

多廠整合型生產指派與排程系統

研究生：李志勇

指導教授：張炳騰 博士

東海大學工業工程與經營資訊研究所

摘要

近年來隨著經濟環境與產業結構的快速變遷，市場上對於產品需求的大增，因此企業面臨訂單資源的不斷湧入，為了增加產能，企業不斷地擴廠或是合併其他產能，也使得原本簡單的訂單管理問題，隨著工廠的增加、地域的拉遠，從單廠衍生到複雜的多廠規劃(Multi-Site Planning)問題上。

在本研究中，將針對多製造廠在全面訂單管理的情況下，探討在一健全的訂單管理制度下，對於製造廠的跨廠訂單分配模式進行研究，建立一個考慮到多製造廠在接收大筆訂單時，如何依據產品的市場銷售特性、訂單交期、廠與廠間的生產排程、訂單利潤及廠的產能負荷度等等交叉複雜的關係，建立一多廠整合型生產指派與排程系統的決策模式。

本研究將利用 AHP 法則、斐氏理論(Petri Net)的概念，建立一訂單指派模式，之後以基因遺傳演算法(GA)求算訂單指派至各廠的生產排程與各廠的產能平衡，以決定訂單的最佳配置。進而便能依據所指派的結果作為各家製造廠進行生產計畫與排程規劃的依據。整體來說，本研究有數個重要方向及研究項目。

方向一：以 AHP 法則發展出多訂單對於多製造廠間，在考量多因素的狀況下，整合出一同時考量多因素下各製造廠間的重要性指標及各訂單間重要性的生產優勢分析表，以作為後端訂單指派過程中用以評估指派方式的基準對照表。方向二：以斐氏圖的概念建構出在多廠環境下的關連網絡，並設計各項機制以進行訂單評估與生產排程及資訊回饋的模擬。方向三：以斐氏圖所建構之多廠間的系統架構進行

實例探討，以驗證其可行性。方向四：設計分散式平行運算機制，以縮短求解運算時間。方向五：將最佳配置後的結果作為多廠間進行訂單指派及生產排程的參考依據。

An Integrated Multi-Site Production Assignment and Scheduling System

Student : Chih-Yung Lee

Advisor : Dr. Ping-Teng Chang

Institute of Industrial Engineering & Enterprise Information
Tunghai University

Abstract

As economic environment and industrial structure changing rapidly, product demand frequency increases immensely as well. To accomplish the great amount of orders, industries expand their plants accordingly or integrate with others to increase their outputs. As a result, conventional order management is no longer sufficient to solve these problems, accompanied with the distance and different information of these incorporated factories. The single-site planning has developed in to multi-site planning.

This research aims to construct the decision model of integrated multi-site production assignment and scheduling problem. To support the multi-site factories with their enormous orders, based on the premise that they are under total order management, the decision model considers such complicated factors as product market features, due date, production schedule, order profit and capacity load of each plant.

Through the AHP rules and the concept of Petri Net, this research first constructs an order assignment model. After that, in the process of genetic algorithm, the production schedule for orders to each plant is determined and is balanced with its capacity. The best order assignment decision therefore is made. The result can then be the reference basis for industries' production assignment and schedule planning.

There are several important aspects and issues in this research. First, construct the related network based on the concept of Petri Net. And simulate the integration of order evaluation and production scheduling. Second, verify the integrated multi-site production assignment and

scheduling system by examples for its feasibility. Third, design the distributed and parallel computing mechanism to make the computations efficient. Fourth, best allocating result can then be the reference basis for industries' order allocating and production scheduling planning.

誌謝

碩士論文完成的期間，經歷了許多的挫折與低潮時期。雖然一路走來很辛苦，卻也讓我成長不少。回想這兩年來的研究路程，首先要感謝指導教授張炳騰博士，不僅在學業上細心教導，對於人生的諸多指引，更是讓我獲益非淺，由衷的感謝老師的教導。

在口試期間，承蒙白炳豐博士、洪堯勳博士特別撥空審閱論文，提供寶貴意見與指導，使的論文內容更為完備，也體會到學海無崖的道理，在此致上最深的謝意。

在這兩年的研究過程中，感謝晴翔學長在課業及生活上的幫忙，同學漢祥、家聰的相互扶持，一起走過最艱難的時光，此外亦感謝研究室學弟妹 - 純行、郁文、嘉偉及芷潔的支持與鼓勵，讓我在低潮的時候依然能擁有歡笑。

