

系 統 分 析

新學
舟

PDG

系 統 分 析

目

錄

第一章 系統與模式

§ 1	系統分類	2
§ 2	系統分析	4
§ 3	模 式	6

第二章 模 擬

§ 1	定 義	13
§ 2	為何應用系統模擬	14
§ 3	方法論	18
§ 4	模擬法和決策	19
§ 6	實 例	21

第三章 程式計劃

§ 1	代數方程式、記憶和 操作順序	25
§ 2	運算符號	26
§ 3	代數方程式中之數學 運算層次	27
§ 4	WRITE 指述	27
§ 5	指述號碼和COTO指 述	27
§ 6	計算重複次數的方法	28
§ 7	IF 指述	28
§ 8	STOP 和 END 指述	29
§ 9	DO 指述	30

§ 10	程式之寫法與打卡	31
§ 11	FORMAT 指述	32
§ 12	浮動點、固定點、變 數和常數	34
§ 13	FORTRAN 其他規 則	35

第四章 數值分析和反覆程序

§ 1	定差方程	37
§ 2	定差方程與微分方程	38
§ 3	定差方程之解	39
§ 4	現 值	39
§ 5	年 金	41
§ 6	機器之最佳使用年限	42

第五章 確定情況下之存貨系統

§ 1	最佳訂購量 Q 之解法	50
§ 2	決策法則	54
§ 3	計算機程式之一般模 式	54

第六章 機率概念

§ 1	機 率	58
§ 2	事 件	60
§ 3	隨機變數	69
§ 4	馬可夫程序	81

§ 5 亂數	83
--------	----

第七章 不確定情況下之存貨系統——非連續分配

§ 1 布朗電子公司	86
§ 2 蒙地卡羅模擬法	89
§ 3 不確定情況下之存貨模式	98

第八章 不確定情況下之存貨系統——連續分配

§ 1 前置時間中發生缺貨之機率	115
§ 2 前置時間中預期缺貨數量	118
§ 3 最佳缺貨冒險率	122
§ 4 辛普森原則估計積分法	125
§ 5 估計一次和二次積分	126
§ 6 估計常態分配一次和二次積分	131
§ 7 一次和二次積分表於存貨政策中之用法	132
§ 8 常態分配下之存貨管理制度	132
§ 9 折價和“兩堆存貨系統”	134
§ 10 變數前置時間	136
§ 11 多倉庫存貨管理，固定訂貨週期	137

第九章 二項和卜氏程序

§ 1 二項機率分配	141
§ 2 卜氏分配	149
§ 3 負指數分配	153
§ 4 伽瑪分配	153

第十章 基本等候理論之觀念

§ 1 Pete 二分鐘汽車沖洗機	154
§ 2 單線等候系統(卜氏到達和負指數的服務時間)	156
§ 3 單線等候系統模式之分析	160
§ 4 轉化狀態和片段性	163
§ 5 最佳系統設計	164

第十一章 程式產生式

§ 1 亂數之產生	165
§ 2 卜氏變數之產生式	170
§ 3 常態分配變數之產生式	172
§ 4 伽瑪分配	173
§ 5 伽瑪產生程式	175
§ 6 其他產生式	176

