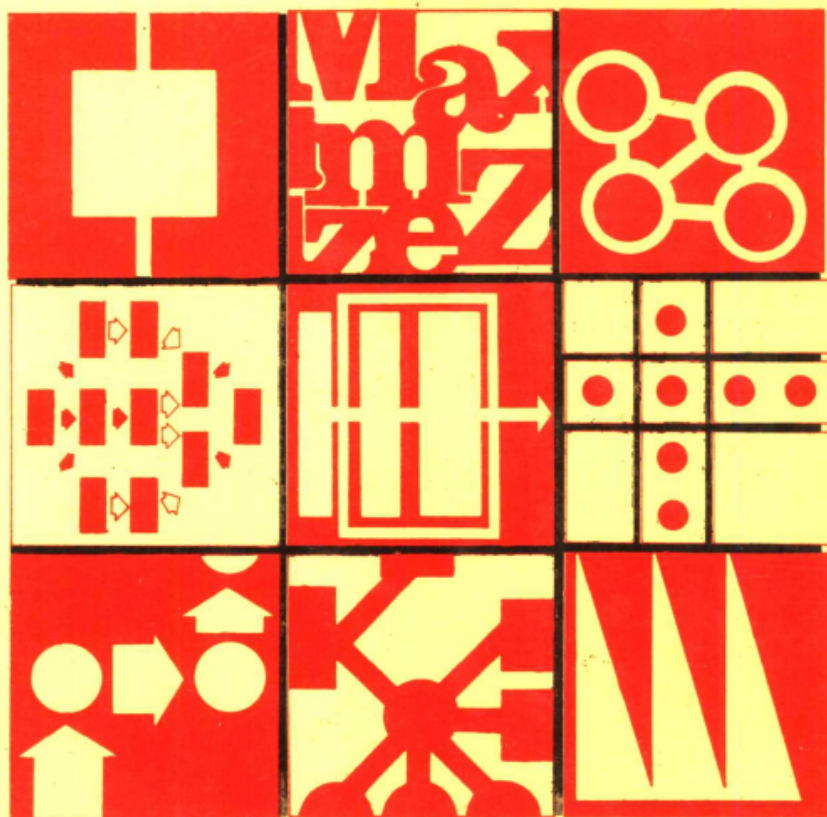


作業研究導論

原著者 Hillier • Lieberman

譯著者 劉馥玉 • 鄭秀麗



曉園出版社

AS 100/52

作業研究導論

原著者 Hillier • Lieberman

譯著者 劉馥玉 • 鄭秀麗

曉園出版社

版權所有·翻印必究

初 版

1984年元月第一次印刷發行

1986年9月第四次印刷發行

論 導 研 究 業 作

精裝本定價：新臺幣 350 元

平裝本定價：新臺幣 300 元

原 著 者：Hillier·Lieberman

譯 著 者：劉 馥 玉 · 鄭 秀 麗

發 行 人：黃 旭 政

發 行 所：曉 園 出 版 社 有 限 公 司

HSIAO-YUAN PUBLICATION COMPANY LIMITED

臺 北 市 青 田 街 7 巷 5 號

電 話：(02)394-9931 三 線

郵 撥：1075734-4 號

門 市 部(1)：臺 北 市 新 生 南 路 三 段 96 號 之 三

電 話：3917012 · 3947375

門 市 部(2)：臺 北 市 重 慶 南 路 一 段 61 號 地 下 樓

電 話：三 一 四 九 五 八 〇

門 市 部(3)：臺 北 縣 淡 水 鎮 英 專 路 71 號

電 話：六 二 一 七 八 四 〇

門 市 部(4)：臺 中 市 西 屯 區 文 華 路 113 號

電 話：(04)251-2759 · 254-6663

印 刷 所：遠 大 印 刷 廠

臺 北 市 武 成 街 36 巷 16 弄 15 號

出 版 登 記：局 版 臺 業 字 第 1244 號

著 作 執 照：臺 內 著 字 第 號

序 言

本書第一、二版反應良好，作者深感榮幸。另一方面，每年有成千上萬的學生經由本書進入作業研究之領域，作者有鑑於此，更覺責任重大。因此竭力從事本教材之修正與改進，以完成第三版，其間所費精力，包括發出調查問卷給數百名使用本書第二版的教師，同時收集修習本科學生的意見及建議。有許多人建議我們在修訂版中仍保留第二版的主要特性。另外還有許多很有建設性的建議，指出某些小地方應作更精細的說明，此類回響對我們而言，都有莫大的助益，希望讀者能於此版本中，給予我們更多的批評及建議。