最後特別要感謝父母及家人的關懷與照顧使我能無憂無慮的環境下，順利完成學業。

感謝所有曾經關心及幫助我的人，謝謝。

李志勇 謹誌於
東海大學工業工程與經營資訊研究所
民國九十一年六月

目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	III
誌謝.....	V
目錄.....	VI
圖目錄	IX
表目錄	X
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究方向與目的	2
1.3 研究範圍	3
1.4 研究方法與步驟	4
1.5 論文架構	6
第二章 文獻探討	7
2.1 多廠規劃	7
2.1.1 多廠規劃的問題描述.....	7
2.1.2 多廠規劃的階層式架構.....	8
2.1.3 多廠之資訊結構.....	9
2.2 基因遺傳演算法	10
2.2.1 常見 Job shop 排程問題的編碼表示法.....	12
2.2.2 常用排序問題之運算子.....	16
2.2.3 排程中遺傳演算法之應用.....	19
2.3 斐氏理論	20

2.3.1	基本斐氏圖	21
2.3.2	斐氏圖分析方式	22
2.3.3	時間斐氏圖(Timed Petri Nets)	23
2.3.4	機率斐氏圖(Stochastic Petri Nets)	23
2.3.5	彩色斐氏圖(Colored Petri Nets)	23
2.3.6	物件導向斐氏圖 (Object-Oriented Petri Nets)	25
2.4	本章小節	25
第三章 系統架構設計		26
3.1	建構多廠規劃下系統斐氏圖	27
3.1.1	建構總廠運作模式	27
3.1.2	建構其他製造廠運作模式	28
3.1.3	建構整體系統運作模式	28
3.2	總廠運作模式	29
3.2.1	訂單接收及展開機制	30
3.2.2	訂單相對於各製造廠優勢評估機制	30
3.3	製造廠運作模式	36
3.3.1	廠內模擬生產排程評估機制	36
3.3.2	遺傳演算法	39
3.4	資訊回饋與指派調整機制	44
3.5	指派總體優勢值評估機制	47
3.6	平行分散式運算處理機制	48
3.6.1	系統架構說明	49
3.6.2	建構流程	50
第四章 系統實證		52

4.1 相關基本資料之設立	52
4.2 訂單相對於製造廠指派評估模組實例	56
4.3 決定初始指派及指派方式之說明	66
4.4 廠內生產預排評估機制實例探討	67
4.4.1 基本參數設定之探討	68
4.4.2 運作實例探討	68
4.5 資訊回饋及訂單修正機制實例探討	71
4.6 實驗數據分析	73
4.7 本章小結	77
第五章 結論與未來研究方向	78
5.1 結論	78
5.2 未來研究方向	78
參考文獻	79

圖目錄

圖 1.1 系統整體運作流程圖	5
圖 1.2 論文進行流程圖	6
圖 2.1 多廠規劃概念圖[36]	8
圖 2.2 一般遺傳演算法運作流程	12
圖 2.3 分支圖	15
圖 2.4 斐氏圖符號說明	20
圖 2.5 一般斐氏圖改寫成彩色斐氏圖之程序	24
圖 3.1 兩階段訂單指派與排程系統架構	26
圖 3.2 總廠資訊流程架構	27
圖 3.3 製造廠資訊流程圖	28
圖 3.4 整體系統運作流程圖	29
圖 3.5 零工式生產系統示意圖	37
圖 3.6 作業排程流程圖	39
圖 3.7 編碼表示意圖	40
圖 3.8 初始族群示意圖	40
圖 3.9 三角歸屬函數	42
圖 3.10 平行運算架構示意圖	49
圖 3.11 平行運算處機制建構步驟	51
圖 4.1 P 廠 G A 適應函數值走勢圖	69
圖 4.2 Q 廠 G A 適應函數值走勢圖	70
圖 4.3 R 廠 G A 適應函數值走勢圖	71
圖 4.4 修正方式 3-P 廠 G A 適應函數值走勢圖	73
圖 4.5 P 廠排程甘特圖	74
圖 4.6 修正方式 3-Q 廠 G A 適應函數值走勢圖	74
圖 4.7 Q 廠排程甘特圖	75
圖 4.8 修正方式 3-R 廠 G A 適應函數值走勢圖	76
圖 4.9 R 廠排程甘特圖	77