第十二章 等候系統之模擬

§ 1 單線等候系統之模擬	177
§ 2 多站服務設備	186
§ 3 多種路線	187

§ 4	一般目的之系統模擬 程式.....	189
-----	----------------------	-----

§ 5	SIMSCRIPT 程式	191
-----	--------------	-----

第十三章 管理規劃模式

§ 1	PERT 網路分析...	192
-----	--------------	-----

§ 2	網路分析之計算機模 式.....	197
-----	---------------------	-----

§ 3	短期預測.....	210
-----	-----------	-----

第十四章 矩陣法

§ 1	對線型方程式解法之 需要性.....	223
-----	-----------------------	-----

§ 2	投入——產出分析...	223
-----	-------------	-----

§ 3	反矩陣解法.....	231
-----	------------	-----

§ 4	零件需求問題.....	236
-----	-------------	-----

§ 5	線型規劃.....	247
-----	-----------	-----

第十五章 大型模擬模與方 式法論

§ 1	系統發展公司模式...	273
-----	-------------	-----

§ 2	Bonini 模式.....	287
-----	----------------	-----

§ 3	Bonini 模式.....	296
-----	----------------	-----

§ 4	企業競賽.....	301
-----	-----------	-----

第十六章 工業動態學

§ 1	工業動態模式之設計	309
-----	-----------	-----

§ 2	DYNAMO 程式.....	319
-----	----------------	-----

§ 3	分銷商和工廠水準...	321
-----	-------------	-----

第十七章 “整體”系統模 擬法之研究

§ 1	西蒙可銷售公司.....	322
-----	--------------	-----

§ 2	模擬西蒙可銷售公司 經營之“整體”系統 模式.....	324
-----	-----------------------------------	-----

第十八章 實驗

§ 1	計劃實驗.....	347
-----	-----------	-----

§ 2	評估模式之性質.....	348
-----	--------------	-----

附 錄		352
-----	-------	-----

第一章 系統與模式

在未說明公司的系統及模擬法之前，通常總先考慮到系統的意義。這名詞運用頗廣，它在各種有組織的研究和學習形式裡，有其不同的意義。就企業而言，我們常用「庫存系統」、「分配系統」和「生產系統」等名詞。我們也常提及「決策系統」和「情報系統」。為說明起見，爰將「系統」的定義，作一概略之解說。

「系統」是物件和物件間及其屬性 (Attributes) 間相互關係之集合。公司內個體的種類是無限的。實質物體和機器、原料、製成品、辦事員和機器操作員皆為系統之個體。抽象物體如利潤目標、銷售量、生產標準和成本也可組成一個系統。

屬性是個體的性質，可從所列出的屬性裏，獲悉個體之概念，來說明個體。個體如為 784 號機器，則此個體可能具有如價格、重量、顏色、機器速度、操作成本以及生產率之性質。考慮 XYZ 零件的存貨時，利息之屬性便為在某一定時間的數量，每月單位存儲成本，或去年消耗的數量。考慮各種組成企業系統之個體時必須體認個體具有很多屬性。有很多的分析，我們僅須考慮一些屬性，其餘則予省略。

個體及其屬性間所存在的關係使系統連繫起來。如果其間沒有關係存在，系統觀念便沒有意義。再次強調，公司中個體及其屬性間之關係是無限的。我們對於一種產品之價格和銷售量間之屬性關係都很清楚。經濟學的原理則依不同的競爭情形處理這種關係；常將產品成本與價格之關係予以數量化。銷售量與廣告支出間為另一種常遇到之關係。在庫存系統中，我們將考慮存貨之實際數量、訂購量和需要量等諸屬性相互間之關係。

由個體及其屬性之集合，即能確定很多關係。對這些關係，我們也想到它們對系統的改變具有很大的影響。系統分析或許能導致對已被省略或實際未被確定之關係予以重新考慮。

以個體、屬性和關係定義系統之後，亦應對系統之環境 (Environment) 有所定義。系統之環境較正確的意義可定義如下：

2 系統分析

物體屬性之改變，足以影響系統的變更，而系統行為之變更亦足以影響物件屬性之改變，兩者之集合體即環境。

任何不包括於系統者即構成環境，將物件的集合任意細分成部份集合 (Subsets)，系統和環境。有人或許會懷疑，但只要瞭解此分劃是爲了便利說明系統分析，這個結論便是正確的。

區分系統和環境其困難的例子將在後面於確定公司模式時出現。有時消費者被視爲環境之一部份。以偏好和所得的屬性來描述消費者～兩者中任何一個之改變皆可能影響公司～也不違反環境之定義；有人甚至主張將消費者包含於擴大的系統內也不違反系統之意義。同樣的問題，例如決定供給者和競爭者是否爲系統之環境或系統本身之一部份，亦爲如此。

