清的研究中發現，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。

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，由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原員維持費、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；而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（2002）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、陳仁龍（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。

在國外學者有關預算配置最適化的研究中，Doi & 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。

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。

2.5 文獻小結

綜觀不同領域學者對資源分配之研究與應用，相關比較如表 9。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，將於第三章中說明。



表 9：資源分配量化模式比較表

作者 (年代)	摘要	模式之類別
Goertz & Diehl (1986)	作者提出軍事資源配置的指標建構須經過四個評量準則的檢測	不同估算方法之比較分析
馬君梅、葉金城 (1995)	作者採用統計迴歸及系統動態分析方法，以預估模式來推測我國國防預算	統計迴歸 系統動態分析
Athanassopoulos (1998)	作者在互動規劃架構中結合 DEA 及整數目標規劃。以消防單位為例以說明方法發展以協助資源分配過程的運用	互動規劃 DEA (資料包絡分析) 整數目標規劃
Heo & DeRouen (1998)	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	生產函數
楊志清 (2000)	作者認為以時間序列方式進行迴歸分析，並以其作為國防預算編列之基礎，將可獲致有效的結果。	時間序列 迴歸分析
蔡海璋 (2003)	作者應用 AHP 分析法，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	AHP 分析法 模糊理論
Korhonen & Syrjanen(2004)	作者在研究方法上依照 DEA 及 MOLP 方法發展一個互動模式來求得資源計畫最有利	DEA (資料包絡分析) MOLP(多目標線性規劃)
陳勁甫、陳仁龍、張正昌 (2004)	作者以倒傳遞類神經網路結合基因遺傳演算法對軍事投資預算分配提供一新解決方式	倒傳遞類神經網路 基因遺傳演算法
Fordham & Walker (2005)	作者運用 1816 年以來許多國家的資料實證，民主國家的自由主張是否會導致較少軍事資源的支出	比較分析： 1.軍事費用佔GDP的比例。 2.軍事人員佔國國內總人口的比例。 3.軍事資源分配指標的迴歸分析。
Stone (2005)	作者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。	軍事結構規劃 (Force Structure Planning) 分析法
Coulomb & Fontanel (2005)	作者由經濟意涵的角度來分析法國防預算之最適配置	比較分析
Setter & Tishler (2007)	作者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，所採用之分析模型將可以 Cobb-Douglas 函數方程式來進行研究	Cobb-Douglas 生產函數

資料來源：本研究整理

第三章 二階層規劃與模式建立

在本章中我們首先針對我國現行預算作業準據及預算編制流程提出探討，進而提出研究架構與方法。尤其針對二階層規劃之定義、緣起，二階層規劃之最佳解特性及其規劃模式進行研究。而針對國防預算配置，我們建構出國防預算配置之數學模型。並加入貢獻度及滿意度分析；另外本研究還發展出最佳解檢驗分析，藉此檢驗在一定條件下，如何使得作業維持費或軍事投資預算之運用效能最大化，此亦是以往學者研究所忽略的。

3.1 我國國防預算作業準據及編製流程

3.1.1 設計計畫預算制度

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。換言之，PPB 制度是建構在策略管理基礎下的資源管理制度，它不僅適用於財務資源的規劃與控制，在人力資源與物力資源上，PPB 制度亦有其重要之軍事價值(劉立倫，2005)。「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。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。PPB 制度具有以下重要概念 (Teask & Goldberg 1997)：

1. 將國防計畫問題納入更廣泛的系絡，並衡量國家需求與需求之適切性；
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。

PPB 制度透過完整的系統資源分配程序，將國防資源結合建軍備戰之長、中、短期財力規劃、使得軍事預算可做有效之配置與運用外，亦可連結政策推行連續性，使國防目標配合整體國家安全政策，並落實到防衛構想與兵力建置(打、裝、編、訓)。PPB 制度將國防資源投入於年度施政計畫之各方案規劃與執行上，其產出目標是將資源配置與運用之效能最大

化。劉立倫(2005)以美國為例說明 PPB 制度與國家安全體系構成之關係，美國的國家安全係由國家安全會議(National Security Council, NSC)、聯合戰略規劃系統(Joint Strategic Planning System, JSPS)、設計計畫預算制度(Planning Programming and Budgeting System, PPBS)及聯合作戰指揮執行系統(Joint Operation Planning and Execution System, JOPES)共同構成。因此，PPB 制度的資源規劃必須向上承接國家安全會議與聯合作戰規劃的指導，並結合美軍九個聯合作戰指揮部的聯合作戰執行系統，其關係如圖 13：

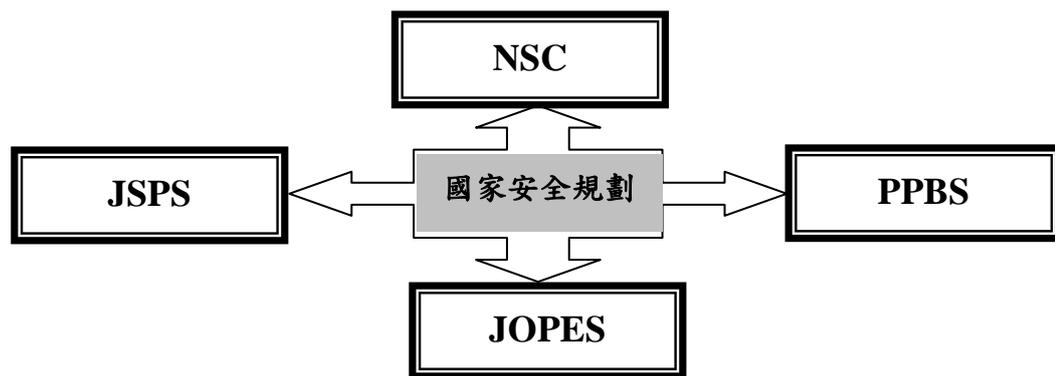


圖 13 美國國家安全體系圖

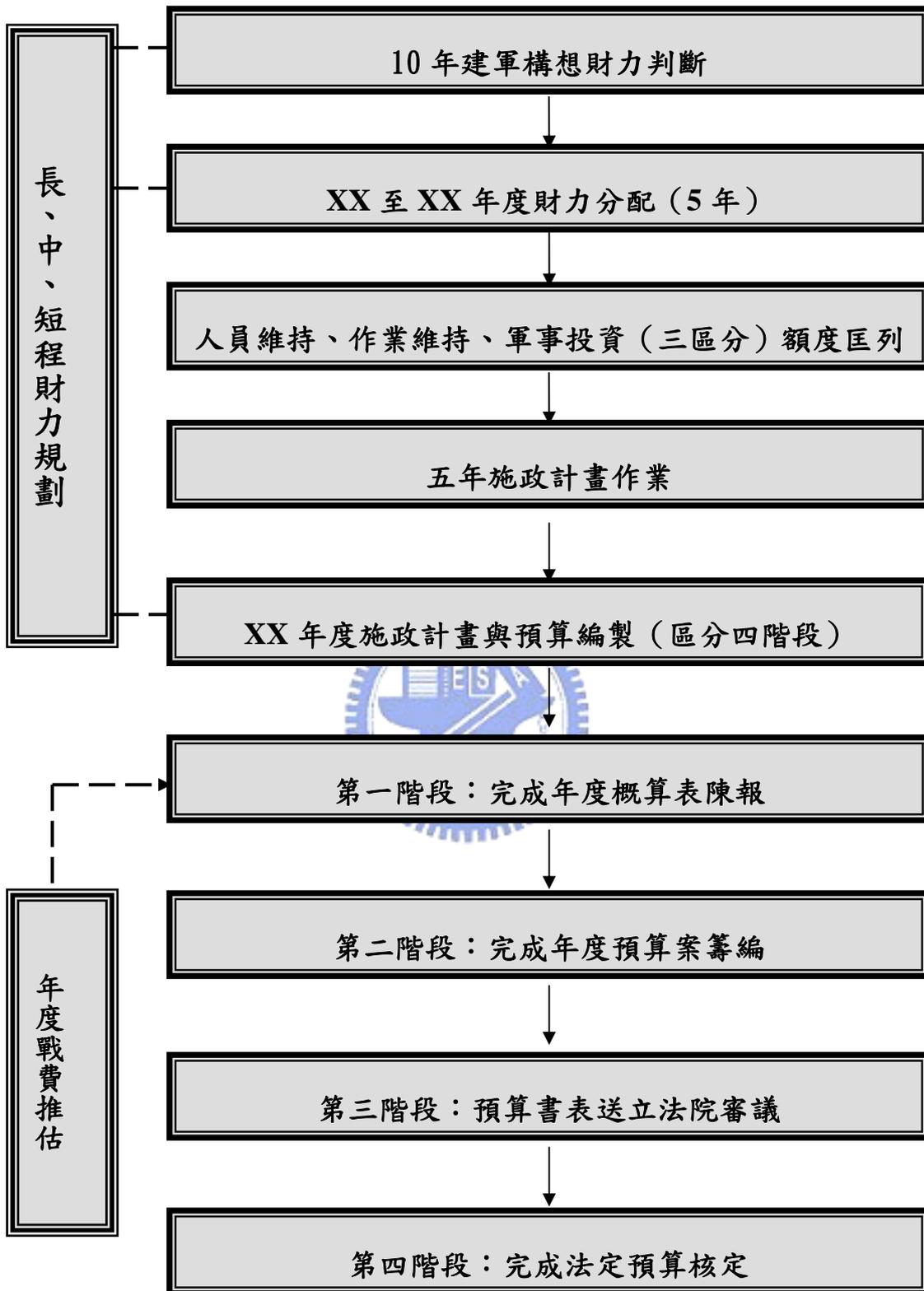
資料來源：Joint Chiefs of Staff. U.S. 2000.

3.1.2 預算編制作業準據與流程：

國軍年度施政工作計畫與預算編製係依行政院頒「中央政府總預算編製作業手冊」及「國軍計畫預算制度-施政計畫作為手冊」之規定，配合國軍五年施政計畫所列目標年度需求，並依據行政院配賦之預算額度逐級（由下而上呈報計畫需求 **bottom-up**）彙總而策定。

國防部施政計畫與預算編製是依據國軍建軍構想（財力判斷）及兵力整建計畫（財力指導），策定五年施政計畫，並依各目標年度逐年編製年度施政計畫。由國防部所屬各業務主管幕僚、機關、單位等，依據國防施政方針、政策指示與任務特性，策擬各需求單位之「預算指導」，詳細指示其應達成之目標（質量）及所需資源、優先順序，及完成方法、步驟與進度等，俾使各單位據以策編年度施政工作計畫與預算。預算編製流程如表 10：

表 10：預算編製作業流程



資料來源：本研究整理

3.1.3 近年國防預算獲得變動趨勢

劉立倫（2005）曾指出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。假如國防支出年增長率大於中央政府總預算年增長率之成長幅度，則顯示國防政策目標在中央政府施政總目標仍佔有相當重要之地位。反之則國防政策目標不具中央施政總目標之優先性。意味著國防總預算額度將遭排擠或減列。表 11 顯示中央政府總預算由 86 年度的 1 兆 1,517 億元，增加至 95 年度之 1 兆 5,716 億元。而國內生產毛額（GDP）也從 86 年度的 8 兆 6,101 億元，增加至 95 年度之 11 兆 5,709 億元。但國防支出之額度增加甚小，94 及 95 年度甚至呈負成長。近年來中央政府總預算分配以教育、社會福利及相關經濟發展之增長額度最高，但國防支出額度相對被抑制增加可見一般。