表目錄

表 2.1 單廠與多廠之特性比較.....	7
表 2.2 多廠規劃階層式架構內容[35][36]	9
表 2.3 基因演算法之優缺點歸納表.....	19
表 3.1 定性與定量因素.....	31
表 3.2 評估尺度如表.....	32
表 3.3 訂單 1 中各因素權重值.....	32
表 3.4 單一因素(F1)下各廠商的相對權重.....	33
表 3.5 訂單 1 在考慮各因素下各廠商之間的競爭優勢.....	33
表 3.6 訂單利潤下各訂單之權重.....	34
表 3.7 其餘訂單於各廠間之優勢值.....	35
表 3.8 修正相對優勢值.....	36
表 3.9 未進行資訊修正前之順序決定表.....	45
表 3.10 訂單相對於各製造廠之優勢對照表.....	47
表 4.1 二十筆訂單資料.....	52
表 4.2 訂單 1 在考量產品市場因素 (F1) 下之製造廠權重	56
表 4.3 訂單 1 在考量生產品質因素 (F2) 下之製造廠權重	57
表 4.4 訂單 1 在考量顧客歷史交易因素 (F3) 下之製造廠權重	57
表 4.5 訂單 1 在考量該顧客的潛在訂單因素 (F4) 下之製造廠權重	57
表 4.6 訂單 1 中四個因素之權重.....	57
表 4.7 訂單 1 在考量四因素後之製造廠權重.....	58
表 4.8 訂單 2 在考量四因素後之製造廠權重.....	58
表 4.9 訂單 3 在考量四因素後之製造廠權重.....	59
表 4.10 訂單 4 在考量四因素後之製造廠權重.....	59
表 4.11 訂單 5 在考量四因素後之製造廠權重.....	59
表 4.12 訂單 6 在考量四因素後之製造廠權重.....	60
表 4.13 訂單 7 在考量四因素後之製造廠權重.....	60
表 4.14 訂單 8 在考量四因素後之製造廠權重.....	60
表 4.15 訂單 9 在考量四因素後之製造廠權重.....	61

表 4. 16 訂單 10 在考量四因素後之製造廠權重.....	61
表 4. 17 訂單 11 在考量四因素後之製造廠權重.....	61
表 4. 18 訂單 12 在考量四因素後之製造廠權重.....	62
表 4. 19 訂單 13 在考量四因素後之製造廠權重.....	62
表 4. 20 訂單 14 在考量四因素後之製造廠權重.....	62
表 4. 21 訂單 15 在考量四因素後之製造廠權重.....	63
表 4. 22 訂單 16 在考量四因素後之製造廠權重.....	63
表 4. 23 訂單 17 在考量四因素後之製造廠權重.....	63
表 4. 24 訂單 18 在考量四因素後之製造廠權重.....	64
表 4. 25 訂單 19 在考量四因素後之製造廠權重.....	64
表 4. 26 訂單 20 在考量四因素後之製造廠權重.....	64
表 4. 27 訂單相對重要性權重值.....	65
表 4. 28 訂單優勢值修正後的製造廠優勢表.....	66
表 4. 29 指派方式決定表.....	67
表 4. 30 遺傳演算法中參數之設定值.....	68
表 4. 31 訂單修正方式.....	72
表 4. 32 各次指派之總體優勢值比較表.....	73

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

近年來隨著經濟環境與產業結構的快速變遷，企業在追求利潤極大化的前提下，往往以企業本身為出發點，但卻常發現這種局部最佳化(Local Optimization)的觀念，帶來的成果卻相當有限。供應鏈管理(Supply Chain Management)的目的即是透過上下游廠商的合作，將每個生產配送的環節緊密結合在一起，以發揮供應鏈的整體效益。

由於市場上對於產品需求的大增，企業為因應訂單資源的不斷湧入，在既有的工廠中，會因為產能不敷訂單承接的數量，企業在考量承接訂單之整體利潤後，可能會有增廠、擴廠、擴線的動作，來提升工廠的產能以使得企業承接訂單的能力增加。而為了增加產能，企業不斷地擴廠或是合併其他產能，也使得原本簡單的訂單管理問題，隨著工廠的增加 地域的拉遠，從單廠衍生到複雜的多廠規劃(Multi-Site Planning)問題上。

所以，企業在具有多家製造廠時，應妥善分配其在規劃期間內所承接到之大筆訂單，並且整體性地規劃分配到企業所擁有之各製造廠中，或是委外分配至不同企業的外包工廠中生產。

而為了因應目前產業間，多廠生產方式的發展趨勢，許多大廠因而提出一多廠間的生產規劃模式，主要以企業整體的角度進行資源的規劃、訂單承接與分配。在單一廠的訂單管理問題中，考量的為廠內的產能是否能滿足訂單的要求，但是擴及多廠的訂單指派時，雖大多採全面的訂單管理系統，但是將面對的不僅是單廠的問題，也需考量廠與廠之間的產能平衡、產品組合、各廠生產之特性、各廠製造成本等複雜性。

因此，多廠規劃問題也會隨著各製造廠產能需求的變異程度而隨之複雜化，如何將訂單妥善分派至各製造廠中，使各製造廠達到最有效的利用，達到高生產率即及高達交率，皆為多廠規劃下所關注的問題，因而衍生出多廠規劃下訂單分派與生產排程的問題。