有一區分系統和環境的方法，即考慮系統活動是否受管理控制的影響或限制。

區分那些活動與管理活動有關，那些活動與企業環境有關是必要的。區分的基礎則依管理活動之情形是否能被預期地控制。消費者、銀行、工會、銷售商、競爭者和周圍的經濟活動，這些因素超越了管理活動的控制則視爲環境因素。

依系統和環境的定義，系統可以再細分成次系統 (Subsystem)。公司之次系統即爲主要的功能部門～生產、人事、會計和分配。然而，我們不能將次系統限制於這個集合而已；系統觀念允許其它有意義的次系統，如公司之情報系統。

屬於次系統之個體亦爲其它或某些次系統環境之一部份，依據系統、次系統的定義，系統之元素可爲低階系統本身。換言之，所有之系統皆爲次高階系統之次系統。此即在一個系統中次系統的層次 (Hierarchy) 組織以及各種次系統的水準。

研究系統時，有二種方法皆可用於分析公司的行為；一爲個體行為研究法 (重視各種次系統之詳細行為，一爲總體行為研究法 (研究系統之整體行為)。由次系統分析進到總體系統分析，則須經一重要的過程。應用第二種方法時，次系統間之關係必須予以評估。絕大多數的企業，發現影響每個次系統設計的因素很多，但卻沒有一種完全一致的實用方法能確定一些次系統之設計。次系統的目標不是全然合理化的；即各目標並非一致的，互輔的或相互支援的。我們稱此類系統缺乏整體性。

§ 1 系統分類

為建立系統的觀念，將系統分類如下。

第一，自然系統(Natural system)和人造系統(Man-made system)。即使公司經營的環境含有自然系統，可是在很多方面則視公司為人造系統。就複雜性與動態性來說，很少有相同的人造系統。

第二，開放系統(Open system)和封閉系統(Closed system)。大部份的系統為開放的，意即它們將材料、能量或情報與其環境交換。若無任何形式之能量(如情報、熱量、實質材料等)輸入或輸出，此系統便是封閉系統。

若將相互作用之環境分離，而後把造成能量、材料或情報相互交換的環境部份視為一個系統，則一開放系統可分成兩個封閉系統。把公司視為封閉系統似乎較不合理，因為，實際上在我們的社會裡，舉不出不屬於公司環境的因素。

第三，可適應(Adaptive)和不可適應的(Not adaptive)系統。可適應系統對環境改變的反應，在設計系統目的時必須重視。馬屈(March)和塞特(Cyert)稱公司為可適應系統，意即環境的改變或震盪所引起的反應(決策)便形成新的系統狀態。此種連續的震盪和反應，即為公司經歷的一部份。因反應而導致較優的系統，便是所謂組織上的學習(Organizational learning)。

回憶系統的定義：系統為個體及其相關屬性的集合。經由時間的變遷，屬性就有其不同的價值。在任何時點，可由觀察屬性的當期價值來說明系統狀態。例如說明公司經營的狀態，可由觀察利潤、欠撥量、生產量和其它諸數值而得。一組變數一經選定，經由時間之變遷便可確定連續的系統狀態。

若系統屬性之值保持為不變之常數，或在某限度之內，此系統為穩定的，反之，如果屬性之值變動很大，此系統即為不穩定的。系統有時呈穩定，有時呈不穩定。此種行為的例子，在分析等候線(Waiting line)時將會發現。等候線長度的變動是受服務中心(工具間、付款櫃臺、售票房等)之影響。這是由於受設備的相對固定能量以及對設備服務的變動需求而造成。

分析等候系統時，通常會發現開始時服務中心是開放的，又在起始期間時等候線長度做不定的增減。過了起始期間後等候線長度便在窄小和預期限度內變化。發生不固定行為的期間定義為轉化狀態(Transition state)。當屬性變數值顯示系統狀態過度增強或波動時即指爆發狀態(Exploding state)。系統持續愈久，其波動愈大。