表 11：近十年中央政府預算、國防支出與 GDP 年增率表

中央政府總預算與國防支出數額比較表						單位：億元
年度	總預算及年增長率		國防支出及年增長率		GDP 及增長率	
	政府總預算	增長率%	國防支出	增長率%	GDP	增長率%
86 年度	11,517	6.1	2,534	-1.93	86,101	15.83
87 年度	11,870	3.1	2,571	1.46	92,384	7.29
88 年度	12,820	8	2,631	2.33	96,408	4.35
89 年度	22,301	74	3,432	30.44	100,320	4.05
90 年度	15,597	-30.06	2,377	-30.74	98,621	-1.69
91 年度	15,519	-0.5	2,410	1.38	101,942	3.36
92 年度	16,181	4.26	2,430	0.82	103,186	1.22
93 年度	15,648	-3.3	2,488	2.38	107,704	4.37
94 年度	15,699	0.14	2,458	-1.20	111,467	3.49
95 年度	15,716	0.3	2,405	-2.15	115,709	3.80

資料來源：整理自中央政府總預決算查詢系統及統計資料庫

3.2 國防預算、軍費支出之操作定義

綜合以上各國在國防預算編製及支出相關定義的文獻回顧後，本研究進一步彙整上述資料，歸納出合理之國防預算編製及軍費支出之操作流程定義如圖 14：

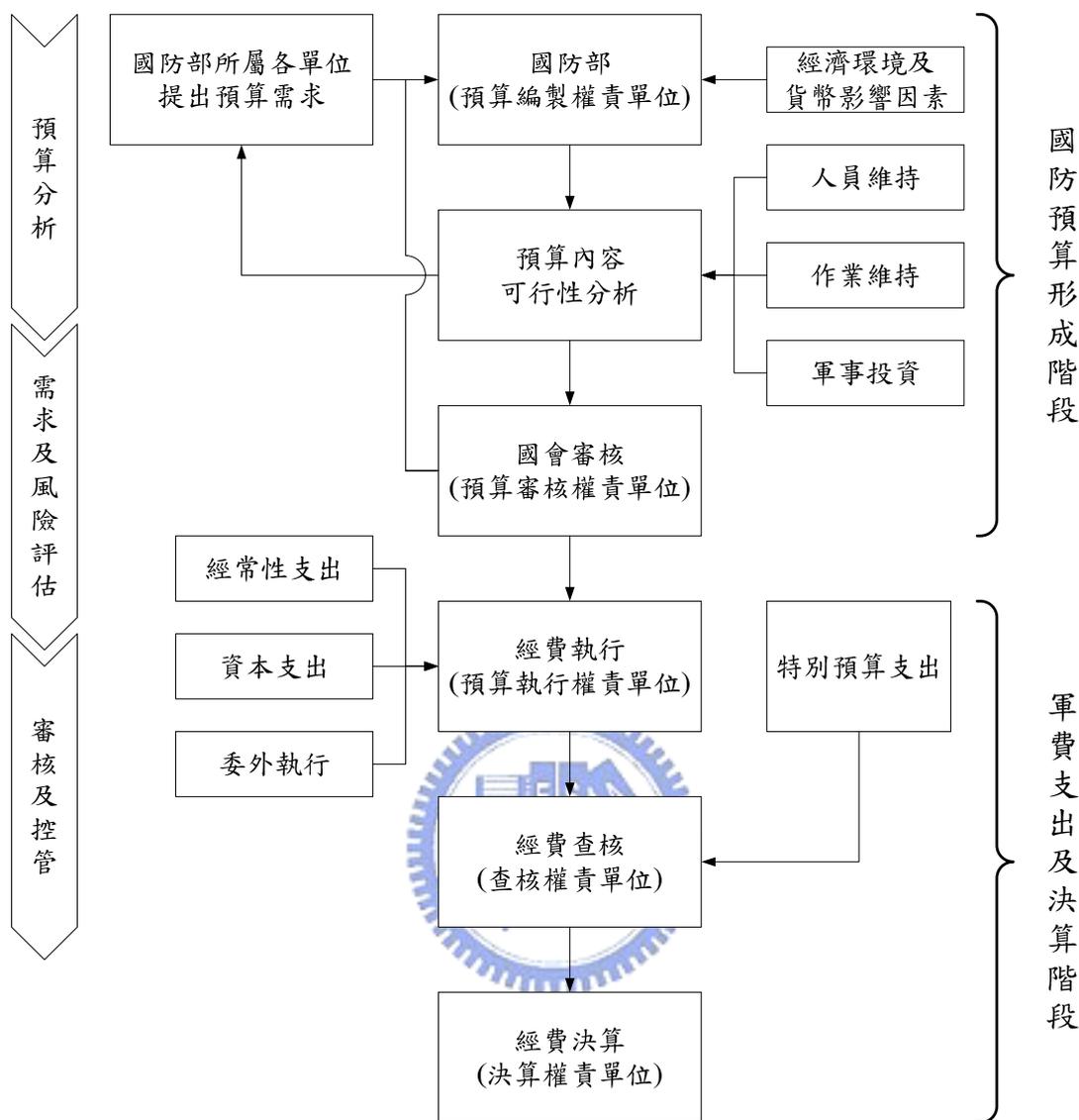


圖 14 國防預算及軍費支出之操作定義流程

資料來源：本研究整理

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。

3.3 研究架構與方法

3.3.1 研究架構

第二章曾經論及在有關國防預算配置研究中，多數學者忽視軍事組織的多層級特性，因此本研究主題針對資源配置最適化模式，建構二階層規劃模式進行探討與研究，研究架構如圖 15 所示。

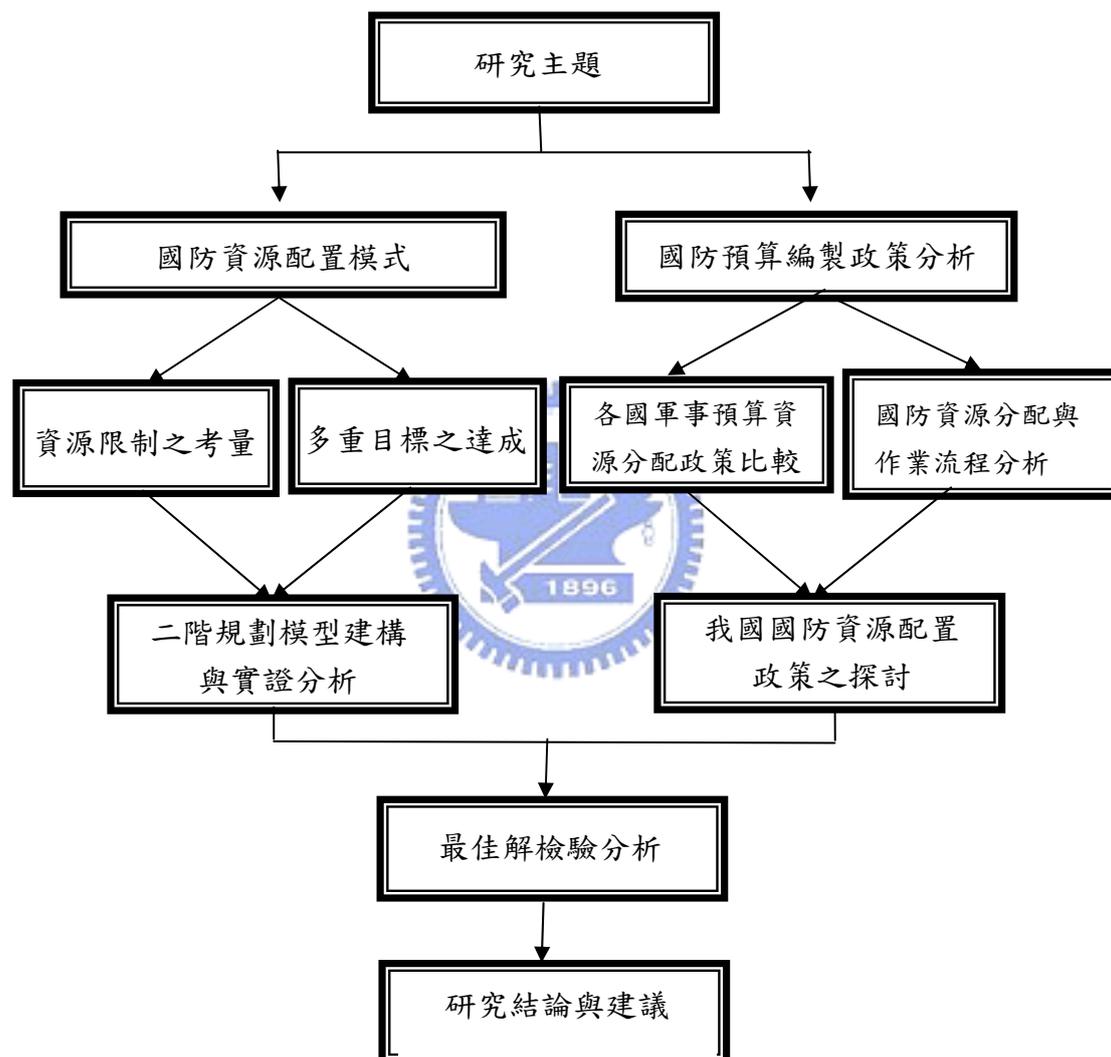


圖 15：研究架構

本研究主要是探討我國國防預算配置最適化模式，在國防預算分配政策部分將從各國國防預算分配之政策與操作現況比較與分析，以瞭解影響國防預算分配之關鍵因素，並探討我國國防預算編製之影響因素與問題，將實證結果對我國國防預算配置現行政策提出建議。由於國防預算分配以

滿足建軍備戰及兵力整建為目標，故在總額度受限之情境下，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，以二階層規劃之決策模式，建構資源配置最適化模型並作模擬實證分析及最佳解檢驗分析。最後，本研究再根據研究結果提出結論與建議，作為國防部爾後之資金配置決策參考。

3.3.2 研究方法

根據研究架構所示，本研究將採用次級資料分析(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。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。



3.4 二階層規劃運用實例

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。

滕春賢等（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erver-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。

3.5 二階層規劃的定義、緣起與最佳解特性

3.4.1 二階層規劃的定義

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。最簡單的二階規劃例證是線性二階層規劃。

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

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

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 (LBLP)，則其型式如下：

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

其中 $a \in R^n, b, d \in R^{n_2}, u \in R^m, A \in R^{m \times n_1}$, and $B \in R^{m \times n_2}$

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

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

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

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

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

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。簡單地說，頂點列舉法列舉 S 的端點（包含明確地或暗示性地），當第一個端點落在 $\psi(S)$ 之內即被稱為最佳解。這個方法的基本闡述已如前述。簡單來說，頂點列舉法係逐一列舉出在 S 集合內的所有端點，然後再找出在 $\psi(S)$ 子集中的第一個端點，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。有關二階層線性規劃問題的定義、證明及解題技巧的討論可參考 Liu & Hart (1994)、Liu & Thomas (1995)的相關論述。

3.4.2 二階層規劃的緣起 (Origin of Bilevel Programming)

二階層規劃理論首見於 1952 年由 Stackelberg 大學出版有關於市場經濟學的理论，此被稱為”Stackelberg Game “乃是一種非零總和及非合作的二階層矩陣遊戲。因此，甲方的利得不必然是乙方的利失。它是決策的一種特殊狀況，乙方對甲方的決策做出合理的反應。雙方都擁有彼此可允許策略及一致性償付的完整資訊，以支援決策作為。

在”Stackelberg Game “中，甲乙雙方先動者被稱為領導者 (leader)，而對領導者的決策做出合理反應的被稱為追隨者 (follower)。甲方的行動將影響乙方的選擇與合理償付，反之亦然。一般而言，博弈理論的標準求解技巧並不適合求解”Stackelberg Game “，通常關於”Stackelberg Game “求解的較佳途徑，乃是分析甲乙雙方諸多有效策略，並且考慮合併策略與償

付之間一些複雜關係以求解。

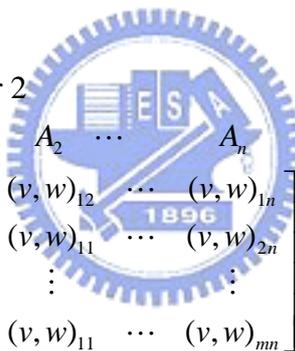
以下有關償付矩陣包括：

1. 雙人零合賽局 (Two persons zero-sum game)
2. 史塔克柏格賽局 (Stackelberg game.)