在作業研究的實際應用上增加了幾個新課題，其中之一為目標規劃術，為便於同時處理多目標的個案，在此提供了一個實際的線性規劃術，介紹於第五章之前，並配合線性規劃術上特殊製作技術的新資料。在第十二章（存貨理論），我們省略了許多多期存貨模式的數學公式，代之以二期存貨模式的詳細分析。第十五章（決策分析）包括了計算遲後分配的表列法。第十八章增加了整數規劃上公式技術的新資料。第十九章（非線性規劃）細分出對於無約制問題的一次元搜尋程序，為了加入這些資料，我們去掉了一些較短的章節。

此外，我們重組或重寫了一部分。重組了線性規劃術使得第一章提供了簡潔而基本的介紹，把原舊有第一章中更進一步理論性的介紹挪到後面的章節中。某些課題被改寫得更清晰，包括運輸問題的起始可行解、求解程序（第四章）、最短路線法（第六章）、分枝定界法與貝爾加性反覆計算法（第十八章）與決策分析（第十五章）。許多其他章節經過修飾，很多習題也被修訂，大約有 70 % 的新題目加入，尤其在商業應用上。

前一版在於強調解釋的動機及精簡，而非繁瑣的證明，此重點依然維持。對於偏向實用而數學素養不甚充實的學生而言，修訂版使本書更為易讀而有趣。然而，作者仍以為，作業研究之基本理論以數學方式說明之，

最能使讀者了解與認識。因此三版之寫作，仍針對與二版相同的讀者，即針對適用於多種學門（工程、企業、數學科學、社會科學等）的學生，往往寧可適度使用數學而不作大量繁複的使用。

然本書所用的數學僅限於較基本者，第二章至第八章討論數理規劃（第一篇），所需數學不超過高中代數，第二篇（第九章至第十六章）說明機率性模式，則須有較多數學訓練才易了解，雖然第二篇之若干部分，學習時無需另外修習其他數學科目，但其中有一些地方，假定讀者具有初等微積分的基本知識，若讀者具有修習初級微積分所達到的數學程度，則非常有用。第九章介紹所需機率理論的初步，亦可作為一種複習，讀者過去若曾學習機率，則極有助益。第三篇（第十七章至第十九章）討論數理規劃中的高深課題，目的在提供給想在除了數理規劃的基本教材以外作更進一步學習的學生研讀之用。此篇之研讀，亦需具有修習微積分後所達到的數學程度。此外，第三篇有一部分用到基本矩陣運算（在附錄之一加以複習）。

有許多種方法可由本書擷取教材作為教學之用。本書分為三篇，由淺入深，故適合多種程度的學生研讀，主要對象為大三或大四學生及第一年（碩士班）研究生。本書伸縮性頗大，第一篇或第一、三兩篇（論數理規劃）的教學，與第二篇（論機率性模式）的教學，根本可視為互不關連。同時，第一、三兩篇各章之間，大致互無關連，唯一例外的是，此兩篇中之各章皆用到第二章所提出的基本教材。第二篇內各章的取捨，亦頗有彈性，同時其中教材的配合，也有多種選擇。

採用第一章至第十六章的部分教材——例如，第一章至第二章，第五章至第七章，第十章至第十二章，第十五章至第十六章的大部分（此乃假定研習第十章至第十六章者已修基本機率理論；否則，另需增加時間來講授第九章的教材）——可以構成含有數理規劃與若干機率性模式的概要性課程，在一學季（40小時）或一學期內授畢。第一章至第十六章（第九章除外）的大部分教材，可作為兩學季概要性課程講授（60小時）。第一章至第五章與第十七章，構成線性規劃（一學季）課程的優異基礎，第六章至第八章與第十八章至第十九章含有另一其他確然性模式（一學季）課程的各種課題，第十章至第十六章含有機率性模式的各種課題，適於作