均衡可以系統狀態定義之。系統如果沒有外界的震盪且其狀態維持不變

4 系統分析

，系統即為均衡。如果對外界震盪系統會回復均衡狀態，則稱此系統為穩定的。

最後，系統有一部份之產出是規則地回輸 (Fed back)——這就是，將它做為投入以影響未來的狀態。產出的部份，回輸的目的是為了控制，它是由情報所構成。而我們這些系統為情報回輸系統。機電控制機構 (Servomechanism) 便是利用回輸之人造系統。符萊斯特 (Forrester) 教授對情報——回輸系統給予更進一步之定義。

因環境所導致的決策，此政策再影響環境的活動進而影響未來的決策時，便存在情報回輸系統。情報回輸控制的系統在我們生活的世界裡可以找到很多例子。茲以企業情形為例舉述如下。

企業內部，因訂貨量和存貨量導致製造的決策，以便供應訂貨和調整存貨量，由此再導致新的製造決策。

可獲利的產業吸引競爭者直到邊際利潤與其它的經濟力達到均衡時，競爭者即停止加入此產業活動。

對新產品的競爭需要所導致研究和發展費用的支出使生產技術革新。

設計情報回輸系統時有很多繁雜的問題。符萊斯特最近的研究，給予我們對企業內這些系統的設計和行為之瞭解有很大的貢獻。用模擬法對此類系統之研究，符萊斯特教授將其命名為工業動態學 (Industrial Dynamics)。

§ 2 系統分析

上面所述者為系統之定義和分類。本書名之曰系統分析，又在下章中將提出機率模式分析企業系統的合理化使用。本章第一段曾說過系統的觀念已深入各種學問之內。實際上，希望有朝一日存在著一般系統理論 (General System Theory) 而能將所有的生物學家、數學家、心理學家、經濟學家、音樂家及其他研究者聯結起來，使他們用一種通用的語言來說明他的系統；使其他研究分析者模仿這種研究工作並由此理論推演出方法論來，而不再由觀察特殊系統以推演方法論。

一般理論此時僅是一種希望，有人說研究這種理論只是浪費時間而已，因為對類似的分析尚要花很多的時間和努力。系統可用統一的形式予以數學化地說明，可是類如行為現象的系統則屬不可能，因為它們絕少相似的。

由於自然科學家和工程師不瞭解社會科學，又社會科學家都不是熟練的數學家，因此社會科學的系統分析就很困難。其一般理論更是不可能。一般理論必須能適應所有的系統才行。理論之被採用，必須使衡量和分析的工具

變成可能才行。又因素的定義、性質、結構及其相互關係也必須能確定。對這種工作的達成，觀點不清楚的人，認為系統分析是科學的要求（Scientific inquiry），而解釋系統分析為某一特殊系統的分析。

此類論爭層出不窮。為著溝通研究者的努力使能抗拒世界不斷增加的複雜性，有人堅持一般理論必須建立。可是他們的反對者却指出有很多的困難橫阻於眼前。此類人士未曾確定系統分析的定義，但是他們承認設計某一特殊系統行為的方法論是存在的。本書第十五章所舉之例，工程師想出這種方法來設計和控制實質系統，他們稱此方法論為理論。這種方法對於分析社會經濟系統頗具潛力，惟尚缺乏例證。

讀者切盼此書者，即應有一組系統模式助益決策者。有些模式可獲致數學解答，有些則不可。確定模式以後即將討論，惟讀者需明白這些規則在目前的情況尚未確定統一。就某一觀點，有人稱模式之處理便是系統分析。可是，對模式的運算，並不能對模式的可能使用情形詳盡說明，因此也不能定義其為系統分析。

就系統分析的性質大家一致公認 整體（The Whole）是系統分析的重點。系統的整體觀念和定義已常被人所接受，但亦必須超越定義之外而接受一些已存在的規則。不可思議地，很多公司已分配一筆預算給系統分析部門。很多大學的工商學院也開設此課程，在此情況下，基於好奇心理，吾人來研究何以本書竟也採用系統分析為書名呢？