雙人零合遊戲的償付矩陣為：

$$\begin{array}{c}
 \text{Player 2} \\
 A_1 \quad A_2 \quad \cdots \quad A_n \\
 \begin{array}{c} a_1 \\ \vdots a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{array} \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{11} & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & v_{11} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} \\
 \text{Player 1}
 \end{array}$$

Stackelberg game的償付矩陣為：



$$\begin{array}{c}
 \text{Player 2} \\
 A_1 \quad A_2 \quad \cdots \quad A_n \\
 \begin{array}{c} a_1 \\ \vdots a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{array} \begin{bmatrix} (v, w)_{11} & (v, w)_{12} & \cdots & (v, w)_{1n} \\ (v, w)_{21} & (v, w)_{11} & \cdots & (v, w)_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ (v, w)_{m1} & (v, w)_{11} & \cdots & (v, w)_{mn} \end{bmatrix} \\
 \text{Player 1}
 \end{array}$$

$(v, -)_{ij}$: player 1 payoff (第一人償付值)

$(-, w)_{ij}$: player 2 payoff (第二人償付值)

基本上，二階層規劃近似於 Stackelberg game，事實上二階層規劃是 Stackelberg game 的擴充運用，它容許甲乙雙方策略被放置在傳統限制式中，就數學規劃的觀點言，二階層規劃替代了賽局理論的方法。因此

1. 領導者試圖最佳化自己的目標函數；
2. 追隨者觀察領導者的行動並調整自己策略以達到個人目標函數值最佳化。

第一層決策問題以數學規劃問題來闡述首見於 Bracken and McGill 於 1973 年在 Operation Research 期刊所發表的一篇文章--"Mathematical Programming with Optimization Problem in the Constraints"，這篇文章建構二階層規劃的公式與求解。通常二階層規劃 (Bilevel Programming Problem

(BLPP) 詳如下式：

$$\begin{array}{ll}
 & \max_{x \in X} F(x, y) \\
 & s.t. \\
 & \quad G(x, y) \leq 0 \\
 \text{BLPP} & \max_{y \in Y} f(x, y) \dots\dots\dots (4) \\
 & s.t. \\
 & \quad g(x, y) \leq 0 \\
 & \quad x, y \geq 0
 \end{array}$$

其中 $X \subset R^{n_1}, Y \subset R^{n_2}$ F, f 是實值目標函數

$$G = \begin{pmatrix} G_1 \\ \vdots \\ G_{m_1} \end{pmatrix}, \quad g = \begin{pmatrix} g_1 \\ \vdots \\ g_{m_2} \end{pmatrix} \text{ 定義在 } R^{n_1+n_2} \text{ 的限制式中。}$$

在上述模型中，層級結構具有其獨特性，線性二階層規劃無關於二階目標線性規劃，我們考慮問題的本質就很容易看出其相異。二階層規劃是最佳化問題以求解另一個最佳化問題的最佳解；而二階目標規劃是同時有兩個目標最佳化的最佳化問題。主要的差異在於一個層級結構一個最佳化攸關於另一個最佳化問題。但二階目標規劃卻是在無層級結構中兩個目標函數的最佳化問題。二階層規劃問題常被見於有關雙人、非零和非合作遊戲的例證中，譬如一個領導階層的決策者，他有職權堅持執行他的策略到另一人（即追隨者）；領導階層可以支配掌握追隨者，在二階層線性規劃（LBLP）中，追隨者在領導階層決定的合理解域之既定限制下有權力作自己的決策，這也是 LBLP 經考量後的合理解域。

3.4.3 最佳解的特性 (Characterization of Optimal Solutions)

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：

$$\begin{array}{ll}
 & \max_x F(x, y) = ax + by \text{ where } y \text{ solves} \\
 \text{(LBLP)} & \max_y f(x, y) = cx + dy \dots\dots\dots (5) \\
 & s.t. (x, y) \in S
 \end{array}$$

假設 S 是 \mathbb{R}^{m+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：

【定義 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：

【定義 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。



【定理 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。

【證明】：因為 $\psi(S)$ 是 S 的子集合，定理必然成立。

【定義 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。

【證明】

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。此定理對有關求解演算的關係亦可參考 Liu & Hart (1994)、Liu & Thomas (1995) 的相關論述。

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)：

$$\begin{aligned}
 & \max \sum_{i=1}^N a_i x_i \\
 \text{(K1)} \quad & \text{s.t. } \sum_{i=1}^N a_i x_i \leq \beta \dots\dots\dots (6) \\
 & x_i \in \{0, 1\}
 \end{aligned}$$

限制式 $x_i \in \{0, 1\}$ 可以下述數學規劃之公式替代

$$\begin{aligned}
 & \min \sum_{i=1}^N y_i \\
 \text{(K2)} \quad & \text{s.t. } y_i = \inf \{x_i, 1 - x_i\} \dots\dots\dots (7) \\
 & 0 \leq x_i \leq 1
 \end{aligned}$$

這問題可以二階規劃問題來重述：

$$\begin{aligned}
 & \min \sum_{i=1}^N y_i \text{ where } y_i \text{ solves} \\
 & \max y_i \\
 \text{(K3)} \quad & \text{s.t. } y_i \leq x_i, \dots\dots\dots (8) \\
 & y_i \leq 1 - x_i, \\
 & 0 \leq x_i \leq 1 \\
 & 0 \leq y_i
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
& \max \sum_{i=1}^N a_i x_i - \sum_{i=1}^N M y_i, y_i \text{ 解得} \\
& \max \sum_{i=1}^N y_i \\
& s.t. \\
& \sum_{i=1}^N a_i x_i \leq \beta \quad \dots\dots\dots(9) \\
& y_i \leq x_i, \\
& y_i \leq 1 - x_i, \\
& 0 \leq x_i \leq 1 \\
& 0 \leq y_i
\end{aligned}$$

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，有關演算方法、過程可參考劉宜欣教授的相關論述。



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

3.6.1 名詞定義

1. 「人員維持費」：係指包含軍、文職人員薪資、保險、主副食費、退休撫恤及軍眷補助等各項費用。
2. 「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。
3. 「軍事投資」：指結合建軍指導及兵力整建計畫，視精實檢討按最低需求及優先容納之重大軍售案。
4. 「滿意度」：係指下層單位「實際獲得資源分配」與「期望獲得資源分配」的比率，以 R_i 表示之。
5. 「貢獻度」：係指下層單位「計畫產生價值」與「計畫獲得資源分配」

的比率，以 V_i 表示之。

3.6.2 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：

$$\begin{aligned} & \text{Max } f(X) \\ & \text{s.t. } g_j(X) \leq u_j, j=1,2,\dots,m \dots\dots\dots(10) \\ & X \geq 0 \end{aligned}$$

其中， $X=(x_1,\dots,x_n)$ 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：

- a. 在階層的決策結構中，存在階層間互動的決策單位。
- b. 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。
- c. 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，

$$\begin{aligned} & \text{Max } W(O,M,I) \dots\dots\dots(11) \\ & \text{s.t. } C(O,M,I) \leq Y \end{aligned}$$

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：

$$\text{Max } \sum w(O_i)x_i + \sum w(M_i)y_i + \sum w(I_i)z_i \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{s.t } \sum c(O_i)x_i + \sum c(M_i)y_i + \sum c(I_i)z_i \leq Q$$

$$x_i, y_i, z_i \in \{0,1\}$$

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提案或計畫案 (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。

3.6.3 二階層規劃模型建構

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$\text{令 } y = (y_1, y_2, \dots, y_m) \dots\dots\dots (13)$$

$$x_i \in \{0,1\}, y_j \in \{0,1\}$$

則線性二階層規劃為：

$$\text{Max}_x F(x, y) \text{ 此 } y \text{ 使得} \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{Max}_y G(-, y) \dots\dots\dots (15)$$

$$\text{s.t. } H(x, y) \leq u$$

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

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 的條件限制下，上、下階層之互動模式詳如圖 16。

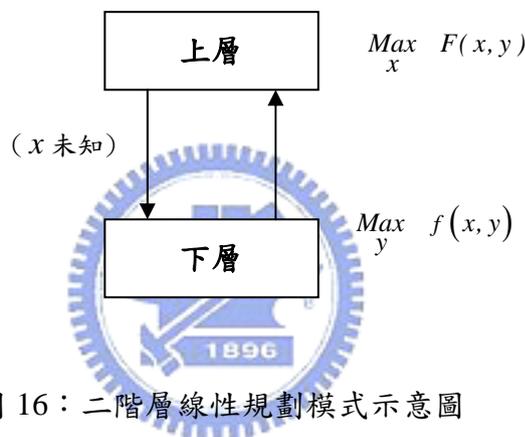


圖 16：二階層線性規劃模式示意圖

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 $a, c, x \in \mathbb{R}^n$ ， $b, d, y \in \mathbb{R}^m$ ；而 $u \in \mathbb{R}^m$ ，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(16)、(17)。

$$\text{上階層} \quad \text{Max}_x \quad F(x, y) = a \cdot x + b \cdot y \dots\dots\dots (16)$$

此 y 解得

$$\text{下階層} \quad \text{Max}_y \quad f(x, y) = c \cdot x + d \cdot y \dots\dots\dots (17)$$

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

由式(16)、(17)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 17，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。

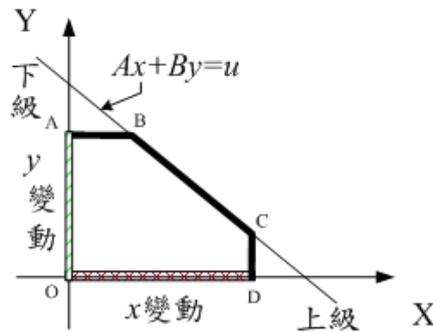


圖 17：二維空間(Two-Dimension)求解示意圖

資料來源：自行研究整理

依圖 17 所示，假設 S 是 $\mathbb{R}^{n_1+n_2}$ 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

$$\text{Max}_y f(x, y) = c\bar{x} + dy \dots\dots\dots (18)$$

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

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

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

$$\text{for all } (x'', y'') \in \psi(S) \dots\dots\dots (19)$$

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。

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 numeration 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。有關二階層線性規劃問題的定義、證明及解題技巧的討論可參考 Liu & Hart (1994)、Liu & Thomas (1995) 的相關論述。

3.6.4 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 (20) 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 (20)， v_{ij} 為第 i 個單位第 j 個計畫的貢獻度。

$$v_{ij} = \frac{w_{ij}}{c_{ij}} \dots\dots\dots (20)$$

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(21)。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。

$$V_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} v_{ij}, i = 1, 2, \dots, k \dots\dots\dots (21)$$

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 (22)：

$$\text{單位貢獻度 } V = \frac{V_i}{\sum_{j=1}^k V_j}, i = 1, 2, \dots, k \dots\dots\dots(22)$$

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(23)、(24)。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。

$$\text{Max} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n v_{ij} \cdot x_{ij} \dots\dots\dots(23)$$

$$\text{S.t. } \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \leq B_i \dots\dots\dots(24)$$

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

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

總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(25)， 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

$$\text{滿意度 } R_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{j=1}^n c_{ij}} \dots\dots\dots(25)$$

$$0 \leq R_i \leq 1$$

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(26)。

$$\text{Min} \{U - u\} \dots\dots\dots(26)$$

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

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

(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。

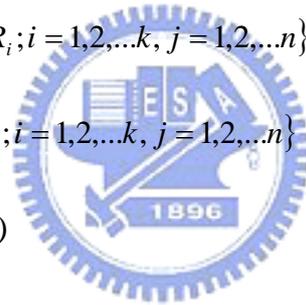
上階層 $\text{Min}\{U - u\}$

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

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

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

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



其中 x_{ij} 解得自

$$\text{下階層 } \text{Max} \sum_i \sum_{j=1}^n v_{ij} \cdot x_{ij}$$

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

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

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

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

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。

3.6.5 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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \sum w(I_i)z_i \dots\dots\dots(28) \\ \text{s.t.} \quad & \sum w(OM_i)x_i \geq L_{om} \\ & \sum c(OM_i)x_i + \sum c(I_i)y_i \leq Q \\ & x_i, y_i \geq 0 \end{aligned}$$