爲一（一學季）課程講授。上述最後三課程（本書內全部教材），事實上可以視爲作業研究方法一學年的基本課程，構成一套碩士課程的核心。此諸課程目前皆在史丹福大學開授，並依上述方式採用本書爲教本。以上討論各章內容時，未提及第二十章（作業研究考察之計畫），作者認爲，學生在了解各種解題方法後，始能進而了解如何計畫一項作業研究考察。因此，作者建議，在上述每一過程之末講述此章，以使學生能夠綜觀各該課程所授教材；然而教師若認爲應先予講授，自也無妨。

對本書之修訂三版有所貢獻之人士甚多，作者受惠匪淺。就第二版提出有益批評者，委實太多，無法於此一一列出，有數人提出甚多有價值的建議，作者於此特致謝忱，此等人士包括 David Butler, Richard Cottle, George Dantzig, B. Curtis Eaves, Larry Edison, J. Michael Harrison, Donald Iglehart, Robert Machol, Steven Nahmias, Gerald Shedler, Anderw Shogan, Edward Silver, 和 Arthur Veinott, Jr.。此外，非常感謝 Patricia Rospendowski, Audrey Stevenin 與 Ted Riley 從事終稿之打字。作者亦受海軍研究處（the office of Naval Research）與國家科學基金會（the National Science Foundation）之惠，此二機構曾資助作者研究，其研究結果包含在等候理論與可靠性各章內。

最後，一如在二版，我們對妻 Ann 與 Helen 在編輯方面與打字方面的援助再致謝意。此外亦感謝我們的子女 David, John, 及 Mark Hillier 與 Janet, Joanne, Michael 及 Diana Lieberman 對我們的鼓勵與諒解，使得我們能夠日以繼夜地專力於本書之撰寫。

FREDERICK S. HILLIER
GERALD J. LIEBERMAN

史丹福大學
一九八〇年一月

目 錄

第一章 導 論

1. 作業研究之起源 1 / 2. 作業研究之性質 2 / 3. 作業研究之影響 4 / 4. 作業研究職業訓練 7 / 5. 前程 8

第一篇 數理規劃

第二章 線性規劃術

1. 範例 16 / 2. 線性規劃模式 20 / 3. 線性規劃術之諸假定 23 / 4. 例題數則 25 / 5. 簡算法 32 / 6. 簡算法均勢解除 41 / 7. 適應其他模式形 45 / 8. 結言 58 / 問題 59

第三章 線性規劃術理論

1. 簡算法幾何 69 / 2. 籌設簡算法 75 / 3. 簡算法代數 79 / 4. 基本透察 87 / 5. 對偶理論 93 / 6. 結言 111 / 問題 111

第四章 特殊型線性規劃問題

1. 運輸問題 120 / 2. 運輸問題流線化簡算法 129 / 3. 轉運問題 145 / 4. 分派問題 152 / 5. 多部門問題 154 / 6. 結言 159 / 問題 160

第五章 線性規劃術之應用含目標規劃術

1. 問題模式製作 171 / 2. 計其上之考慮 195 / 3. 感應分

析 197 / 4. 個案研究 - 種族均調學區重劃 212 / 5. 結言
218 / 問題 219

第六章 網路分析，含計畫評核術——要徑法

1. 範例 235 / 2. 網路術語 236 / 3. 最短路線問題 238
/ 4. 最短伸展樹問題 240 / 5. 最大流量問題 244 / 6. 以
計畫評核術—要徑法從事專案之規劃與控制 249 / 7. 結言
262 / 問題 264

第七章 動態規劃術

1. 範例 271 / 2. 動態規劃術問題之特徵 274 / 3. 確然性
動態規劃 277 / 4. 機率性動態規劃 293 / 5. 結言 298 /
問題 300

第八章 對局理論

1. 引言 305 / 2. 簡單對局之求解範例 307 / 3. 混合策略
對局 312 / 4. 圖解法 314 / 5. 線性規劃解法 318 / 6.
延伸 321 / 7. 結言 321 / 問題 322

第二篇 機率性模式

第九章 機率理論

1. 引言 331 / 2. 樣本空間 331 / 3. 隨機變數 333 / 4.
機率與機率分配 335 / 5. 條件機率與獨立事件 341 / 6.
離散機率分配 343 / 7. 連續機率分配 348 / 8. 期望值 357
/ 9. 動差 359 / 10. 雙變量機率分配 362 / 11. 邊際與條
件機率分配 366 / 12. 雙變量分配之期望值 370 / 13. 獨立
隨機變數與隨機樣本 372 / 14. 大數法則 375 / 15. 中心極
限定理 376 / 16. 隨機變數之函數 377 / 17. 隨機過程 381
/ 18. 馬可夫鏈 383 / 19. 邱曼—甘戈若方程式 385 / 20.