對於公司及其經營的環境，系統分析有某些特殊的意義。最通常的意義是公司之情報系統，公司本身亦以系統的設計、改進和維持而努力。情報系統繫於電子計算機之使用，人事上包括程式設計師、機器操作員、方法改良人員（系統分析人員）、管理人員及其助理人員。依據個人的年齡和背景，系統分析活動具有重組公司之潛力，這是由於情報系統集權化和機械化的結果。如果使用打卡（單元記錄）設備處理他的每一細部工作，很多管理者對系統分析的整個活動感到很驚恐。他可能將系統分析視為僅是列表的部門而已。

就工業工程師的觀點來看，他們傳統的工作是改良和衡量人與機器系統的績效。當這些系統開始實施時需很多的資金並與其它工作部門發生關係，此時工業工程師勢必將其 22 條動作經濟定律和馬鍊拋棄，而學習整體系統的新技術與公司的情報系統。本書很多模式皆為工業工程師、生產工程師或規劃者所採用。從某種意義來說，這些幕僚人員已適應於更複雜的情況而且

從事他們所謂的系統分析之研究工作。

另外又可在作業研究的範疇中發現系統分析這個名詞使用於企業界。沒有人嚐試去區分系統分析與作業研究，其與管理科學更是混淆不清。十年前，在公司裏之作業研究專家現在被稱為系統小組（Systems Group），他們與電算機，電算機控制以及其時間分配有利害關係，但是很顯然的，他們並不是情報系統的幕僚。

此種混亂將持續至另一代。差不多任何人皆可隨便說他的工作是屬於系統分析的工作。惟一能夠幫助區分的是企業情報系統工作和所有其它性質的工作予以廣泛地區分。由序言中可了解本書並不涉及公司之會計情報系統。

§ 3 模式

系統模擬的方法論是由系統模式之實驗而產生。模式建立和使用對模擬法是必要的。有位作者曾說“使用任何一種模式時，便發生模擬法”。

分析是以系統或事件的觀察而開始。由觀察、認識和考慮系統進而確立假說；假說是對系統行為之可能描述。建立模式已被解釋為假說敘述的擴張和形式化。如系統或事件的抽象、簡化或理想化，模式可助於說明。模式雖不能取代實際情況，但是模式能將複雜的系統儘可能變成可管理的部份或使我們的思考與理論具體化。

如果分析者能使模式符合實際情況，則以模式來研究系統的特性較比由實際情況下手容易。

由實際系統做出摘要，分析者即能將注意力集中於較簡單的系統，不會由於忽略一些細節，而造成大的損失。

若模式能正確地處理實際系統行為，則此模式在實務上是有用的。如果模式不能做到這種地步，便只有再提供資料以尋求新模式的發現。

模式無所謂真假，它們的價值則依其幫助我們了解系統的貢獻而判斷。

觀察情況、確定問題、確立假說，再由假說建立模式以後，應對模式加以評估。更進而對系統的觀察和衡量或實驗，即可試驗模式的真實性。因試驗所得的新資料。用來核對模式以決定模式能否與實際系統配合。如果觀察結果不能由模式來解決，則應修正模式。利用實驗來試驗模式其原則相同；如果模式不能使模式的假說有效，模式就必須修正。

模式經試驗且被接受以後，便對問題有所瞭解。針對某種情況有用地解釋模式，此模式便具有預測的能力，亦即當情況改變時便能根據模式之邏輯運算。有一作者對模式建立和形式上的分析做成結論。

科學方法根本上是模式（有時稱為假說）建立的方法，此模式具有二種特性：第一，必須考慮所有已知的事實，第二，模式經過不偏和獨立觀察者的檢定後，必須能做預測。牛頓萬有引力定律能解釋所有天體位置。以前雖也有很多定律，惟牛頓定律能夠存續下去是因它能用來做成千年以後之潮汐表，其正確可被任何企業家於週末時觀察而得……。

配合已知事實所建立並以預測方法被試驗過的模式，即可獲得獨立的數據，如此模式一經實驗便能確立各種企業經營方法的結果。若以實際顧客來做真正的試驗，非但其成本太高，甚至會影響經營惡化，以致造成企業永遠混亂的後果。