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(29)：

$$\begin{aligned}
 x_{ij}^1 &= \left[B / c_{ij}^1 \right] ; \\
 x_{ij}^2 &= \left[(B - c_{ij}^1 x_{ij}^1) / c_{ij}^2 \right] ; \\
 x_{ij}^3 &= \left[(B - c_{ij}^1 x_{ij}^1 - c_{ij}^2 x_{ij}^2) / c_{ij}^3 \right] ; \\
 &\vdots \\
 x_{ij}^{kn} &= \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{ij}^{kn-1} x_{ij}^{kn-1} \right) / c_{ij}^{kn} \right] \dots\dots\dots (29)
 \end{aligned}$$

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

上式內之 $[x]$ 為 Gauss 符號，表示不大於 x 的最大整數。

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(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。

【例證說明】

假設國防部年度之總預算額度為 2,700 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劃書。經呈報國防部並逐案審查後，計 6 個單位 30 件計劃書通過審查，各單位編製預算需求高達 3,239 億元。各計劃書申請之預算額度(c_{ij})與對提昇整體戰力價值(w_{ij})彙整如表 12、13。

表 12 各單位年度計劃書預算需求表

單位：億元

	單位預算需求 (c_{ij})					需求 總額
U_1 (部本部及所屬單位)	95	45	160	52	140	492
U_2 (陸軍)	200	36	138	113	50	537
U_3 (海軍)	189	106	66	112	42	515
U_4 (空軍)	181	33	124	167	48	553
U_5 (聯勤)	18	116	218	96	127	575
U_6 (後備司令部及憲兵)	117	198	52	166	34	567

表 13 各單位計劃案對提昇整體戰力價值表

	w_{ij}				
U_1	43	25	72	25	67
U_2	91	12	64	64	18
U_3	75	61	28	66	21
U_4	87	13	64	82	26
U_5	12	80	96	63	71
U_6	72	94	26	78	26

註：表內數值代表各計畫案執行後對提升整體戰力之數值。

步驟 1：

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 13)除以預算需求(表 12)，可求得各單位所獲預算每億元所產生的貢獻度，詳如表 14。

表 14 各單位每筆計畫之貢獻度彙整表

	$v_{ij} (= w_{ij} / c_{ij})$				
U_1	45.3	55.5	45.0	48.1	47.9
U_2	45.5	33.3	46.4	56.6	36.0
U_3	39.7	57.5	42.4	58.9	50.0
U_4	48.1	39.4	51.6	49.1	54.2
U_5	66.6	68.9	44.0	65.6	55.9
U_6	61.5	47.5	50.0	46.9	76.5

註：表內數值代表各計畫案執行後對單位戰備任務所產生之貢獻度。

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，將表 14 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

(29)之「線性規劃法」來處理，直至總計畫預算累計達 2,700 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} 值如附表 1(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。

$$x_{65} = 2700/34 = 79.4 ; (\text{keep})$$

$$x_{52} = (2700 - 34)/116 = 22.9 ; ((\text{keep}))$$

$$x_{51} = (2700 - 34 - 116)/18 = 141 ; ((\text{keep}))$$

⋮

$$x_{13}^{24} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{13}^{24-i} x_{13}^{24-i} \right) / c_{13}^{24} \right] = 1.58 ; ((\text{keep}))$$

$$x_{53}^{25} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{53}^{25-i} x_{53}^{25-i} \right) / c_{53}^{25} \right] = 0.42 ; (\text{reject})$$

$$x_{33}^{26} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{33}^{26-i} x_{33}^{26-i} \right) / c_{33}^{26} \right] = 0.2 ; (\text{reject})$$

$$x_{41}^{27} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{41}^{27-i} x_{41}^{27-i} \right) / c_{41}^{27} \right] = -1.89 ; (\text{reject})$$

$$x_{42}^{28} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{42}^{28-i} x_{42}^{28-i} \right) / c_{42}^{28} \right] = -11.5 ; (\text{reject})$$

$$x_{25}^{29} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{25}^{29-i} x_{25}^{29-i} \right) / c_{25}^{29} \right] = -3.65 ; (\text{reject})$$

$$x_{22}^{30} = \left[\left(B - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n-1} c_{22}^{30-i} x_{22}^{30-i} \right) / c_{22}^{30} \right] = -14.6 ; (\text{reject})$$

步驟 2：

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 15、16、17。

表 15 各單位貢獻度排序彙整表(由大至小)

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
P_{ij}	P_{65}	P_{52}	P_{51}	P_{54}	P_{61}	P_{34}	P_{32}	P_{24}	P_{55}	P_{12}	
c_{ij}	34	116	18	96	117	112	106	113	96	36	
v_{ij}	76.5	68.9	66.6	65.6	61.5	58.9	57.5	56.6	55.9	55.5	
<i>i</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
P_{ij}	P_{45}	P_{43}	P_{63}	P_{35}	P_{44}	P_{14}	P_{41}	P_{15}	P_{62}	P_{64}	
c_{ij}	48	124	52	42	167	52	181	140	198	166	
v_{ij}	54.2	51.6	50.0	50.0	49.1	48.1	48.1	47.9	47.5	46.9	
<i>i</i>	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P_{ij}	P_{23}	P_{21}	P_{11}	P_{13}	P_{53}	P_{33}	P_{31}	P_{42}	P_{25}	P_{22}	
c_{ij}	138	200	95	160	218	66	189	33	113	36	
v_{ij}	46.4	45.5	45.3	45.0	44.0	42.4	39.7	39.4	36.0	33.3	

步驟 3：

表 16 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

	x_{ij}				
U_1	1	1	0	1	1
U_2	1	0	1	1	0
U_3	0	1	0	1	1
U_4	1	0	1	1	1
U_5	1	1	0	1	1
U_6	1	1	1	1	1

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。以下列表皆同

表 17 各單位計畫案實際可獲得預算分配表

	$C_{ij} \cdot x_{ij}$					Σ
U_1	95	45	160	52	140	492
U_2	200	0	138	113	0	451
U_3	0	106	0	112	42	260
U_4	181	0	124	167	48	520
U_5	18	116	0	96	127	357
U_6	117	198	52	166	34	567

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。以下列表皆同。

由表 17 可看出，經上階層審查並考量年度可支配預算額度後（2,700 億元），計通過 27 個計畫案，實際支用預算額度為 2,647 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，以為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。

步驟 4：

從表 17 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：

$$R_1 = \frac{492}{492} = 1 = 100\% ; R_2 = \frac{451}{537} = 0.8398 = 83.98\% ;$$

$$R_3 = \frac{260}{515} = 0.5049 = 50.49\% ; R_4 = \frac{520}{553} = 0.9403 = 94.03\%$$

$$R_5 = \frac{357}{575} = 0.6208 = 62.08\% ; R_6 = \frac{567}{567} = 1 = 100\%$$

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 $R=100$ 與 $r=50.49$ 代入公式(25)，求得 $R-r=100-50.49=49.51(\%)$ 。

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 1,299.1，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高達 49.51。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。

步驟 5：

經上層全般考量並重新調整決策變數後與排序後，求得各單位決策變數、及預算分配彙整詳如表 18、19。

表 18 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

	x_{ij}				
U_1	1	1	0	1	1
U_2	1	0	1	1	0
U_3	1	1	0	1	1
U_4	1	0	1	1	1
U_5	1	1	1	1	0
U_6	1	1	1	0	1

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。以下列表皆同

表 19 各單位每筆計畫可獲得預算分配表

	$c_{ij} \cdot x_{ij}$					Σ
U_1	95	45	0	52	140	332
U_2	200	0	138	113	0	451
U_3	189	106	0	112	42	449
U_4	181	0	124	167	48	520
U_5	18	116	218	96	0	448
U_6	117	198	52	0	34	401

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。以下列表皆同。

依表 19 各單位每筆計畫可獲得預算分配額度，計算出下級單位的滿意度分別為： $R_1 = 67.47\%$ 、 $R_2 = 83.98\%$ 、 $R_3 = 87.18\%$ 、 $R_4 = 94.03\%$ 、 $R_5 = 77.91\%$ 、

$R_6 = 70.72\%$ ，此結果使得各單位年度預算分配總額達 2,601 億元；各單位

滿意度之差距從原來的 49.51，大幅縮減至 26.56，另以單位別而言，其分別累積的貢獻度仍達到最大。因此，上階層決策者可據此執行預算分配。經上述演算過程所得的預算分配(表 20)，已真正能達到各計畫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。

步驟 6：

實施最佳解檢驗與分析

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：其規劃模式如下

$$\text{Max } \sum w(OM_i)x_i \dots\dots\dots(30)$$

$$\text{s.t. } \sum w(I_i)z_i \geq L_i$$

$$\sum c(OM_i)x_i + \sum c(I_i)y_i \leq Q$$

$$x_i, y_i, z_i \geq 0$$

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

$$\text{Max } \sum w(I_i)z_i \dots\dots\dots(31)$$

$$\text{s.t. } \sum w(OM_i)x_i \geq L_{om}$$

$$\sum c(OM_i)x_i + \sum c(I_i)y_i \leq Q$$

$$x_i, y_i, z_i \geq 0$$



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。

3.7 研究步驟

本研究之研究步驟如圖 18 所示。

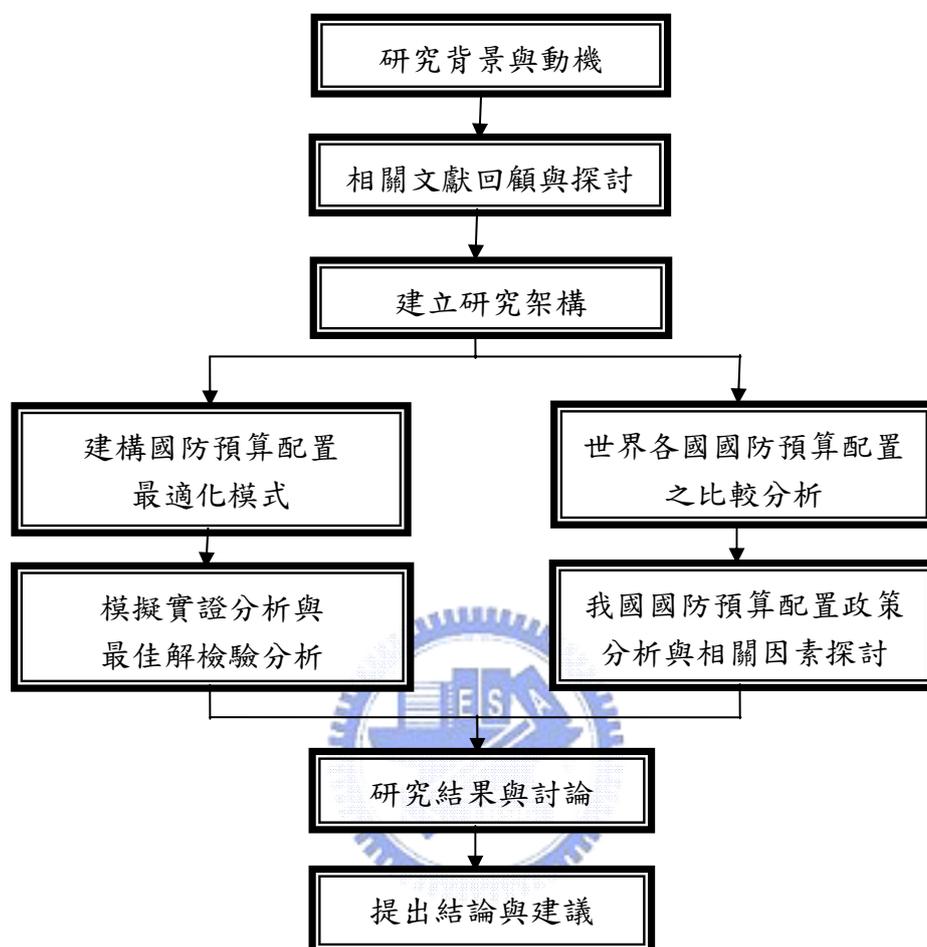


圖 18：研究步驟

本研究先提出研究背景與動機，在根據研究目的之需要進行相關文獻回顧與探討，由過去相關研究的結果建立研究架構，並根據研究架構內容，運用有關研究方法加以分析探討，得到國防資源配置最適化模式，再針對最佳解進行檢驗分析與整數規劃驗證，並對模擬實證結果提出討論。最後提出結論與建議。

