

安排與排序之管理

卓武雄 著

華泰書局印行

安排與排序之管理

卓武雄著

華泰書局印行

版權所有 * 不准翻印

安排與排序之管理

編著：卓武雄
發行者：吳茂根
發行所：華泰書局

台北市麗水街5號
電話：三九三六六三三·三四一六六三三

總經銷：華泰圖書文物公司
台北市麗水街5號
郵政劃撥一〇六五四六號

印刷者：瑞明彩色印刷有限公司
登記證：局版台業字第1201號

中華民國六十九年元月 初版

定價：130元

著者序

一般作業研究(Operations Research)之學者約略將作業研究分成兩個主要之論題，一為組合極致化(Combinatorial Optimization)之問題，包含網路流量(Network Flow)，圖形理論(Graphic Theory)，組合分析(Combinatorial Analysis)及整數規劃(Integer Programming)，而“安排與排序”(Sequencing and Scheduling)理論為上述問題之綜合應用。另一支為所謂機遇極致化(Stochastic Optimization)之問題，含機遇過程(Stochastic Processes)，動態規劃(Dynamic Programming)，馬可夫決策過程(Markovian Decision Processes)，及機遇性控制理論(Stochastic Control Theory)。而等候線理論(waiting Line)與存貨理論為上述問題之綜合應用。

設有 n 個工作(顧客)同時或可能是陸陸續續到達工廠(服務系統)等待進行作業(被服務)，每一工作(顧客)有一固定之作業(被服務)時間，而吾人應如何安排這些工作(顧客)進入工廠(服務系統)作業以達成吾人決策預定之目標，此一論題即為本書所討論之“安排與排序”問題。當然工廠作業(系統之服務站)可能為單一或為多重平行相似之機器，亦可能屬多階段且相異機器之工廠作業(服務站)，如分批工廠之作業(Job Shop)及流程工廠之作業(Flow Shop)等。

上述問題如工作或顧客到達之時間為未知，可能呈某一機率分配

b

。或者工作作業時間或服務時間無法事先確定，亦可能呈某一機器分配，則上述之安排與排序問題即成爲所謂等候線或排隊理論。

筆者於1975年一月初赴美至North Carolina State University及University of North Carolina at chapel Hill分別跟S. E. Elmaghraby, Harvey Wagner, 及 Shaler Stidham等博士學習及研究上述之論題。

1979年一月由美回國開始在輔大企管系教授“安排與排序”問題及“存貨理論”兩門課，因而有初稿之產生，後經修改與補充，並加入筆者之研究論文，即成本書。

本書可爲大專或研究所企管、工管及工業工程系“安排與排序”課程之教科書，或者亦可作爲“作業研究”與“生產管理”課程之補充教材。

本書所論之安排與排序問題爲目前工商企業，政府機構及非營利組織平日所面臨而待處理之問題。本書之討論由淺入深，理論與實務兼顧，大部份只介紹實際之應用，故讀者只要具備算術不等式之觀念，即可閱讀全書。而以此書做爲教材之諸先進或欲以此論題做進一步研究之研究生，可自行參考各章節“參考資料”中所提之有關論文。而從事實際工作且未曾接受“作業研究”入門之訓練者，可自行省掉分支界限解及動態規劃解之章節，仍可瞭解本書之主旨以達應用之效。

本書部份資料係根據Operations Research, Management Science, Industrial Engineering, Network, Naval Research Logistis Quarterly, Society of Industrial and Applied Mathematics等雜誌之論文整理而成。因筆者曾在美國北卡州大學攻讀O.R.之碩士及博士學位，故此校教授S.E. Elmaghraby, K.R. Baker及H. Nuttle等博士平日授課之講稿亦在筆者參考之內。而本書第3, 4及6章亦部份參考筆者在美時學位之研

究論文 N.P. Complete Scheduling Problem。國內生管及 O.R. 專家劉水深、林英峰及高孔廉等教授之大作亦為筆者寫作之參考材料。

最後筆者承蒙輔仁大學商學院院長張宇恭先生，企管系林昇平主任，統計系張照營主任及數學系白恆光主任平日之鼓勵及提供良好之教學與研究環境，本書才得以完成。前母校政大企研所及商學院老師及學長昔日在作業研究方面之啟蒙，引導筆者日後在此方面從事進一步之研究，在此致最大之謝意。前輔大學生嚴盛堂（交大管研所學生），林信文及林東源等同學抽空校稿，筆者亦一一致謝。最後僅以此書獻給筆者雙親及兄姊，以答培育之恩。