1.2 研究方向與目的

在單廠的規劃中，往往會因為產能的限制而侷限接單的數量與彈性，所以許多企業會興建工廠來擴充產能。因此，以往不能承接的大筆訂單，將因多廠的生產方式配合多廠的訂單分派規劃，以充分滿足訂單的需求。

因此，在本研究中，將針對多製造廠在整合型的全面訂單管理情況下，探討在一健全的訂單管理制度下，對於製造廠的跨廠訂單分配模式進行研究，建立一個考慮到多製造廠在接收大筆訂單時，如何依據產品的市場銷售特性、訂單交期、廠與廠間的生產排程、訂單利潤及廠的產能負荷度等等交叉複雜的關係，進而建立一多廠整合型生產指派與排程系統的決策模式。希望能協助生產管理者快速地做出訂單指派與生產排程的正確決策。

換言之，在本研究中其目的在於衡量將 n 筆互相獨立的訂單指派到 m 家製造廠中，利用 AHP 法則、斐氏理論的概念，建立一訂單指派模式，之後以遺傳演算法求算訂單指派至各廠的生產排程與各廠的產能平衡及最大化訂單交期滿足率為目的，決定訂單的最佳配置。進而便能依據所指派的結果作為各家製造廠進行生產計畫與排程規劃的依據。各製造廠便可依此資訊安排或修正生產規劃與訂單的配置。其研究項目包括：

- 1.以 AHP 法則發展出多訂單對於多製造廠間，在考量多因素的狀況下，整合出一同時考量多因素下各製造廠間的重要性指標及各訂單間重要性的生產優勢分析表，以作為後端訂單指派過程中用以評估指派方式的基準對照表。

- 2.以斐氏圖的概念建構出在多廠環境下的關連網絡，並設計各項機制以進行訂單評估與生產排程及資訊回饋的模擬。

- 3.以斐氏圖所建構之多廠間的系統架構進行實例探討，以驗證其可行性。

- 4.設計分散式平行運算機制，以縮短求解運算時間。

- 5.將最佳配置後的結果作為多廠間進行訂單指派及生產排程的參考依據。

而此系統架構的概念亦能運用於約束性強烈的供應鏈體制下的上下游合作體系。如供應鏈體制下中心廠與衛星廠間的外包網絡，在資訊完全公開的條件下，中心廠接單後的訂單指派與生產排程的複雜問題中。

1.3 研究範圍

在本研究中是以擁有多家製造廠，分佈於各地方的總公司來檢視整個訂單指派與生產排程規劃，所以在建構中是以總公司所能掌握的資訊為主，其中所涵蓋的資訊包括：

- (1) 總公司的資訊：訂單的數量、產品價格、交期等資訊。
- (2) 製造廠的資訊：如產能負荷、製程技術、品質等資訊。

對於總公司的假設為接收訂單的唯一窗口，並不具有製造能力，而在將訂單統一指派到製造廠時，由製造廠生產並完成出貨。其實，在總公司所能掌握的資訊之外，私底下各製造廠間也可能存在著其關連的外包網路，如指派給 A 製造廠的訂單，為了將產能用於製造對其更有利的後接訂單會將前接訂單轉給 B 製造廠，或是外包給生產體系外的外包工廠。

在本研究中所提之多廠間的生產排程是以零工式(Job shop)生產類型的排程問題做為研究範圍，在一般的排程問題中以零工式類型最為複雜。傳統常見的流程式(Flow shop)生產類型因為市場競爭激烈與生產技術的進步，造成產品生命週期的縮短與產品變異性的提高，導致產品愈趨向於多樣化，流程式的大批量生產方式已經無法滿足市場的多樣化需求，多樣少量的製造方式已經是一個無法避免的趨勢，亦逐漸取代了傳統的大量生產方式，零工式生產方式最大的優點即是依照顧客所需產品之加工途程來進行安排，也就是說，零工式生產可以提供整個製造環境應對市場變化的彈性。因此，本研究以零工式生產做為本研究在製造廠中的生產方式。

在限制條件方面，因為本系統是在多製造廠間的規劃下進行訂單指派與廠內的生產預排。所以系統所存在的限制條件很多，亦對系統做了一些假設，整體而言包括：

1. 訂單交期的限制
2. 不考慮訂單預測性問題
3. 不考慮外包
4. 各廠內的生產排程方式與控制系統採用相同方式
5. 不考慮任何非預期狀況及機台當機之事件
6. 生產途程的限制
7. 廠內機台的限制
8. 不允許緊急插單及抽單
9. 工廠生產品質的限制
10. 不考慮整備成本及其他成本因素的考量