初次通過時間 387 / 21. 馬可夫鏈狀態之分類 391 / 22. 馬可夫鏈之長期性質 393 / 23. 吸留狀態 400 / 24. 連續參數馬可夫鏈 401 / 問題 404

第十章 等候理論

1. 範例 415 / 2. 等候模式基本結構 416 / 3. 真實等候系統之例 421 / 4. 指數分配之任務 423 / 5. 生死過程 429 / 6. 以生死過程為基礎之等候模式 433 / 7. 用及非指數分配之等候模式 453 / 8. 優先服務等候模式 460 / 9. 等候網 465 / 10. 結言 466 / 問題 467

第十一章 等候理論之應用

1. 例 475 / 2. 決策 477 / 3. 製作等候成本函數 482 / 4. 決策模式 486 / 5. 求旅行時間 492 / 6. 結言 499 / 問題 500

第十二章 存貨理論

1. 引言 507 / 2. 存貨模式之構成要素 508 / 3. 確然模式 511 / 4. 隨機模式 529 / 5. 預測 550 / 6. 結言 555 / 問題 555

第十三章 馬可夫決策過程與應用

1. 引言 563 / 2. 馬可夫決策模式 565 / 3. 線性規劃與最優政策 570 / 4. 尋求最優政策之政策改進反覆計算法 574 / 5. 折現成本規準 580 / 6. 水資源模式 590 / 7. 存貨模式 595 / 8. 結言 600 / 問題 602

第十四章 可靠性

1. 引言 607 / 2. 一系統之結構函數 607 / 3. 系統可靠性 610 / 4. 準確系統可靠性之計算 613 / 5. 系統可靠性邊界

618 / 6. 以失敗時間為根據之可靠性邊界 619 / 7. 結言
623 / 問題 624

第十五章 決策分析

1. 引言 627 / 2. 無實驗決策 628 / 3. 有實驗決策 632 /
4. 決策樹 642 / 5. 效用函數 645 / 6. 演藝團例 645 /
7. 結言 652 / 問題 653

第十六章 摹 擬

1. 實例 660 / 2. 摹擬模式之製作與運用 663 / 3. 摹擬實
驗設計 673 / 4. 週期統計分析法 681 / 5. 結言 689 /
問題 691

第三篇 高等數理規劃

第十七章 線性規劃反覆計劃法

1. 上界法 699 / 2. 對偶簡算法 703 / 3. 參數線性規劃術
706 / 4. 修正簡算法 712 / 5. 多部門問題分解原理 721 /
6. 結言 725 / 問題 725

第十八章 整數規劃

1. 引言 733 / 2. 分枝定界法 735 / 3. 二元線性規劃分枝
定界反覆計算法 743 / 4. 混合整數線性規劃分枝定界反覆計
算法 748 / 5. 是-或-否決策問題之整數規劃製作 751 / 6.
結言 758 / 問題 760

第十九章 非線性規劃術

1. 庫恩-陶格條件 767 / 2. 二次規劃術 770 / 3. 凸形規
劃術 774 / 4. 結言 785 / 問題 786

第二十章 作業研究綜觀

1. 引言 791 / 2. 問題模式之製作 791 / 3. 數學模式之建造 793 / 4. 求解 794 / 5. 模式及其解之檢驗 795 / 6. 建立對解之控制 796 / 7. 施行 796