卓 武 雄 識於
輔大企管系

目 錄

第一章 安排與排序問題之簡介.....	1
1.1 排序問題.....	1
1.2 安排問題.....	1
1.3 安排決策之過程.....	2
1.4 資源分配與甘特圖.....	3
1.5 安排目標與限制條件.....	4
1.6 安排理論.....	5
第二章 安排問題之剖析.....	7
2.1 安排問題之剖析.....	7
2.2 安排問題要素間之關係.....	8
2.3 安排効力之衡量.....	9
2.4 工作流程時間與在製品存貨之關係.....	10
第三章 單一機器之排序問題.....	19
3.1 簡單排序問題之性質.....	19
3.2 無到期日之排序.....	21
3.2.1 最小工作平均流程時間.....	21
3.2.2 最小工作平均加權流程時間.....	24
3.3 含到期日之排序.....	26
3.3.1 最小平均差異時間, L	26

3.3.2	最小 L_{Max} 與 T_{Max}	26
3.3.3	最小鬆弛時間之排序	27
3.3.4	無工作延遲之最小 F	28
3.3.5	無工作延遲之最小加權平均流程時間	30
3.3.6	有延遲工作之最小平均流程時間	31
3.3.7	最小延遲工作數, N_T	33
3.3.8	最小平均延遲時間 T	35
第四章 單一機器與加權延遲問題求解之一般方法		45
4.1	加權平均及延遲之觀念	45
4.2	加權平均延遲之一般解決方法	47
4.2.1	鄰近成對交換法之安排解	47
4.2.2	動態規劃解	48
4.2.3	分支界限法之解	52
4.2.4	鄰近探索法之解	59
4.2.5	線型規劃解	61
4.3	解最小最大加權延遲之方法	64
4.3.1	最小流程時間下之最小最大加權延遲	64
4.3.2	最小最大加權延遲下之最少流程時間	65
4.4	SWPT與分支界限法配合應用	66
第五章 單一機器一般化模式之排序問題		73
5.1	工作非同時到達之排序	73
5.2	相依工作之排序	75
5.2.1	EDD排序之推廣	75
5.2.2	成串工作安排與SPT之推廣	76

5.2.3	WSPT之推廣	78
5.3	有設立時間之排序問題	81
5.3.1	動態規劃解	83
5.3.2	分支介限解	85
5.3.3	特別法之解	91
5.3.4	整數規劃解	92
5.4	機率性系統之排序	93
第六章	平行相似機器之安排問題	97
6.1	平行機器之安排問題	97
6.2	獨立工作平行機器之排序	99
6.2.1	固定機器數下最小工作在工廠內機器作業之時間， H	99
6.2.2	固定製造水平H下使用最少平行機器m之安排	102
6.2.3	最小平均流程時間	103
6.2.4	加權平均流程時間	105
6.3	相依平行機器之排序	110
6.3.1	胡氏法	110
6.3.2	慕茲法(甲)	113
6.3.3	慕茲法(乙)	114
第七章	流程工廠之安排問題	121
7.1	流程工廠之特性	121
7.2	排列安排之問題	124
7.3	詹森法	127
7.3.1	詹森法之證明	129

7.3.2 詹森法之推廣與密頓法之應用	132
7.4 分支界限法	136
7.4.1 伊格諾與蕭列奇法	136
7.4.2 伊格諾之修正式	140
7.5 凌越特質之應用	142
7.6 特別法	147
7.7 整數規劃解	149
7.8 無中間等候之流程工廠	151
第八章 分批工作工廠之安排問題	159
8.1 分批工廠之特性	159
8.2 分批工廠安排之特性	162
8.3 分批工廠安排之產生	167
8.4 分支介限法之求解	171
8.5 整數規劃法之解	173
第九章 專案計劃安排之網路分析	177
9.1 專案計劃之網路分析	177
9.2 網路模型之建立	177
9.3 確定性活動之網路分析	180
9.4 機率性活動之網路分析	185
9.5 計劃網路模式之資源分配	187
第十章 限制性質資源專案計劃之安排	191
10.1 有限資源專案計劃之安排	191
10.2 滿足不同資源需求之安排	191