等都是系統中的限制條件及假設。

除此之外，關於排程問題的求解方法方面，隨著電腦計算能力的增強，許多的求解方法如搜尋演算法、人工智慧的工具都已發展的相當成熟，然若要將其應用於實務界，始終會存有障礙，排程問題尤其是如此，有關排程的研究為數眾多，但是在一般工廠中，仍多以簡單的派工法則做為排程規劃的依據。所以本研究希提出結合基因傳演算法與斐氏圖概念的運算模式，期發展一能應用於實務界的訂單指派與生產排程系統的雛形。

1.4 研究方法與步驟

本研究擬架構一多廠整合型訂單指派與生產預排系統，顧客可藉由電腦透過網路將所需訂購的產品相關資訊輸入，系統會依據所輸入的資訊搜尋產品資料庫的相關資訊，以提供顧客產品的各項資訊，如加工時間、加工途程等等。之後訂單會經由斐氏圖所建構的訂單指派模式，依據整體利益的考量，評估出各項訂單及指派給各家製造廠的優先順序，這些工作便是總廠在這階段的主要任務。

下一階段系統會依據總廠所指派的訂單進行訂單的配置，但在製造廠本身是否能負荷所接收訂單的需求產能及交期是否滿足，需以廠內的生產預排機制進行評估後，再回饋給總公司，若交期無法滿足，則進行訂單調配與再次規劃訂單的順序與製造廠。流程如圖 1.1