附錄一 凸 性 799

附錄二 古典最優求解法 807

附錄三 矩陣與矩陣計算 813

附錄四 聯立線性方程式 823

附錄五 表 827

問題答案 839

索 引 847

第一章 導論

1.1 作業研究之起源

自工業革命以來，各種機構規模大為擴張，組織日益複雜，昔日的小匠鋪，今已發展成為十億巨資的公司。在這革命性的改變中，各種機構內的勞力分配與管理責任劃分，已有長足的進步，這些結果已非常驚人了。然而隨著專業化程度的增加，許多新問題亦隨之而生，這些問題在今日的許多機構中仍滋生不已。問題之一是一機構內的各個單位有種新的趨勢，即各單位以其本身的目標和價值系統為主，各自為政，以致於各個單位的活動與目標，並非以機構整體為着眼；往往一項措施對某一單位至為有利，但對另一單位卻有害，因此各單位的所作所為，可能是相剋相制的。另一個相關問題為，隨著機構複雜性與專業性的增加，如何將其可用資源分配於各種活動，以使機構得到最大的整體效益之決策，乃日益困難。由於這些問題的存在，以及尋求較佳解決方法的必要，作業研究遂成了當務之急。

作業研究的起源，可回溯至數十年前亟求將科學方法應用於機構管理之時。然而，一般認為作業研究的活動起因於第二次世界大戰初期的軍事活動，當時因戰爭關係，對於如何以有效的方法將稀有資源分配於各項軍事作業及其各項活動，有極迫切的需要。因此英、美兩國軍事管理當局召請大批科學家，以便應用科學方法來處理這些及其他戰略、戰術的問題。實際上，這些科學家的任務，乃為就（軍事）作業加以研究。這些科學小組，就是作業研究小組的鼻祖。不列顛空戰、太平洋島嶼戰、北大西洋之戰等戰役之勝利，據稱這些科學小組居功甚大。

由於作業研究在軍事上的顯著成功，促使工業界對此新領域漸感興趣，戰後工業繁榮之際，因機構不斷複雜化與專業化所引起的問題，又再度

2 第一章 導 論

出現。戰時曾任作業研究小組的企業顧問以及其他人士，當時逐漸認識到此等問題與軍事上的問題本質相同，只是背景不同罷了。於是作業研究開始向工商業及政府機構蔓延，至一九五一年，作業研究在英國已有穩固的基礎，美國則正處於朝此方向邁進的階段。從此以後作業研究迅速發展，關於作業研究的發展狀況，將於第 1.3 節作進一步的說明。

此外，吾人尚可指出對於此時期作業研究迅速成長有重大貢獻的兩種其他因素。第一，作業研究各種可用技術的改進上早已大有進展，戰後，曾參加作業研究小組或對作業研究曾有所聞的科學家，群起研究此領域有關的知識，造成作業研究的重大進步。George Dantzig 在一九四七年所發表線性規劃問題 (linear programming problems) 求解用的簡算法 (simplex method)，即為一重要的例子。作業研究中甚多標準工具，如線性規劃、動態規劃 (dynamic programming)、等候理論 (queuing theory)、存貨理論 (inventory theory) 等，在一九五〇年代終了前，發展已臻成熟。除作業研究理論迅速發展外，電子計算機革命的衝擊，亦為促進作業研究成長的一大動力。作業研究所考慮的問題大多甚為複雜，通常必須做大量的計算始能做最有效處理，往往不可能以筆算為之，因此，數位計算機的發展，實為對作業研究的一大恩賜，以之從事算術計算，其速度為人類計算速度的數千倍，甚至數萬倍。

1.2 作業研究之性質

何謂作業研究？回答此問題的最佳方法乃是為它立一個定義。例如，可將作業研究描述為有關組織系統之決策的一種科學方法。然而，此項敘述和早期對作業研究所下的定義一樣，十分籠統，亦適用於其他多種學科。因此，考察作業研究的顯著特徵，可能是了解其獨特性質的最佳途徑。

顧名思義，作業研究為「對作業的研究」，作業研究之途徑與應用範圍，由此可略知一二。作業研究適用於如何從事與協調一機構內各種作業或活動的問題，機構的性質如何，根本無關緊要。事實上，作業研究已廣泛被應用於工商業、軍事、政府機構、醫院等等，因此其應用範圍至為廣大。作業研究的途徑為科學方法，換言之，作業研究始於對問題的週密觀察與

明確陳述，繼而建立科學模式（以數學模式為多）以擷取真實問題的精要，然後假設此模式為真實情況亦為有效，繼而以適當的實驗修正並核驗此項假設。然而，就某種意義而言，作業研究包含對作業基本性質的創造性科學研究。不但如此，作業研究亦涉及機構的實際管理，因此，一個成功的作業研究者亦須於需要時，向決策者提供易於了解的明確結論，簡言之，作業研究為對作業之研究，但絕不能閉門造車。