第四章 模擬實證研究與分析

在第三章中我們嘗試建構一個國防預算分配的數學模型，並詳述解題步驟。在本章我們首先瞭解我國國防組織特性，統計近八年來我國國防預算三區分之比例。基於機密考量，我們以其算數平均值作為模擬實證研究之輸入值。在求得最佳解及檢驗分析後，我們另以 Matlab 為工具，嘗試運用整數規劃來求得在不同條件下之求解結果，以作為支援決策之重要參考。

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。國防部組織系統如圖 19：



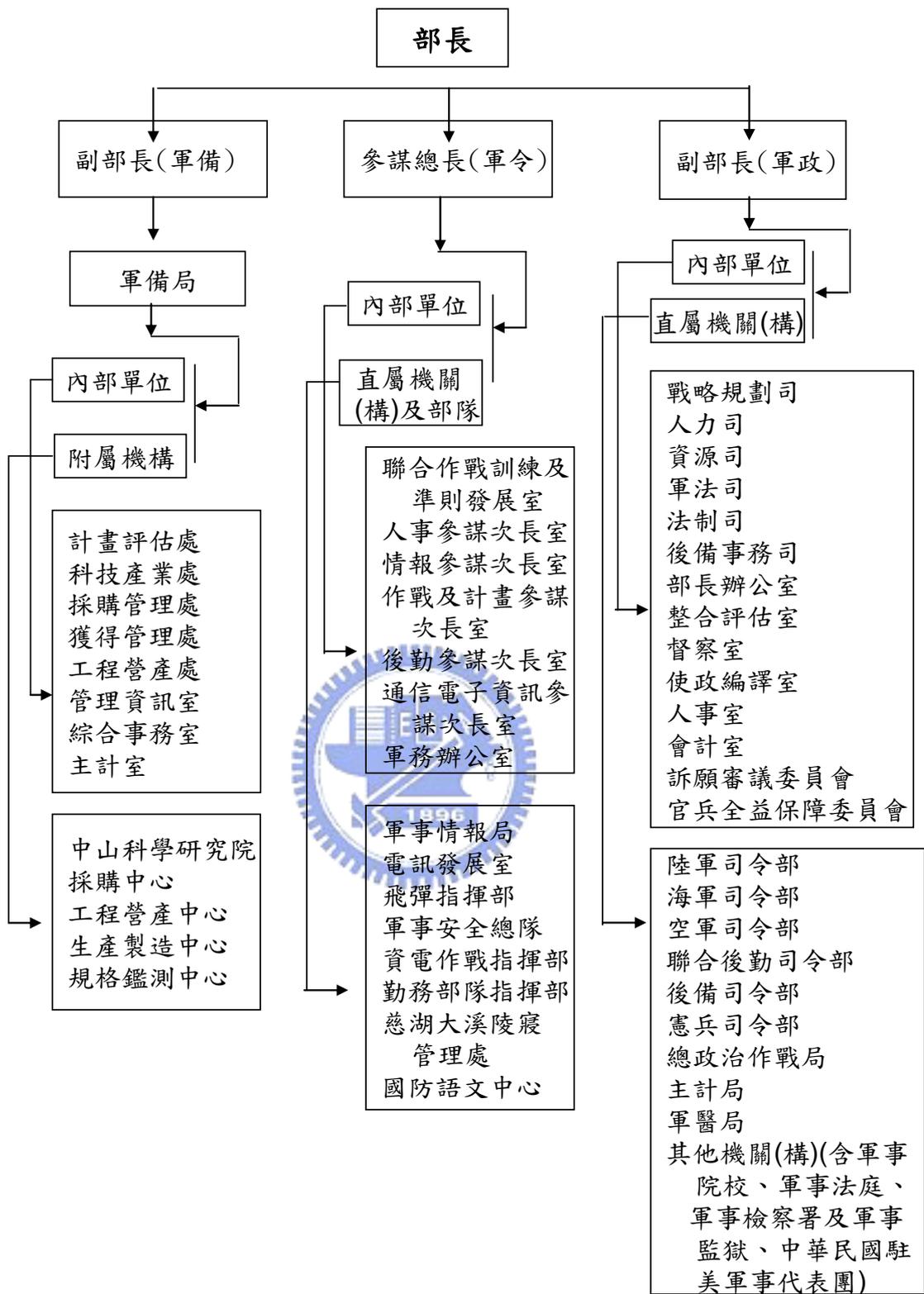


圖 19 國防部組織架構圖

資料來源：中華民國國防部 95 年國防報告書；本研究整理

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 2004 年國防白皮書所公布之 1997 年至 2004 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（詳如下表），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 2004 年以大幅縮減至 49 億元，僅佔總預算約 1.8%，顯示國防部近年預算編製更趨透明化語法制化，故於模擬實證研究時不予列記。

表 20：我國近八年國防預算三區分下各用途占國防預算金額及比率

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
人員維持費	1,237	1,326	1,423	1,491	1,393	1,425	1,456	1,327
占國防預算%	37.8	41.2	48.2	53.9	51.6	54.7	56.6	50.2
軍事投資	944	890	872	628	628	548	530	670
占國防預算%	28.9	27.6	29.5	22.7	23.3	21.0	20.6	25.4
作業維持費	507	532	550	573	569	533	526	595
占國防預算%	15.5	16.5	18.6	20.7	21.1	20.5	20.5	22.5
其他	582	474	108	74	108	98	60	49
占國防預算%	17.8	14.7	3.7	2.7	4.0	3.8	2.3	1.9

資料來源：中華民國國防部 2004 國防報告書；本研究整理

單位：新臺幣億元



4.2 模擬實證研究

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劃書，並依人員維持（ P ）、作業維持（ $O\&M$ ）及軍事投資（ I ）三區分匡列。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。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。

現將第三章之貢獻度（ 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(32)、(33)。

國防部

$$\text{Min}\{U - u\} \dots\dots\dots (32)$$

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

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

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

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

其中 x_{ij} 解得自

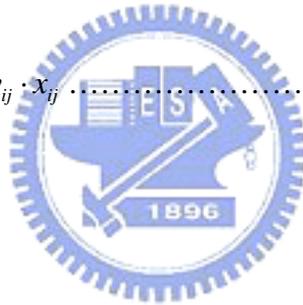
$$\text{各司令部 } \text{Max} \sum_i \sum_{j=1}^n v_{ij} \cdot x_{ij} \dots\dots\dots (33)$$

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

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

$$\sum_i B_i \leq B, \quad (i = 1, 2, \dots, 6)$$

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



經呈報國防部並逐案審查後，計 6 個單位 54 件計劃書 (P_{ij}) 通過審查，各單位編製預算需求高達 1,421 億元。各計劃書申請之預算額度(c_{ij})(表 21)與對提昇整體戰力價值(w_{ij})彙整表(表 22)。其中各計劃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。

表 21 各單位年度計劃書預算需求表

單位：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

註： om_1 表示第U單位的第一個作業維持計畫案； I_1 表示第U單位的第一個軍事投資計畫案。以下之列表皆同。

表 22 各單位計畫案對提昇整體戰力價值表

	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

註：表內數值代表各計畫案執行後對提升整體戰力之數值。

22)除以預算需求(表 21)，可求得各單位所獲預算每億元所產生的貢獻度，詳如表 23。

表 23 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

註：表內數值代表各計畫案執行後對單位戰備任務所產生之貢獻度。

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，將表 24 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 (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給定一個決策變數 x_{ij} 值如表 25(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。

$$x_{52} = 1262 / 27 = 46.7 ; (\text{keep})$$

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

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

⋮

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

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

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

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

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

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

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

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 24、25、26。



表 24 各單位貢獻度排序彙整表(由大至小)

<i>i</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>i</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>i</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>i</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>i</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>i</i>	51	52	53	54							
P_{ij}	P_{65}	P_{39}	P_{69}	P_{35}							
c_{ij}	10	18	13	11							1,421
v_{ij}	40.0	38.9	38.5	36.4							

註 1：□表經審議後剔除之計畫案及其金額。

表 25 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	

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。

表 26 各單位計畫案實際可獲得預算分配表

	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	

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

由表 24 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）。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 26 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 (25)，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 (U_1 、 U_2) 中之 P_{15} 、 P_{24} 計畫案予以複審通過；並將滿意度較高單位 (U_4) 之呈報計畫案中貢獻度較低者之計畫案 (P_{49}) 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 27、28。

表 27 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	

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。

表 28 調整後各單位年度可獲得預算分配彙整表

	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

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 28 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 28 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 28)，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 29 修正後預算分配排序彙整表

<i>i</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>i</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>i</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>i</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>i</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>i</i>	51	52	53	54							
P_{ij}	P_{65}	P_{39}	P_{69}	P_{35}							
c_{ij}	10	18	13	11							1,421
v_{ij}	40.0	38.9	38.5	36.4							

註 1：☒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(27)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 30、31。

表 30 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	

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。

表 31 調整後各單位年度可獲得預算分配彙整表

	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。



表 32 修正後預算分配排序彙整表

<i>i</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>i</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>i</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>i</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>i</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>i</i>	51	52	53	54							
P_{ij}	P_{65}	P_{39}	P_{69}	P_{35}							
c_{ij}	10	18	13	11							1,421
v_{ij}	40.0	38.9	38.5	36.4							

註 1：□表經審議後剔除之計畫案及其金額。

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 33，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。

表 33 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。

註 4：表列之妥善率標準係依據國軍現行裝備妥善率標制訂之。

則依本文第 51 頁之式 (28) 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，修正後之每筆計畫案實際獲得預算額度及預算分配如表 34、35。

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	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	

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。0.8 及 0.75 代表該計畫案可獲得原呈報預算之數額比例。

表 35 調整後各單位年度可獲得預算分配彙整表

	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

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 36、37 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%。

表 36 各單位每筆計畫之決策變數彙整表

	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

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。

表 37 各單位計畫案實際可獲得預算分配表

	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	0	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

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 38、39 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%。

表 38 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	0	0	1	1	1	1	1	1	1
U_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。

表 39 各單位計畫案實際可獲得預算分配表

	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

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 40、41 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%。

表 40 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	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	

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。

表 41 各單位計劃案實際可獲得預算分配表

	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

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 42。

表 42 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

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 43、44 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。

表 43 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

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。

表 44 各單位計畫案實際可獲得預算分配表

	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

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 45、46 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 45 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	

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。

表 46 各單位計畫案實際可獲得預算分配表

	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

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 47、48 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 670。

表 47 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	

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。

表 48 各單位計畫案實際可獲得預算分配表

	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

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 49。

表 49 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

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 50、51 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。

表 50 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	

註：表內 1 代表該計畫案經審查後通過；0 代表該計畫案經審查後刪除。0.8 及 0.75 代表該計畫案可獲得原呈報預算之數額比例。

表 51 各單位計劃案實際可獲得預算分配表

	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

註：表內數值代表該計畫案經審查通過後實際可獲得之預算數額。

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，本研究所使用 Matlab 程式碼如附錄三。

第五章 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，作為我國國防預算編制之重要參考。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。本研究最大貢獻在於當求得二階層規劃之最佳解後，再進行最佳解檢驗分析及整數規劃驗證，計算出在某些特定條件下，如何使其運用效能最大化，以作為支援決策之參考。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。