10.2.1 單一計劃之安排.....	191
10.2.2 多重計劃之安排.....	192
10.3 資源均勻分配之安排.....	195
10.4 分批工作工廠問題與計劃安排之關係.....	199
10.5 專案計劃模式之推廣.....	203

第一章

安排與排序問題之簡介

1.1 排序問題

所謂排序問題在於討論吾人應如何來選擇一系列工作之先後執行次序，以完成所有工作之作業。在吾人社會中，排序問題甚為普遍，如到達製造廠房之工作、等待著陸之飛機、在銀行櫃台前等待服務之顧客、醫療中心待診治之病人、到達電子計算中心之電腦程式、大型醫院中每日待安排之當值醫生與護士、以及週末夜晚家中待做之瑣事等凡諸此問題，終須完成它，問題在於吾人應如何來安排其執行之次序。吾人可以先到之工作先執行，亦可先做後到之工作，或者按隨意次序來執行。然以“先到先服務”之次序來服務在銀行櫃台前等候之顧客，未必亦能適用於廠房裏工作之執行。至於何種執行次序為佳，吾人則須視決策目標之標準為何，以及以何種角度來衡量此排序之目標。

1.2 安排問題

所謂安排問題在於討論吾人應如何分配可用之資源及排定工作之執行次序以完成此工作所有作業之執行。此一定義含兩種意義：(一)安排為討論編排之過程，故具有決策之功能。因吾人對安排知識之研究，有助於其他決策過程之應用，故具一般實用性之價值。(二)安排在於

討論原理，模式，及邏輯結論，故吾人對於安排理論之瞭解，可應用其原理於其他理論之探討，故具有一般觀念性之價值。

通常一系統作業之設計，在其基本“籌劃”問題解決後，安排問題即發生。如在製造問題中，吾人應選擇欲製造之產品及其生產之規模。通常市場研究與經濟分析有助於這些問題之解決。而技術之籌劃則集中在於討論產品應如何來製造。僅在諸此問題獲得解決及其可用資源確定後，吾人才考慮安排之問題。

如醫院裏健康照護遞送（Health Care Delivery）系統之問題，吾人須先設計一醫院其預定提供之醫療服務種類以及每一種醫療服務之水準。技術之籌劃則在於從事設備之設計、裝備之利用、以及人事之招募等。上述決策問題提供了吾人可用之資源，而後吾人再討論安排之問題。當然籌劃與安排問題並不完全獨立，籌劃者應先認定其所執行工作為何，以及訂定可用資源之界限。安排者根據此一已知之情報來決定應如何分配此可用之資源，以便完成工作之執行。安排者一旦建立了某一預定安排後，即呈報籌劃者，籌劃者也許不甚滿意於此一預定之安排，而改變原先設計之資源數量，安排者再根據新的資源能量來修正其原先安排。兩者可能以此方式改變數次後，才能獲得一致之結論。通常籌劃問題為考慮較長時間之決策，如設備之設計、裝備之安置、以及勞工之招募等。也許當初吾人考慮應如何來完成安排而做此決定，一旦諸此問題確定後，吾人即得到了可用資源之最高上限，故吾人在討論安排問題時，本質上，皆假定可用資源能量已事先確定。

1.3 安排決策之過程

通常安排決策問題，可分為形成、分析、綜合及評估四個階段。本質上，第一階段為認定問題及訂定吾人決策目標之標準，此一階段

甚為煩瑣，然如未能清晰定義問題及認定決策目標，則吾人實無法達成完善之決策。分析則在於探討決策問題之元素，與其彼此間之關係，以及認定目標中之決策變數與其限制條件。綜合則在於建立決策問題之各種可能解決方案。評估則為比較這些可行方案及選擇一最佳方案之過程。訂定決策標準也許為最難之步驟，而分析與綜合在於建立一合適之模式，其須能顯示安排問題中之重要元素與其彼此間之關係，以助吾人能有系統的來建立其可行解。最後，在較大安排問題中，評估過程為一繁複之工作，故求解技巧之探究為安排問題研究之主題。因此之故，本書將介紹各種不同求解技巧，以便決定各種不同安排問題之解。