所示。

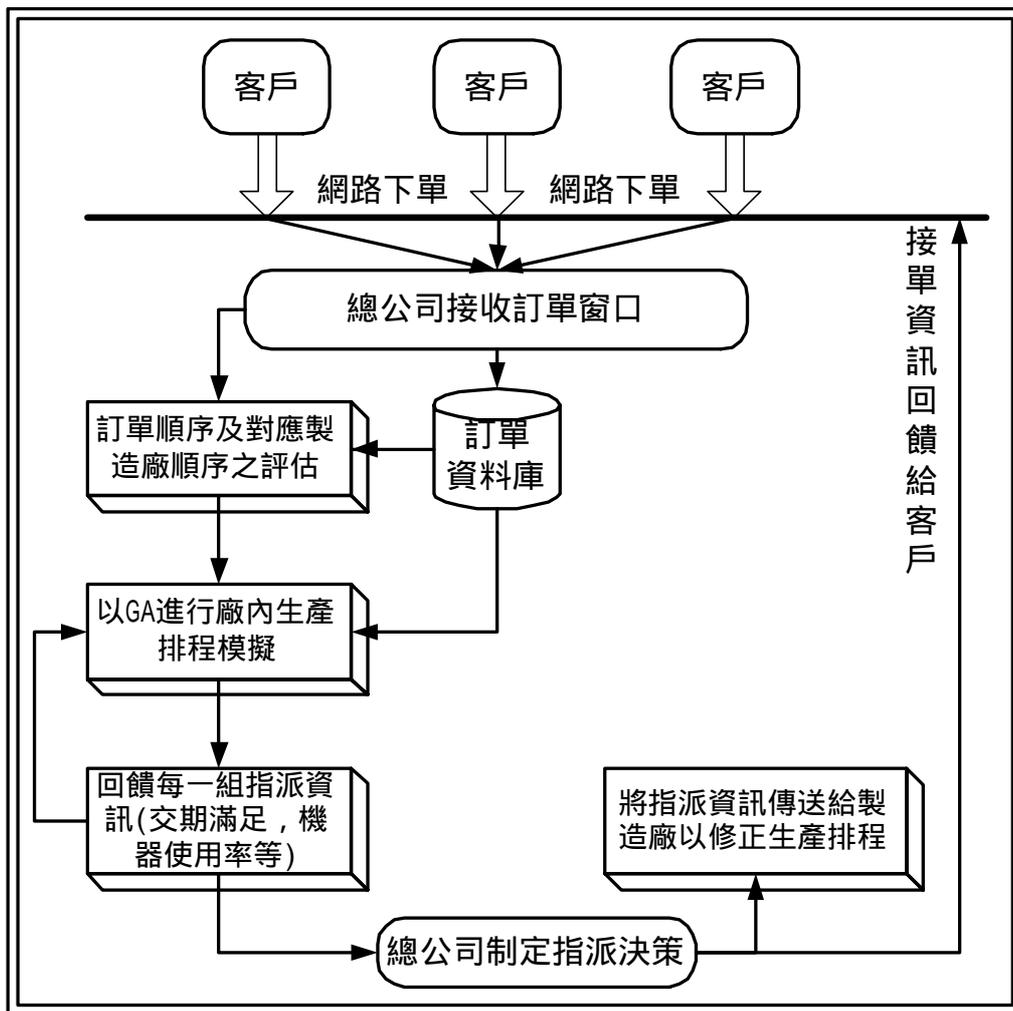


圖 1.1 系統整體運作流程圖

本研究將依以上所敘述之運作流程，分成以下各步驟進行系統建構與各項機制之建立，將之分述如下：

步驟一：以斐氏圖進行多廠環境下之建模，包括總廠運作模式與各製造廠運作模式。

步驟二：以 AHP 法則建構訂單指派機制。

步驟三：以遺傳演算法建立製造廠內生產排程機制。

步驟四：建立訂單調整與資訊回饋機制。

步驟五：總體優勢值計算機制之建立以評估各項決策之優劣。

步驟六：建立分散式平行運算機制

1.5 論文架構

本研究論文的內容共分五章：第一章說明本研究內容的背景、動機、目的、範圍、方法與步驟等相關內容；第二章則針對本研究所涉及相關文獻加以探討，包括多廠規劃、階層分析比較法、遺傳演算法、斐氏理論、零工式排程等相關文獻；第三章則根據本論文之目的與文獻探討所得之啟發，提出一多廠整合型生產指派與排程系統架構，詳細闡述系統架構中各項機制之功能設計與運作方式；第四章為論文中系統之實驗結果與分析；第五章則根據本研究所得之結果，說明研究結論與未來發展方向。本論文的進行流程如圖 1.2。

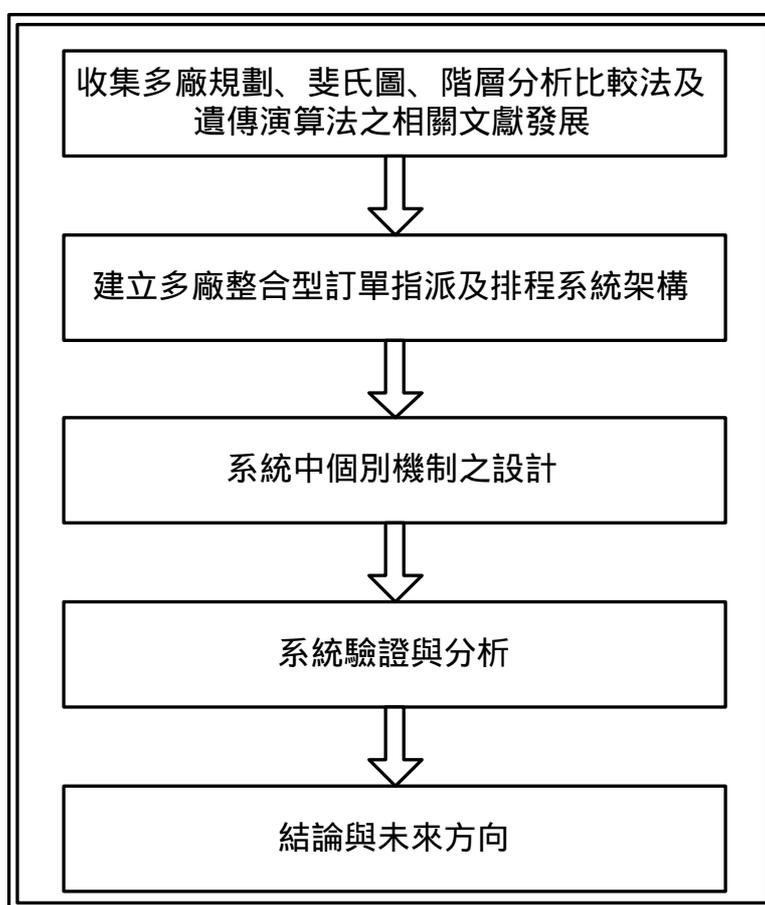


圖 1.2 論文進行流程圖

第二章 文獻探討

2.1 多廠規劃

近年來隨著經濟環境與產業結構的改變，過去以單一製造工廠為基礎的生產規劃模式，已漸漸無法符合產業界的需求，為了維持企業的永續經營發展，一套良好的多廠生產規劃模式是不可或缺的因素。

2.1.1 多廠規劃的問題描述

一般來說，多廠(multi-site)在生產規劃方面的定義，主要有兩種不同的方式。有部分學者將其定位為在供應鏈中，自上游至下游一連串製造廠間的關係，即縱向的定義[38][22]。而其他的學者則將多廠解釋為一個公司同時擁有多個生產基地這種橫向的多廠概念[16][35][37][5]。本文所採用之多廠定位是屬於後者。