一、模式分類

模式依其與實際系統一致的程度來加以區分。實質模式（Physical model）是保有一些它所代表之系統的個體。實質模式與實際模式（Referent）相像。它是被縮小而已；但是其行為就像實際一樣。

由實質物體構成之模式但無法在實際系統發現者，則稱為類似實質模式（Physical analogues）。

圖形模式，即以圖表形式表示之模式，又因抽象的程度有很多種。如流程圖和組織表。顯著的抽象為這些模式的特徵。直線，符號等為構成之元素，但於實質世界中無法發現。

一個系統之數學模式是由一組恒等式構成的；恒等式之解能解釋或預測系統情況的改變。數學模式是由敘述和分析實際情況之結果。系統的計量描述（符號模式）對系統情況的預測受到限制。

模式以數量化表示時，很明顯的文字將會減少。模式的發展漸漸地使用數學，就是想精確地和數量化地表示各種關係。含糊或含義不明確，或是某種情況性質之定義解釋不清楚，這些在確定數學模式時皆應避免。一般人以為，以真實性和正確性來確立模式將會導致不當的應用。但是，在某種情形下要確立數學模式，須要對情況有完整的分析，同時對問題應有適當的了解。

以文字而很精確地說明數學的問題並不是一件容易的工作，因為大部份的語法（Language）本身不能做精確的敘述。

數學模式非常抽象，正因其抽象才使數學模式普遍地應用。但是，由模式所使用的情報正確性來說，則模式的使用受到了限制。計算機模式是依據某些規則，將數學模式寫出來；並使此種模式能用電算機操作而言。第三章

中將提到有關構成計算機程式語言——FORTRAN——的規則和符號。

二、部份和一般模式

模式又可依其被接受的程度而加以區分。

茅里斯(Morris)指出模式被接受的程度以其一般性而定，意即它所能解釋的系統數目。又指出，在管理科學中，當觀察管理活動時，模式建立者便受到發生管理活動之階層的限制。

例如，允許顧客的信用時，顧客較少的公司將顧客視為信用風險的個人，而顧客較多的公司則必須就大群人之特性建立信用政策。另外，銷售員以顧客個人的帳務而做決策，但是，銷售經理做決策時應以整個的帳務分類為基準。就某種範疇而言，管理科學家對所選擇觀察的階層和最主要的分析單位受到限制。這些限制受行動管理考慮的性質而固定。雖然，觀察和最主要分析的階層固定，但是，管理者却可能由較低階層之觀察機會開始而達到此種階層。例如預測公司每年之總銷售量，則應由產品、顧客或由工業界或以月為基準開始而預測其銷售量。

觀察的階層一決定模式為部份或一般的——是模式分類的另一方法。但是我們決不能陷入交義分類(Cross-classification)的困惱中。由茅里斯推論可斷言，企業模式都是部份模式而非一般模式，因為分析者的重點受到公司管理行動所引導，由此所造成的模式是針對處理某特定系統而非處理一組系統之用。

三、確定和機率模式

數學模式可再分成確定模式(Deterministic model)和機率模式(Probabilistic model)。這二種模式的使用，由所研究的系統性質而決定。理論上，系統在已知不變的條件下必有一最佳設計或最佳作業形態。此種系統即為確定的。但是，因為系統變數間複雜的關係，或缺乏數學技巧去解釋或解答模式時，此種最佳設計或作業形態幾乎全然未知。實際上，在已知不變的條件下欲確定估計的數值則有困難。

確定模式表示系統無不確定性，並且它能完整地預測情況之改變。系統行為依據效果的衡量單位(Measures of effectiveness)來評估，如成本、利潤和時間。但是，或許我們對系統缺乏充分了解致不能適當評估某些系統特性（此特性與利潤最大或成本最小的效果衡量單位有很重要的關係）。如果模式把所有重要變數與關係都考慮進去，可能會缺乏解答模式最佳答案的