5.1.1 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，將表 24 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 (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給定一個決策變數 x_{ij} 值 (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。由表 24 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 26 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 (25)，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 (u_1, u_2) 中之 P_{15}, P_{24} 計劃案予以複審通過；並將滿意度較高單位 (u_4) 之呈報計劃案中貢獻度較低者之計劃案 (P_{49}) 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。依表 28 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。

5.1.2 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 30、31，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 (27) 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。

5.1.3 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 33，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 (28) 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。

5.1.4 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)。為觀察所求得之解是否為最適解，本研究利用 Matlab 軟體為工具，以整數規劃實施驗證。檢驗在不同條件下，預算配置對整體貢獻度、預算運用及戰力值之影響，也檢驗在作業維持效能最大化及軍事投資效能最大化之條件下，資金配置對貢獻度、預算運用及戰力值產生之之影響。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 2361.5，基於此條件下的整體預算額度為 1261.5 億元 (其中軍事投資預算為 759 億元)，整體戰力價值 657.05。

5.2 建議

本研究於第三章所提及之貢獻度 (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。

經由第四章之實證研究可得知，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：

- 一、有關「戰力值」如何做客觀量化，以作為評估各計劃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。
- 二、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：

- (1) 95 年國防報告書，國防部，<http://www.mnd.gov.tw/>。
- (2) 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，頁 297-329。
- (3) 中央政府總預算查詢及統計資料庫，行政院主計處，<http://nplbudget.ly.gov.tw/>。
- (4) 中華民國國防部網站，<http://www.mnd.gov.tw>。
- (5) 中華民國，「2004 國防報告書」，台北，2004。
- (6) 日本防衛廳網站，<http://www.mod.go.jp/>。
- (7) 日本平成 18 年版防衛白書，2006-7。
- (8) 李治網、謝汶進 (2002)，「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，頁 95-120。
- (9) 吳坤暉，「國防資源最適分配之二階多目標規劃」，交通大學經營管理研究所，碩士論文，2002 年。
- (10) 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，頁 95-119。
- (11) 林楨家、馮正民 (2001)，「土地使用與運輸路網整合設計之二階規劃模式」，*運輸計劃季刊*，第 30 卷第 4 期，頁 733-762。
- (12) 英國國防部網站，<http://www.mod.uk/>。
- (13) 邱煥能、翁昭祺 (1996)，「兩階層分配系統存貨水準訂定之研究」，*管理科學學報*，第 13 卷第 3 期，頁 546。
- (14) 法國國防部網站，<http://www.defense.gouv.fr/>。
- (15) 美國國防部網站，<http://www.defenselink.mil/>。
- (16) 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。
- (17) 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。
- (18) 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。
- (19) 陳勁甫、張正昌、孟德中 (2004)，「專案推移理論內涵暨其於軍事戰略規劃應用研究—以建構地面防衛作戰能量為例」，2004 年 ING 安泰管理碩士論文獎暨研討會，台北：台灣大學管理學院。
- (20) 陳勁甫、張正昌、陳仁龍 (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。
- (21) 黃道淵 (1999)，「國防財力分配之研究-以空軍總部為例」，國

- 防管理學院資源管理研究所碩士論文。
- (22) 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。
- (23) 楊有恆、虞孝成、楊駕人 (2005),「國防工業訓儲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,頁 1-20。
- (24) 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。
- (25) 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。
- (26) 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。
- (27) 蔡海璋 (2002),「以模糊理論建構軍事戰略決策模式之研究」,國防大學中正理工學院兵器系統工程研究所碩士論文。
- (28) 鄧進財 (1997),「完整背包問題之研究」,《科學發展》,第 5 卷第 4 期,頁 309-319。
- (29) 謝世佳 (1991),「資源的預測和最適分配」,《中興法商學報》,第 21 期,頁 298。
- (30) 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,頁 10-15。
- (31) 劉立倫,《國防財務資源管理》,揚智文化公司,台北,民國 94 年。
- (32) 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,頁 63-66。
- (33) 韓國國防部網站, <http://www.mnd.go.kr/>。
- (34) 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,頁 158-162。

二、 英文部分：

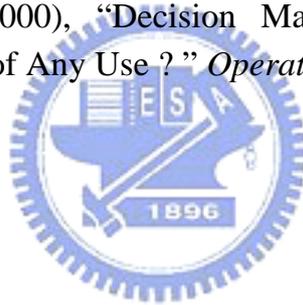
- (35) Andersson, P.A., Varde, E. and Diderichsen, F. (2000), "Modelling of resource allocation to health care authorities in Stockholm County," *Health Care Management Science*, Vol. 3, No.1. pp 141-149.
- (36) Athanassopoulos, A.D. (1998), "Decision support for target-based resource allocation of public services in multiunit and multilevel system," *Management Science*, Vol. 44, No. 2. pp 173-187.
- (37) Bracken, J. and McGill, J. T. (1973), "Mathematical Programs with Optimization Problems in the Constraints," *Operations Research*, Vol. 21, No. 1, pp. 37-44.
- (38) Bialas, W.F. and Karwan, M.H. (1984), "Two-level Linear

- Prpgramming,” *Management Science*, Vol. 30, No. 8. pp 1004-1020.
- (39) Carvalho, T.A. and Powell, W.B. (2000), “A Multiplier Adjustment Method for Dynamic Resource Allocation Problems,” *Transportation Science*, Vol. 34, No. 2. pp 150-164.
- (40) Cheng, Eddie. and Li, H. (2001), “Information priority-setting for better resource allocation using Analytic Hierarchy Process (AHP) ,” *Information Management & Computer Security*, Vol. 9, No. 2. pp 61-70.
- (41) Coulomb, F. and Fontanel, J. (2005), “An Economic Interpretation of French Military Expenditures,” *Defence and Peace Economics*, Vol. 16, No.4. pp. 297-315.
- (42) Dixon, W.J and Moon, B.E (1986), “The Military Burden and Basic Human Needs,” *The Journal of conflict resolution*, Vol. 30, No. 4. pp. 660-684.
- (43) DoD National Defense Budget Estimates for Fiscal Year 2007, Washington DC: United States Department of Defense, pp. 212-213.
- (44) Doi, T., Ihori, T. and Kondo, H. (2002), “Government Deficits, Political Inefficiency, and Fiscal Reconstruction in Japan,” *Annals of Economics and Finance*, Vol. 3. pp. 169-183.
- (45) Dunne, J.P. and Smith, R. (2001), “Military Spending, Investment and Economic Growth,” *Defence and Peace Economics*, Vol 12, No. 3. pp. 449-461.
- (46) Farias, V.F. and Benjamin Van Roy (2004), “Approximation Algorithms for Dynamic Resource Allocation,” *IIE Transactions*, Vol. 36, No.3. pp. 1-7.
- (47) Fordham, B.O. (2003), “The political and economic sources of inflation in the American military budget, ” *The Journal of conflict resolution* , Vol.47, No.5. pp. 574-593.
- (48) Fordham, B.O. and Walker, T.C. (2005), “Kantian liberalism, regime type, and military resource allocation: Do democracies spend less?” *International Studies Quarterly*, Vol.49. pp. 141–157.
- (49) Gerchak, Y. and Parlar, M. (1999), “Allocating resources to research and development projects in a competitive environment,” *IIE Transactions*, Vol. 31, No.9. pp. 827–834.
- (50) Gist, J.R. (1982), “Stability and Competition in Budgetary Theory” *The American Political Science Review*, Vol. 76, No.4. pp.859-872 .
- (51) Goertz, G. and Diehl, P.F. (1986), “Measuring Military Allocations A Comparison of Different Approaches,” *The Journal of conflict resolution*; Vol.30, No 3. pp. 553-581.

- (52) Golde, S. and Tishler A. (2000), "Security needs and the performance of the defense industry: determining the security level," *Journal of Conflict Resolution*, Vol. 48. pp. 672-698.
- (53) Green, A. and Ali, B. (2000), "Resource allocation and budgetary mechanisms for decentralized health systems: experiences from Balochistan, Pakistan," *Bulletin of the World Health Organization*. Vol.78, No.8. pp. 1024–1035.
- (54) Heo, UK. & DeRouen, Karl, Jr. (1998), "Military Expenditures, Technological Change, and Economic Growth," *The Journal of Politics*, Vol.60, No 3. pp.830-846.
- (55) Joint Publication (JP) 1 (2000), *Joint Warfare of the Armed Forces of the United States*, Joint Chiefs of Staff. Pp.1-3.
- (56) Krichman, M and Speyer, L (2001) "Theater Level Campaign Resource Allocation", *Proceedings of the American Control Conference Arlington, VA*. June, pp.25-27.
- (57) Korhonen, P. and Syrjanen, M. (2004), "Resource Allocation Based on Efficiency Analysis," *Management Science*, Vol.50, No.8. pp.1134-1144.
- (58) Lee, M. (2003), "Budget Process in Korea," Korea Institute of Public Finance. pp.1-26.
- (59) Liu Yi-Hsin and Thomas H. Spencer (1995), "Solving a Bilevel Linear Program When the Inner Decision Maker Controls Few," *European Journal of Operational Research*, Vol.81, No.3. pp. 644-651.
- (60) Liu Yi-Hsin and Hart Stephen M. (1994), "Characterizing an Optimal Solution to the Linear Bi-level Programming Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol.73, No.1. pp. 164-166.
- (61) Loch, Cristoph H. and Kavadias, S. (2002), "Dynamic portfolio selection of NPD programs using marginal returns," *Management Science*, Vol.28, pp. 1227-1241.
- (62) NATO, Defence Expenditures of NATO Countries, <http://www.nato.int/>.
- (63) Saal, D. (2001), "The impact of procurement-driven technological change on U.S. manufacturing productivity growth," *Defence and Peace Economics*, Vol.12, No.6. pp.537-568.
- (64) Setter, O. and Tishler, A. (2007), "Budget Allocation for integrative technologies". *Defense and Peace Economics*, Vol. 18, No.2, pp. 133–155
- (65) Smith, R. and Dunne, J.P. (2002), "Military spending, Investment and

Economic growth in small industrialising economies”. *The South African Journal of Economics*, Vol. 70, No.5, pp. 789–798.

- (66) Stone, J.C. (2005), “Planning defense budget allocation for Canada’s strategy 2020”. *Defense and Peace Economics*, Vol. 16, No.3, pp. 223–246.
- (67) Teask, R.R. and 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.
- (68) Treddenick, J. M. (1998), “Distributing the defence budget: choosing between capital and manpower. In *Issues in Defence Management*,” edited by D. Bland, Kingston: School of Policy Studies Queen’s University. Pp.57–82.
- (69) Treddenick, J. M. (2000), “Modelling defense budget allocations: an application to Canada. In *The Economics of Regional Security: NATO, The Mediterranean, and Southern Africa*,” edited by J. Brauer and K. Hartley, Amsterdam: Harwood Academic. pp. 43–70.
- (70) Wallace, S.W. (2000), “Decision Making Under Uncertainty is Sensitivity Analysis of Any Use ?” *Operations Research*, Vol. 48, No.1, pp. 20–25.