作業研究的另一特徵為其觀點廣大。由上節所述可知，作業研究採取機構的觀點。作業研究試圖以對機構全體最佳之方法，解決機構內各單位間的利害衝突；這並不是說考察每一問題時，都必須對機構之所有各面皆作明顯的考慮，而是指所求的目標必須與機構全體的目標一致。另一特徵前面已附帶提到，即作業研究企圖尋找所考慮問題的最佳或最優解（optimal solution），其目標在於尋找最可能途徑，不只要改進現狀而已。關於「最優的搜尋」不僅要審慎解釋，更是作業研究非常重要的觀點。

由上述諸特徵自然產生另一特徵，即不可能有對作業研究工作或其所處理問題之各面都非常精通的人，作業研究工作應由一群背景互異、各具技能的人共同來完成。因此，對新問題欲作完備的作業研究考察，通常須以小組方式處理之。作業研究小組的陣容，應具備在數學、統計學及機率理論、經濟學、企業管理、電子計算機、工程學、自然科學、行為科學以及各種作業研究特別技術等方面有高度訓練的人才；作業研究小組亦須具有足以適當考慮問題在整個機構的多方牽連，又足以有效處理作業研究考察之所有方面的必要經驗與各種技能。

總之，作業研究所處理者，為各種發生於真實生活之確然性或機率性系統的最優決策與模式製作。有關在政府、企業、工程、經濟學以及自然與社會科學等方面之應用，大多涉及有限資源之分配。在此等情況下，由作業研究所作的科學分析，可得到相當的了解與認識。

作業研究方法之貢獻主要由下列各方面產生：

1. 就現實世界情況建造數學模式，將主要因素分別列出，使能求得切合決策者目的之解。作法上，應以整個系統的觀點來考察問題。
2. 探尋解之結構，發展有系統的求解程序。
3. 求得問題之解，必要時應包含數學理論，以得系統欲達之目標量

數 (system measure of desirability) 的最優值 (或計算出欲達之目標量數，以比較各種行動途徑)。

1.3 作業研究之影響

近年來作業研究對於機構管理的影響，日益增大。其應用數量與種類皆不斷遽增，而無減緩的跡象。事實上，除電子計算機外，其影響似無任何最近發展可與之匹敵。

英、美軍事當局由於第二次世界大戰期間作業研究應用的成功，戰後繼續在各領導階層設立作業研究小組，工作活躍。因此，目前有大量的“軍事作業研究家”將作業研究方法應用於國防問題，其所從事的工作，如武器系統的需要與戰術應用的規劃，以及有關戰力的分配與統合較大問題的計畫等。其採用的方法有時涉及政治科學、數學、經濟學、機率理論與統計學上頗為深入的觀念。

作業研究目前在其他各種機構亦有廣大的應用，工商業界也不例外。世界約有上打的最大公司與為數不少的小工業機構幾乎都設有優良的作業研究單位，有許多工業如飛機與火箭、汽車、交通、電子計算機、電力、電子製品、食品、金屬、採礦、造紙、石油與運輸等工業，對作業研究已有廣泛的應用，而金融機構、政府與醫院等對作業研究的應用也與日俱增。

為明確起見，現舉出數種已經用作業研究方法解決的問題：線性規劃術已成功地運用於有關人員分派、各種材料分量、配銷與運輸、投資組合等問題。動態規劃術已成功地應用於廣告支出的規劃、銷售人員的分配，與生產時序安排等方面，等候理論對交通擁塞問題的解決、故障機器的修護、服務人數的決定、航運時序的安排、水壩的設計、生產時序的安排，與醫院經營等方面，已廣為應用，其他作業研究方法，諸如存貨理論、對局理論 (game theory)、摹擬 (simulation) 等，亦已成功地應用於許多方面。

Turban¹ (見下頁) 在一九七二年發表一篇作業研究活動調查報告，說明一九六九年的活動情況，調查採函詢方式，對象為 475 家公司的作業研究或管理科學部門主管。此等公司乃由 Fortune 雜誌所列 500 家大公司中