數學方法。直到發現數學技術為止，否則必定使用所獲之解答略低於最佳值或限於確定性下的部份模式。

系統是由屬性之值表示其特性，屬性之值則是各因素之結果而因素間的相互作用最不易被了解。屬性或變數是連續的機率程序試驗而“產生”。此類程序被解釋為實驗的重複，而實驗的結果是機率的——即由機會決定。如果系統之某些屬性值為機率的，就是對系統不能完全了解。不確定性通常存在於系統的環境。

機率模式和確定模式所產生的情報有其不同所在，機率模式可得最佳解答是一種不正確的說法。若有一適當的機率模式便能尋求系統未來的可能情況，因為機率的緣故我們便不能完全確定變數值之結果。機率模式僅產生經驗數據 (Empirical data)。實際上，處理系統模式（具有機率的元素）而產生未來的事件。此時或會問：“若以一個系統來設計，則系統狀態是什麼；或做了某種決策，狀態會是什麼？”此答案則依據模式實驗的觀察值推斷而得。

模式分類另有以圖形表示者。下列二個圖表便是整理史賓吉 (Springer)，何里西 (Herlihy)，和貝吉斯 (Beggs) 的研究所得。他們從事一套教科

書的困難寫作，主要是為著指導管理者和執行者；這些管理者和執行者不僅否認數學的優點，同時也反駁符號模式在實際混雜的企業中使用。也有一些不受過來者經驗影響而研究企業的學生，與這些作者持相同的態度。

這些作者把模式分成實質模式和符號模式（圖 1-1）。

最後，圖 1-2

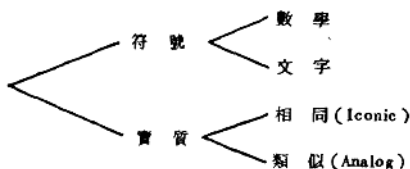


圖 1-1

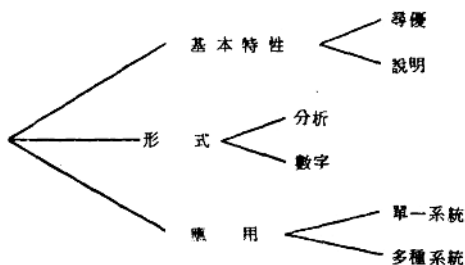


圖 1-2

再把數學模式予以詳細分類。

圖形法有二個優點，第一，能夠很快地介紹給讀者很多圖形。第二，讀者應該知道某特殊模式是做為產生數字解之用或是作為說明之用，又此模式是屬一般的或特殊的模式。本書所舉例的模式是指能以電算機操作之數學模式。這些模式主要是屬尋優模式（Optimization Model），它們能產生數字的結果。雖然本書開始以特殊實例來說明，但是儘可能將舉例的模式接近一般模式。圖 1-3 是把前面的圖重新排列者。

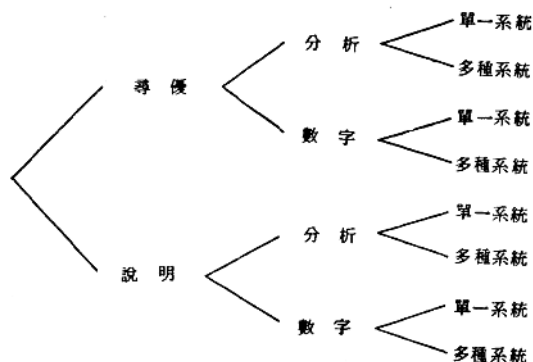


圖 1-3

四、模式建立

當電算機被派上用場時，很多人都有一種感覺；如果在這方面沒有更進一步的努力，它如何產生所需的答案。這是因為一般人常被一些大眾刊物渲染電算機是一種耗時的怪物的結果。據經驗當有問題時，讀者首先考慮的是他如何用電算機來解答問題。其實最重要是應想出解答問題的方法，其次才是如何使用電算機。此種情況示之如圖 1-4。