附錄 1

各單位每筆預算計劃書之決策變數 x_{ij} 值彙整表

	x_{ij}				
U_1	3.66	52.5	1.58	27.4	8.50
U_2	2.74	-14.6	4.97	18.6	-3.65
U_3	-1.01	20.8	-1.89	20.7	38.8
U_4	7.57	-11.5	145	9.52	38.6
U_5	141	22.9	0.42	26.4	20.7
U_6	20.8	5.30	32.4	5.13	79.4



附錄 2

各單位每筆預算計劃書之決策變數 x_{ij} 值彙整表

	x_{ij}									
	om_1	om_2	om_3	om_4	om_5	I_1	I_2	I_3	I_4	
U_1	35.5	45.7	54.6	40.9	-3.5	26.8	7.2	4.00	-3.3	
U_2	11.5	9.61	45.9	-6.4	-0.3	19.3	5.6	2.03	-1.2	
U_3	8.09	32.6	53.6	6.46	-13	13.1	22.0	5.87	-6.5	
U_4	41.5	44.1	30.6	13.6	0.87	23.8	12.5	17.2	1.64	
U_5	18.8	46.7	17.2	19.2	-20	12.7	14.8	5.30	-2.3	
U_6	24.3	26.7	37.5	27.6	-10	20.4	28.9	20.0	-10	



附錄 3 Matlab 使用之程式碼

問題一：預算分配最佳化

```
% 研究者的方法
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
V = W./C;
M = 6;
N = 9;

v_vec = [];
coord = [];
for i = 1:M
    for j = 1:N
        v_vec = [v_vec V(i,j)];
        coord = [coord [i;j]];
    end
end
[v_sort, index] = sort(v_vec,'descend');
money = 0;
indexx = 1;
res_coord = [];
while money < 1262
    money = money + C(coord(1,index(indexx)),coord(2,index(indexx)));
    res_coord = [res_coord [coord(:,index(indexx))]];
    indexx = indexx + 1;
end
```



```

end

money = money - C(coord(1,index(indexx-1)),coord(2,index(indexx-1)));
res_coord(:,length(res_coord)) = [];

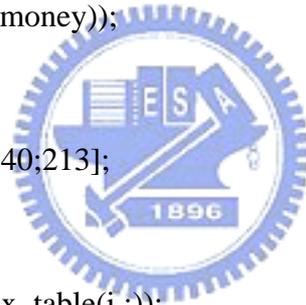
x_table = zeros(M,N);
for i = 1:length(res_coord)
    x_table(res_coord(1,i),res_coord(2,i)) = 1;
end

% 最大貢獻度
unit_contribution = V.*x_table;
total_contribution = sum(sum(unit_contribution));

% 單位預算
unit_money = C.*x_table;
total_money = sum(sum(unit_money));

% 滿意度
Require = [238;250;245;235;240;213];
real_req = zeros(M,1);
for i = 1:M
    real_req(i) = sum(C(i,:).*x_table(i,:));
end
diff = (real_req)./Require;
sati_val = max(diff)-min(diff);

```



問題二：作業維持效能最大化

% 研究者的方法

```
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...  
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...  
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...  
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...  
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...  
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
```

```
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...  
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...  
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...  
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...  
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...  
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
```

```
V = W./C;
```

```
M = 6;
```

```
N = 9;
```

```
v_vec = [];
```

```
coord = [];
```

```
for i = 1:M
```

```
    for j = 6:N
```

```
        v_vec = [v_vec V(i,j)];
```

```
        coord = [coord [i;j]];
```

```
    end
```

```
end
```

```
[v_sort, index] = sort(v_vec,'descend');
```

```
money = 0;
```

```
indexx = 1;
```

```
res_coord = [];
```

```
while money < 624
```

```
    money = money + C(coord(1,index(indexx)),coord(2,index(indexx)));
```

```
    res_coord = [res_coord [coord(:,index(indexx))]];
```

```
    indexx = indexx + 1;
```

```
end
```

```
money = money - C(coord(1,index(indexx-1)),coord(2,index(indexx-1)));
```



```

res_coord(:,length(res_coord)) = [];

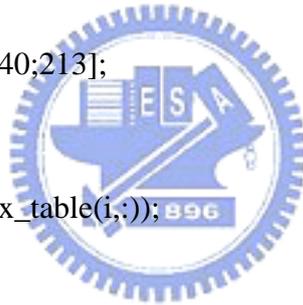
x_table = zeros(M,N);
x_table(:,1:5) = ones(6,5);
for i = 1:length(res_coord)
    x_table(res_coord(1,i),res_coord(2,i)) = 1;
end

% 最大貢獻度
unit_contribution = V.*x_table;
total_contribution = sum(sum(unit_contribution));

% 單位預算
unit_money = C.*x_table;
total_money = sum(sum(unit_money));

% 滿意度
Require = [238;250;245;235;240;213];
real_req = zeros(M,1);
for i = 1:M
    real_req(i) = sum(C(i,:).*x_table(i,:));
end
diff = (real_req)./Require;
sati_val = max(diff)-min(diff);

```



問題三：軍事投資效能最大化

% 研究者的方法

```
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...  
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...  
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...  
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...  
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...  
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
```

```
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...  
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...  
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...  
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...  
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...  
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
```

```
ratio = [0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.75 0.75 0.75 0.8 0.8;...  
         0.75 0.75 0.75 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8];
```

```
V = W./C;
```

```
M = 6;
```

```
N = 9;
```

```
v_vec = [];
```

```
coord = [];
```

```
for i = 1:M
```

```
    for j = 6:N
```

```
        v_vec = [v_vec V(i,j)];
```

```
        coord = [coord [i;j]];
```

```
    end
```

```
end
```

```
[v_sort, index] = sort(v_vec,'descend');
```

```
money = 0;
```

```
indexx = 1;
```

```
res_coord = [];
```

```
ratio_C = ratio.*C(:,1:5);
```



```

left_money = 1262 - sum(sum(ratio_C));
while money < left_money
    money = money + C(coord(1,index(indexx)),coord(2,index(indexx)));
    res_coord = [res_coord [coord(:,index(indexx))]];
    indexx = indexx + 1;
end

money = money - C(coord(1,index(indexx-1)),coord(2,index(indexx-1)));
res_coord(:,length(res_coord)) = [];

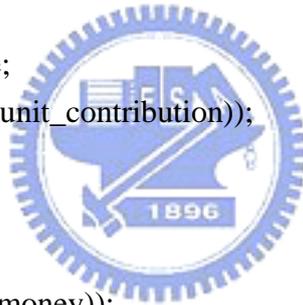
x_table = zeros(M,N);
x_table(:,1:5) = ratio;
for i = 1:length(res_coord)
    x_table(res_coord(1,i),res_coord(2,i)) = 1;
end

% 最大貢獻度
unit_contribution = V.*x_table;
total_contribution = sum(sum(unit_contribution));

% 單位預算
unit_money = C.*x_table;
total_money = sum(sum(unit_money));

% 滿意度
Require = [238;250;245;235;240;213];
real_req = zeros(M,1);
for i = 1:M
    real_req(i) = sum(C(i,:).*x_table(i,:));
end
diff = (real_req)./Require;
sati_val = max(diff)-min(diff);

```



整數規劃求解程式碼

問題一：預算分配最佳化-基於整體貢獻度最大化

% 本程式用於提供最大貢獻度

```
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...  
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...  
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...  
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...  
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...  
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
```

```
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...  
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...  
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...  
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...  
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...  
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
```

```
V = W./C;
```

```
M = 6;
```

```
N = 9;
```

```
f = [];
```

```
A = [];
```

```
for i = 1:M
```

```
    f = [f V(i,:)];
```

```
    A = [A C(i,:)];
```

```
end
```

```
b = 1262; % Billion
```

```
x = bintprog(-f,A,b);
```

```
x_table = zeros(M,N);
```

```
xindex = 1;
```

```
for m = 1:M
```

```
    for n = 1:N
```

```
        x_table(m,n) = x(xindex);
```

```
        xindex = xindex + 1;
```

```
    end
```

```
end
```



```

win_index = find(x == 1);
win_value = f(win_index);
submit_order = [];
for i = 1:length(win_index)
    [max_obj,max_index] = max(win_value);
    for j = 1:length(max_obj)
        if mod(win_index(max_index(j)),N) ~= 0
            submit_order = [submit_order
[win_index(max_index(j));floor(win_index(max_index(j))/N)+1;mod(win_index(max
_index(j)),N);win_value(max_index(j))]];
        else
            submit_order = [submit_order
[win_index(max_index(j));floor(win_index(max_index(j))/N);N;win_value(max_inde
x(j))]];
        end
    end
    win_value(max_index) = -1e10;
end

% Contribution
dec_mat = zeros(M,N); % Decision matrix
index = 1;
for i = 1:M
    for j = 1:N
        dec_mat(i,j) = x(index);
        index = index + 1;
    end
end

% 最大貢獻度
max_contribution = f*x;
% 單位貢獻度
contribution_table = V.*x_table;
% 單位經費
unit_money = C.*x_table;
total_money = sum(sum(C.*x_table));
% 單位戰力
unit_fight = W.*x_table;
total_fight = sum(sum(W.*x_table));

```



```
% 満足度
Require = [238;250;245;235;240;213];
real_req = zeros(M,1);
for i = 1:M
    real_req(i) = sum(C(i,:).*dec_mat(i,:));
end
diff = (real_req)./Require;
sati_val = max(diff)-min(diff);
```



問題一：預算分配最佳化-基於整體預算最大化

% 本程式用於提供最大經費

```
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...  
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...  
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...  
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...  
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...  
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
```

```
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...  
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...  
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...  
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...  
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...  
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
```

```
V = W./C;
```

```
M = 6;
```

```
N = 9;
```

```
f = [];
```

```
A = [];
```

```
for i = 1:M
```

```
    f = [f C(i,:)];
```

```
    A = [A C(i,:)];
```

```
end
```

```
b = 1262; % Billion
```

```
x = bintprog(-f,A,b);
```

```
x_table = zeros(M,N);
```

```
xindex = 1;
```

```
for m = 1:M
```

```
    for n = 1:N
```

```
        x_table(m,n) = x(xindex);
```

```
        xindex = xindex + 1;
```

```
    end
```

```
end
```

```
win_index = find(x == 1);
```

```
win_value = f(win_index);
```



```

submit_order = [];
for i = 1:length(win_index)
    [max_obj,max_index] = max(win_value);
    for j = 1:length(max_obj)
        if mod(win_index(max_index(j)),N) ~= 0
            submit_order = [submit_order
[win_index(max_index(j));floor(win_index(max_index(j))/N)+1;mod(win_index(max
_index(j)),N);win_value(max_index(j))]];
        else
            submit_order = [submit_order
[win_index(max_index(j));floor(win_index(max_index(j))/N);N;win_value(max_inde
x(j))]];
        end
    end
    win_value(max_index) = -1e10;
end

```

```

% Contribution
dec_mat = zeros(M,N); % Decision matrix
index = 1;
for i = 1:M
    for j = 1:N
        dec_mat(i,j) = x(index);
        index = index + 1;
    end
end
% 最大經費
max_money = f*x;
% 單位貢獻度
contribution_table = V.*x_table;
total_contribution = sum(sum(contribution_table));
% 單位經費
unit_money = C.*x_table;
total_money = sum(sum(C.*x_table));
% 單位戰力
unit_fight = W.*x_table;
total_fight = sum(sum(W.*x_table));
% 滿意度

```



```
Require = [238;250;245;235;240;213];  
real_req = zeros(M,1);  
for i = 1:M  
    real_req(i) = sum(C(i,:).*dec_mat(i,:));  
end  
diff = (real_req)./Require;  
sati_val = max(diff)-min(diff);
```



問題一：預算分配最佳化-基於整體戰力值最大化

% 本程式用於提供最大戰力價值

```
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...  
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...  
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...  
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...  
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...  
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
```

```
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...  
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...  
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...  
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...  
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...  
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
```

```
V = W./C;
```

```
M = 6;
```

```
N = 9;
```

```
f = [];
```

```
A = [];
```

```
for i = 1:M
```

```
    f = [f W(i,:)];
```

```
    A = [A C(i,:)];
```

```
end
```

```
b = 1262; % Billion
```

```
x = bintprog(-f,A,b);
```

```
x_table = zeros(M,N);
```

```
xindex = 1;
```

```
for m = 1:M
```

```
    for n = 1:N
```

```
        x_table(m,n) = x(xindex);
```

```
        xindex = xindex + 1;
```

```
    end
```

```
end
```

```
win_index = find(x == 1);
```

```
win_value = f(win_index);
```



```

submit_order = [];
for i = 1:length(win_index)
    [max_obj,max_index] = max(win_value);
    for j = 1:length(max_obj)
        if mod(win_index(max_index(j)),N) ~= 0
            submit_order = [submit_order
[win_index(max_index(j));floor(win_index(max_index(j))/N)+1;mod(win_index(max
_index(j)),N);win_value(max_index(j))]];
        else
            submit_order = [submit_order
[win_index(max_index(j));floor(win_index(max_index(j))/N);N;win_value(max_inde
x(j))]];
        end
    end
    win_value(max_index) = -1e10;
end