1.4 資源分配與甘特圖

在安排問題中，模式之形成有助於吾人安排之解決，例如甘特圖之採用能以圖形來表示安排問題元素間之關係。本質上，甘特圖在於表示某一特定時間內資源分配之圖形。通常吾人以縱軸來表示資源之類別，而橫軸則表示時間之單位。如圖 1 - 1 所示。圖中空白部份表示在某一時間內某種工作使用某種資源之分配，故由圖形結構之分析，可知一安排之型態為何。

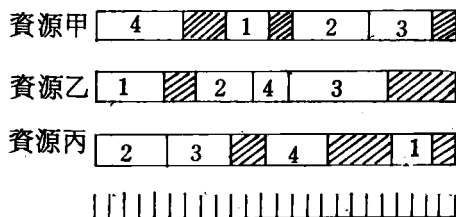


圖 1.1 甘特圖

在安排問題中，資源之分配常以其質與量來表示，故一安排模常能顯示其所用資源之數量與分配之型態，而每一個別工作之特性也

常能以資源之需要量、工作作業時間與開始時間，以及其“到期時間”來描述。此外，工作元素間所存在特殊先後執行次序，即成爲執行工作時之技術限制條件。吾人如知特定資源之類別及工作內容後，則可就模式加以分類爲單一資源與多種資源之模式，前者之工作可能僅須一個階段即能完成。而後者則可能應用於多階段性質之作業。

早期爲解決製造上之問題，而有安排問題之產生以及一些“製造問題之術語”在此方面之運用。通常一工作（job）進入工廠（shop）後，則由工廠之機器來進行作業。吾人欲指派某一作業至某一特定機器上執行，以建立工廠內每一工作在各機器上之作業次序。現吾人雖已將此安排方法廣泛應用於非製造問題之解決（如第九及十章），然迄今吾人仍沿用著此術語，故本書中資源有時亦通稱爲機器。下文兩者名詞可能將交替使用，然其意則相似。

1.5 安排目標與限制條件

本質上，在安排時所發生之所有成本即爲吾人之目標函數，然事實上，這些成本往往難以衡量，甚至無法完全確定。不過，主要之作業成本由籌劃過程即可確知，唯短期成本較難測度。

一般而言，吾人以資源之能否有效運用、需要發生後安排系統內因素，能否立即有所反應，以及工作能否在“約定到期日”前如期完成等爲一般安排問題之三種決策目標。換言之，機器之閒置時間、工作等候時間以及因工作延遲所發生之成本爲一般安排問題之總系統成本。

通常在安排問題中，常受下列二種條件之限制：（一）可用資源能量之限制。（二）工作執行次序之技術限制。故一般安排問題之解爲在上述二種限制條件下之可行解。如吾人解決了安排問題，事實上，即回答了下列兩個問題；（一）某一資源將被分配來執行某一特定工作。（二）何時

某一工作將開始執行。故本質上，安排問題為資源分配決策與排序決策之過程。

1.6 安排理論

由上節之描述，吾人知安排問題為在某限制條件下之極至化 (Optimization) 問題，如安排問題僅為純粹資源分配問題，則吾人可以“數理規劃”(Mathematical Programming) 之模式來決定其最佳決策。

通常安排理論在於討論用於解決安排問題之各種技巧，而事實上，安排問題為組合過程模擬分析及網路方法之綜合運用。而究竟吾人應採用何種方法來解決問題，則須視問題之複雜性、模式之性質、所選擇之目標、以及其他因素而定。有時吾人可能同時考慮使用不同技巧來解決安排問題。因此之故，安排理論為方法論與模式綜合應用之研究。

參考資料

1. J. Bakshi "The Sequencing Problem", Management Science, 1969, Dec.
2. Day & Hottenstein "Review of Sequencing Research", Naval Research Logistics Quarterly, 1970, March.
3. S.E. Elmaghraby, "The Machine Sequencing Problem, Naval Research Logistics Quarterly, Vol. 15, 1968.