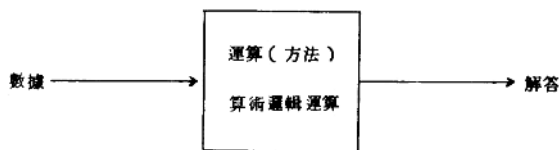


圖 1-4

在此程序中必須回答一些重要的問題。最常見但常被忽略的是：“什麼是我們所要找的答案？”所要做的運算是什麼？之後才是情報或數據有關之事。有些模式需要很多的數據，其實這只不過是使被用來運算的形式變成更方便的形式而已。表面上，至少決定問題的性質和所需的數據之後，解答問題之程序或運算方法才是努力之重點。

運算是指有次序數列的算術和邏輯運算之集合。算術運算如同：

$$(a + b), (a - b), (a \cdot b), (a \div b), (a^b)$$

a 和 b 是運算因子 (Operands)。邏輯運算如下：

$$(a = b), (a > b), (a < b), (a \geq b), (a \leq b)$$

a 和 b 亦是運算因子，邏輯運算是以符號表示方程式的關聯性。

設計運算方法意即設計一序列的步驟，這種步驟當處理、評估或獲得結果時將運算數據使能解答問題或產生所需結果。所需的序列並不就是由步驟 1，步驟 2，……到步驟 n 之簡單級數。運算方法之邏輯運算中將以分割法 (Branch) 補充整個序列，以做為處理若干暫時的數陣 (Array)。

解具有數字解答的問題時，有很多參考資料，以下將 Polya 所著 *How to solve it* 一書中就解答問題的方法摘要如下：

1. 確立問題。

問題是什麼？以您自己的意思重述一次。

什麼是所需解答的性質？

需要什麼數據？

2. 設計運算方法。

以文字說明運算方法。

將其以符號記之；數學式或本書所用的電算機語言。以圖示法說明運算方法。

3. 檢驗運算方法。

邏輯是否正確？

序列和修正的序列是否正確？

訓令 (Instruction) 是否含糊不清？

是否運算方法為一般性的？或僅適用於特殊問題？

以數據試運算方法。

用圖示法來說明運算方法非常重要。圖示法是按文字的意義以圖表形式表明運算方法，第五章將提到。圖示法之符號如圖 1-5，嗣後各章所用之符號都是與這個相同。這些符號將算術和邏輯運算連結起來以研究問題。

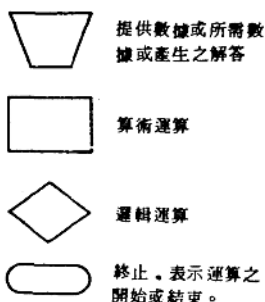


圖 1-5

由符號的形式指出運算中某一步驟的性質——一個步驟一個符號。其次序則以連接符號的箭線表示。

舉例；讀入 n 個實數並計算平均數之運算方法的設計。回憶上述之摘要。問題是什麼？需要何種數據？如果必要則您再重述一次。簡言之，如有一組數目您將如何處理以獲得所需之統計值。您的運算方法是否為任一組實數（當然是有限的實數）而設計？圖 1-6 為運算方法之圖形表示。

截至目前，運算方法中某些步驟之理由不易發現，“將一數列加起來，其總和除以 n ”雖然很簡潔，但這對設計一般之運算方法是無益。Tally

為累積數，以記錄最新之總和。除終止和輸入——輸出的訓令外，運算方法必能完全以算術式和邏輯方程式及敘述（Statement）寫出這是絕無問題的。必須注意何時所有之數列皆已輸入。因此，修正運算方法通常由上層至下層。開始設計運算方法時可能會用了較多的敘述文句且依賴自然而不是符號語言。

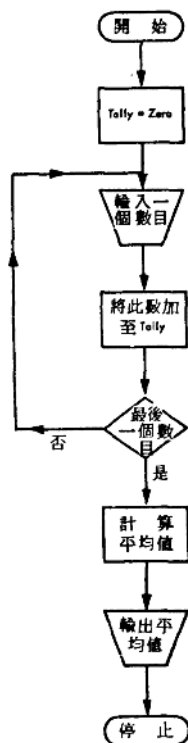


圖 1-6