```

```

% Contribution
dec_mat = zeros(M,N); % Decision matrix
index = 1;
for i = 1:M
    for j = 1:N
        dec_mat(i,j) = x(index);
        index = index + 1;
    end
end
% 最大戦力價值
max_fight = f*x;
% 單位貢獻度
contribution_table = V.*x_table;
total_contribution = sum(sum(contribution_table));
% 單位經費
unit_money = C.*x_table;
total_money = sum(sum(C.*x_table));
% 單位戦力
unit_fight = W.*x_table;
total_fight = sum(sum(W.*x_table));
% 滿意度

```



```
Require = [238;250;245;235;240;213];  
real_req = zeros(M,1);  
for i = 1:M  
    real_req(i) = sum(C(i,:).*dec_mat(i,:));  
end  
diff = (Require - real_req)/Require(i);  
sati_val = max(diff)-min(diff);
```



問題二：作業維持效能最大化-基於整體貢獻度最大化

% 本程式用於滿足最大計畫貢獻度

% Consider the satisfication

```
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
```

```
V = W./C;
```

```
M = 6;
```

```
N = 9;
```

```
f = [];
```

```
A = [];
```

```
for i = 1:M
```

```
    f = [f V(i,6:9)];
```

```
    A = [A C(i,6:9)];
```

```
end
```

```
b = 624; % Billion
```

```
x = bintprog(-f,A,b);
```

```
x_table = zeros(M,4);
```

```
xindex = 1;
```

```
for m = 1:M
```

```
    for n = 1:4
```

```
        x_table(m,n) = x(xindex);
```

```
        xindex = xindex + 1;
```

```
    end
```

```
end
```

```
% 最大計畫貢獻度
```



```

max_contribution = f*x;
% 各單位使用經費
unit_money = C(:,6:9).*x_table;
% 累計經費
unit_total_money = sum(sum(unit_money));

x_table_full = [ones(6,5) x_table];
% 單位貢獻度
contribution_table = V.*x_table_full;
total_contribution = sum(sum(contribution_table));
% 單位經費
unit_money = C.*x_table_full;
total_money = sum(sum(C.*x_table_full));
% 單位戰力
unit_fight = W.*x_table_full;
total_fight = sum(sum(W.*x_table_full));

```



問題二：作業維持效能最大化-基於整體預算最大化

```
% 本程式用於滿足最大可用經費
% Consider the satisfication
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
V = W./C;
M = 6;
N = 9;
f = [];
A = [];
for i = 1:M
    f = [f C(i,6:9)];
    A = [A C(i,6:9)];
end
b = 624; % Billion
x = bintprog(-f,A,b);

x_table = zeros(M,4);
xindex = 1;
for m = 1:M
    for n = 1:4
        x_table(m,n) = x(xindex);
        xindex = xindex + 1;
    end
end

% 最大計畫經費
```



```

max_money = f*x;
% 各單位使用經費
unit_money = C(:,6:9).*x_table;
% 累計經費
unit_total_money = sum(sum(unit_money));

x_table_full = [ones(6,5) x_table];
% 單位貢獻度
contribution_table = V.*x_table_full;
total_contribution = sum(sum(contribution_table));
% 單位經費
unit_money = C.*x_table_full;
total_money = sum(sum(C.*x_table_full));
% 單位戰力
unit_fight = W.*x_table_full;
total_fight = sum(sum(W.*x_table_full));

```



問題二:作業維持效能最大化-基於整體戰力值最大化

```
% 本程式用於滿足最大戰力價值
% Consider the satisfication
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
V = W./C;
M = 6;
N = 9;
f = [];
A = [];
for i = 1:M
    f = [f W(i,6:9)];
    A = [A C(i,6:9)];
end
b = 624; % Billion
x = bintprog(-f,A,b);

x_table = zeros(M,4);
xindex = 1;
for m = 1:M
    for n = 1:4
        x_table(m,n) = x(xindex);
        xindex = xindex + 1;
    end
end

% 最大戰力價值
```



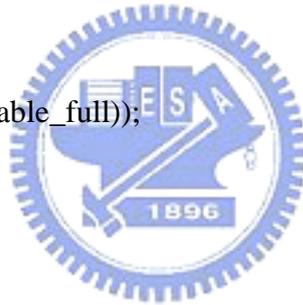
```

max_fight = f*x;
% 各單位使用經費
unit_money = C(:,6:9).*x_table;
% 累計經費
total_money = sum(sum(unit_money));

% 累計經費
unit_total_money = sum(sum(unit_money));

x_table_full = [ones(6,5) x_table];
% 單位貢獻度
contribution_table = V.*x_table_full;
total_contribution = sum(sum(contribution_table));
% 單位經費
unit_money = C.*x_table_full;
total_money = sum(sum(C.*x_table_full));
% 單位戰力
unit_fight = W.*x_table_full;
total_fight = sum(sum(W.*x_table_full));

```



問題三：軍事投資效能最大化-基於整體貢獻度最大化

% 本程式用於滿足最大貢獻度

% Consider the satisfication

```
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...  
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...  
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...  
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...  
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...  
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
```

```
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...  
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...  
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...  
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...  
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...  
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
```

```
ratio = [0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.75 0.75 0.75 0.8 0.8;...  
         0.75 0.75 0.75 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8];
```



```
V = W./C;
```

% OM 所要花費的金額表

```
unit_prerequisite_money = C(:,1:5).*ratio;
```

```
left_money = 1262 - sum(sum(unit_prerequisite_money));
```

```
M = 6;
```

```
N = 5;
```

```
f = [];
```

```
A = [];
```

```
for i = 1:M
```

```
    f = [f V(i,6:9)];
```

```
    A = [A C(i,6:9)];
```

```
end
```

```
b = left_money; % Billion
```

```

x = bintprog(-f,A,b);

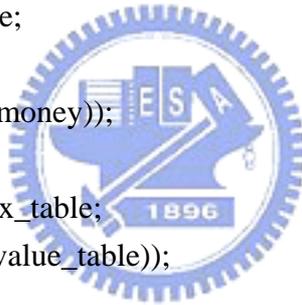
x_table = zeros(M,4);
xindex = 1;
for m = 1:M
    for n = 1:4
        x_table(m,n) = x(xindex);
        xindex = xindex + 1;
    end
end

% 最大貢獻度
max_contribution = f*x;
% 各單位的貢獻度
contribution_table = V(:,6:9).*x_table;
% 各單位使用經費
unit_money = C(:,6:9).*x_table;
% 累計經費
total_money = sum(sum(unit_money));
% 各單位的戰力價值
fight_value_table = W(:,6:9).*x_table;
fight_value = sum(sum(fight_value_table));

% 累計經費
unit_total_money = sum(sum(unit_money));

x_table_full = [ratio x_table];% 單位貢獻度
contribution_table = V.*x_table_full;
total_contribution = sum(sum(contribution_table));
% 單位經費
unit_money = C.*x_table_full;
total_money = sum(sum(C.*x_table_full));
% 單位戰力
unit_fight = W.*x_table_full;
total_fight = sum(sum(W.*x_table_full));

```



問題三：軍事投資效能最大化-基於整體預算最大化

% 本程式用於滿足最大可用經費

% Consider the satisfication

```
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...  
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...  
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...  
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...  
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...  
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
```

```
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...  
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...  
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...  
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...  
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...  
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
```

```
ratio = [0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.75 0.75 0.75 0.8 0.8;...  
         0.75 0.75 0.75 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8];
```



```
V = W./C;
```

% OM 所要花費的金額表

```
unit_prerequisite_money = C(:,1:5).*ratio;
```

```
left_money = 1262 - sum(sum(unit_prerequisite_money));
```

```
M = 6;
```

```
N = 5;
```

```
f = [];
```

```
A = [];
```

```
for i = 1:M
```

```
    f = [f C(i,6:9)];
```

```
    A = [A C(i,6:9)];
```

```
end
```

```
b = left_money; % Billion
```

```

x = bintprog(-f,A,b);

x_table = zeros(M,4);
xindex = 1;
for m = 1:M
    for n = 1:4
        x_table(m,n) = x(xindex);
        xindex = xindex + 1;
    end
end

% 最大可用經費
max_fight = f*x;
% 各單位使用經費
unit_money = C(:,6:9).*x_table;
% 貢獻度
contribution_table = V(:,6:9).*x_table;
contribution_value = sum(sum(contribution_table));
% 戰力價值
fight_value_table = W(:,6:9).*x_table;
fight_value = sum(sum(fight_value_table));

% 累計經費
unit_total_money = sum(sum(unit_money));

x_table_full = [ratio x_table];% 單位貢獻度
contribution_table = V.*x_table_full;
total_contribution = sum(sum(contribution_table));
% 單位經費
unit_money = C.*x_table_full;
total_money = sum(sum(C.*x_table_full));
% 單位戰力
unit_fight = W.*x_table_full;
total_fight = sum(sum(W.*x_table_full));

```

問題三：軍事投資效能最大化-基於整體戰力值最大化

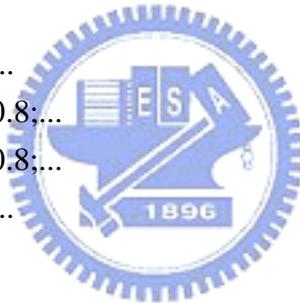
% 本程式用於滿足最大戰力價值

% Consider the satisfication

```
C = [32 26 18 15 12 46 37 28 24;...  
     36 31 20 14 7 52 36 35 19;...  
     42 29 18 13 11 56 35 23 18;...  
     28 25 17 16 16 43 36 32 22;...  
     39 27 21 12 5 47 34 31 24;...  
     33 26 22 17 10 42 31 19 13];
```

```
W = [18 15 10 8 5 28 19 13 10;...  
     19 16 11 6 3 29 18 16 8;...  
     22 16 10 6 4 30 19 11 7;...  
     16 14 9 8 7 24 19 17 10;...  
     21 18 11 6 2 25 18 15 10;...  
     18 14 12 9 4 23 17 10 5];
```

```
ratio = [0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.75 0.75 0.75 0.8 0.8;...  
         0.75 0.75 0.75 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8;...  
         0.8 0.8 0.8 0.8 0.8];
```



```
V = W./C;
```

% OM 所要花費的金額表

```
unit_prerequisite_money = C(:,1:5).*ratio;
```

```
left_money = 1262 - sum(sum(unit_prerequisite_money));
```

```
M = 6;
```

```
N = 5;
```

```
f = [];
```

```
A = [];
```

```
for i = 1:M
```

```
    f = [f W(i,6:9)];
```

```
    A = [A C(i,6:9)];
```

```
end
```

```
b = left_money; % Billion
```

```

x = bintprog(-f,A,b);

x_table = zeros(M,4);
xindex = 1;
for m = 1:M
    for n = 1:4
        x_table(m,n) = x(xindex);
        xindex = xindex + 1;
    end
end

% 最大戰力價值
max_fight = f*x;
% 各單位使用經費
unit_money = C(:,6:9).*x_table;
% 各單位的貢獻度
contribution_table = V(:,6:9).*x_table;
contribution_value = sum(sum(contribution_table));
% 各單位的戰力價值
fight_value_table = W(:,6:9).*x_table;

% 累計經費
unit_total_money = sum(sum(unit_money));

x_table_full = [ratio x_table];% 單位貢獻度
contribution_table = V.*x_table_full;
total_contribution = sum(sum(contribution_table));
% 單位經費
unit_money = C.*x_table_full;
total_money = sum(sum(C.*x_table_full));
% 單位戰力
unit_fight = W.*x_table_full;
total_fight = sum(sum(W.*x_table_full));

```