Thierry et al.[37]對多廠的定義如下：『當一個公司它的生產設施分佈在數個不同的地理位置，則吾人稱之為具有多廠的特性。』而 Sauer et al.[35]則指出，當生產規劃的範圍由單廠擴及多廠時，生產過程中會出現如表 2.1 的差異性與交互作用：

表 2.1 單廠與多廠之特性比較

單 廠	多 廠
☞ 中間產品與最終產品無所謂的暫時性關係。 ☞ 中間產品在該廠轉換成最終產品。	☞ 中間產品與最終產品間的暫時性關係。 ☞ 中間產品可能至別廠進行加工成為最終產品。
☞ 生產成本相同。	☞ 相同的工件在不同的工廠中生產有不同的生產成本。
☞ 無須考量廠際間之運輸與時間成本。	☞ 考量工件在不同廠間流動之運輸與時間成本。
☞ 無廠際策略目標衝突之問題。	☞ 存在各廠際間策略目標相衝突之問題。

2.1.2 多廠規劃的階層式架構

在多廠規劃的研究當中，大部分學者的研究，都是採用階層式的方式進行規劃[36][35][37]。Sauer *et al.* [35][36]提出類似的架構概念，將規劃的層級分為 global level 與 local level，將其理念整理如表 2.2 多廠規劃階層式架構內容[35][36]所示，而其規劃概念圖如圖 2.1。

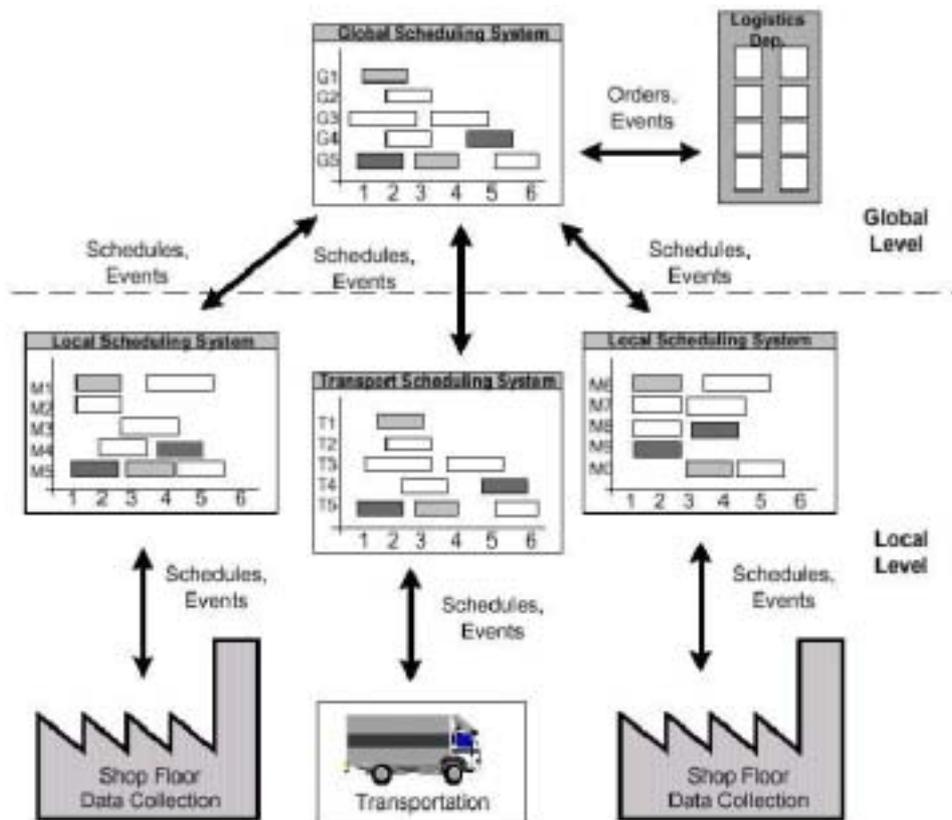


圖 2.1 多廠規劃概念圖[36]

表 2.2 多廠規劃階層式架構內容[35][36]

規劃層級	Global Level	Local Level
說明	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 以整體性的觀點進行規劃。 ☞ 規劃單位為企業整體。 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 以區域性的觀點從事生產規劃。 ☞ 規劃單位為單一工廠，亦即傳統的生產規劃方式。
主要工作	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 將顧客訂單分派至適合的工廠中生產。 ☞ 依據各個工廠的回饋資訊進行必要的協調。 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 將分配的訂單進行生產排程規劃。 ☞ 產品的運送排程規劃。 ☞ 收集生產資訊回饋至上層(global level)。 ☞ 區域性的重排程。
規劃重點	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 以盡量降低未來重排程的可能性為要點。 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 盡量符合 global level 的規劃。
資訊需求	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 不需要非常精確的資訊，可使用估計的資料或總合(aggregate)資訊。 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 對資訊的精確程度要求較高。