選出，共選出最大工業公司 300 家、名列第 301 家至第 500 家的工業公司 50 家，以及銀行業、公用事業、販賣業、生命保險業，與運輸業等五種服務業的最大公司各 25 家。答覆函詢者有 107 家，其中 47 家（近半數）答稱在總公司特設有專司作業研究活動的部門，此外有 13 家答稱擬定於最近設立此種部門，同時，成長率頗為驚人；此等設有作業研究部門的公司中，約有 4 % 在一九五〇年之前設立，15 % 在一九五一年至一九五九年之間設立，50% 在一九六〇年至一九六五年之間設立，30 % 在一九六六年之後設立，另一有趣的發現為，此等部門大多直屬公司總經理、副總經理或會計長所轄，調查的結果亦顯示各種作業研究方法廣泛應用於各種專案，如表 1.1 所示。

表 1.1 作業研究在經常活動上之應用 (Turban 調查)

方 法	專案數	使用頻率
統計分析 ⁺	63	29
摹擬	54	25
線性規劃	41	19
存貨理論	13	6
計畫評核術—要徑法	13	6
動態規劃	9	4
非線性規劃	7	3
等候線	2	1
啓迪規劃	2	1
其他	13	6

⁺包括機率理論、迴歸分析、指數平滑法、統計抽樣及假設檢定。

顯然，統計分析、摹擬，與線性規劃三者是目前應用最廣的技術，調查結果並顯示，所報諸專案大多數使用電子計算機。

Ledbetter 和 Cox² 在 1977 年的報告上指出 Fortune 雜誌調查出 500 家公司（1975 年所列）關心其公司內作業研究方法的效用。其中 176 家反

¹ E. Turban, "A Sample Survey of Operations Research Activities at the Corporate Level," *Operations Research*, 20: 708-721, 1972.

² W. N. Ledbetter and J. F. Cox, "Are OR Techniques Being Used," *Industrial Engineering*, pp. 19-21, February 1977.

應迴歸分析，線性規劃和摹擬最爲熱門，更加強Turban 的研究結果，Ledbetter 和Cox以常用的七種作業研究方法詢問各公司，並且使用五級點評估度標 (five-point scale) 顯示使用頻率，結果如表 1.2 所示。

表 1.2 作業研究的使用程度 (Ledbetter 和Cox 調查)

方法	回應數	使用程度 (%)†					平均數
		從未 1	2	3	4	最常用 5	
迴歸分析	74	9.5	2.7	17.6	21.6	48.6	3.97
線性規劃	78	15.4	14.1	21.8	16.7	32.0	3.36
摹擬 (於產品)	70	11.4	15.7	25.7	24.3	22.9	3.31
網路模式	69	39.1	29.0	15.9	10.1	5.8	2.14
等候理論	71	36.6	39.4	16.9	5.6	1.4	1.96
動態規劃	69	53.6	36.2	7.2	0.0	2.9	1.62
對局理論	67	59.7	25.4	8.9	6.0	0.0	1.61

† 百分比的基數爲每一種方法的回應數。

1974年，Fabozzi 和Valente¹ 發出調查表給美國一千家公司調查數理規劃 (線性、非線性和動態) 的使用狀況，1975年二月收到184封回函，1976年提出報告，發現數理規劃應用上最重要之處是產品管理 (產品混合決定、資源分配、工廠與機器的時序及工作時序)，應用上第二大之處是財務和投資計畫 (資本預算、現金流動分析、員工津貼的有價證券管理、現金管理與回併及收穫分析)，來自各公司資料匯成的報告結果如表 1.3 所示。

表 1.3 各公司使用數理規劃的資料報告結果
(Fabozzi 和 Valente survey)

結果	線性規劃數目		線性規劃數目		動態規劃數目	
	No.	%	No.	%	No.	%
佳	102	76%	38	57%	27	53%
失敗	21	16	19	28	15	29
差	6	3	6	9	3	6
不確定	7	5	4	6	6	12
合計	133	100%	67	100%	51	100%

由於作業研究影響極大，在若干國家已有從事作業研究及其有關活動

¹ F. J. Fabozzi and J. Valente, "Mathematical Programming in American Companies: A Sample Survey," *Interfaces*, 7(1): 93-98, November 1976.