不同的學者，對於多廠規劃問題的定義方式略有不同，且其研究的問題標的也不盡相同，如訂單指派問題 [38]、排程問題。 [37][35][36]、運輸規劃問題等，都是屬於多廠規劃的研究範圍，亦是生產管理中重要的一環。

2.1.3 多廠之資訊結構

資訊管理系統在多廠計畫和控制系統扮演很重要的角色，它不再侷限於特定系統之整合，而是在於資訊的整合和資訊交換之功能。Zhou 和 Besant[44]認為，資訊整合乃為單一製造廠的資訊統整，資訊交換則為各廠間的資訊溝通與傳遞。

Zhou 和 Besant[44]並彙整多廠計畫的資訊管理相關文獻，認為資訊管理內部主要由三個要素所連結：business system (如 SAP R/3)、manufacturing execution system (如 PROMIS) 和其他應用程式。在各廠間有資訊代理人 (information agent) 負責執行資訊整合與資訊交換 Wooldrige 等人[42]。其中又可依其功能，將資訊代理人區分為七種型

態：

1.交易管理代理人(Transaction management agent):確保儲存資料的一致性。

2.資訊發佈代理人(Information publishing agent):建立企業間資訊的交換。

3.資訊處理代理人(Information process agent):處理不同資料庫間的資料轉換，並進行接收和篩選的功能。

4.使用控制代理人(Access control agent):授權使用者對資訊讀取或更改的權限。

5.歷史資料管理代理人(Historical data management agent):歷史資料的維護，如過去的訂單記錄、產品、預測的需求、訂單流程等。

6.資訊搜尋系統(Information seeking agent):提供使用者搜尋資料的功能

7.諮詢管理(Query manager):提供給所有使用者詢問問題的窗口

2.2 基因遺傳演算法

在 1975 年 John Holland 正式提出了遺傳演算法，這個方法的重點是個體在環境中的適應度以及相應的演化機制：基因交換、突變與自我複製。Goldberg[23]提到遺傳演算法是以自然選擇與遺傳技術為基礎的搜尋過程。Michalewicz[27]更明確指出遺傳演算法是由五個步驟所構成：

步驟一：基因編碼(Gene Encoding)

遺傳演算法對問題的表示方式是將不同的問題特徵（或變數）分別以一個或一組基因表示，其中一基因是二元(binary)數字，而如同一個體是由數個基因所構成，問題的解答也就是由不同的問題特徵所組成。

步驟二：群體規模(Population Size)

在遺傳演算法開運作之前，需先產生一些初始的解答做為初始的狀態，亦即讓電腦創造一些「數位個體」，形成原始族群(initial population)再進行演算搜尋。至於產生這些個體的方式，分為隨機或

是特定的方式，Forgaty[21]則提出產生初始狀態的方法會影響演算法的搜尋績效。

步驟三：適應性函數(Fitness Function)的設計

若一個體的適應能力愈高，代表此一個體在環境中存活下來的機會較高，則愈有可能繁殖下一代。相對於適應函數的是在解決問題時之目標函數，藉由目標函數來評判解答接近預設目標的程度，若目標函數值愈高則代表此解答愈接近目標，也愈有機會讓遺傳演算法進一步搜尋到更好的解答個體。

步驟四：使用基因運算子(Genetic Operator)產生子代

最常見的基因運算子有以下三個。

(i)複製(reproduction)：此運算子的功能決定哪些個體可以存活至下一代，而根據「適者生存」的原則，適應函數值高的個體應具有較高的機率被選中複製而存留至下一族群。

(ii)交配(crossover)：此運算子的功能是透過交換個體間的基因，以重組個體的基因組合，來擴展搜尋空間。Murata[28]以 10 種不同的交配方式對於流程式排程問題式進行電腦模擬測試，以決定不同交換方式的績效優劣。

(iii)突變(mutation)：此運算子的功能是藉由隨機改變個體內的基因，引入新的個體型式，增加新的搜尋空間。突變的發生是隨機的，以使得在求解的過程中能夠搜尋新的領域，避免掉入局部最佳解(local optimal)。Murata[28]以 4 種不同的突變方式來進行試驗。

步驟五：參數的設定

在遺傳演算的運算過程中，有許多的參數必須事先設定，如交配機率、突變機率、個體數及族群數等。參數的設定會影響搜尋的績效，Forgaty[21]曾對不同的突變機率與遺傳演算的績效進行評估，在特定的原始族群中，不同的突變機率可以改善搜尋績效。一般遺傳演算法運作的流程大致如圖 2. 2。

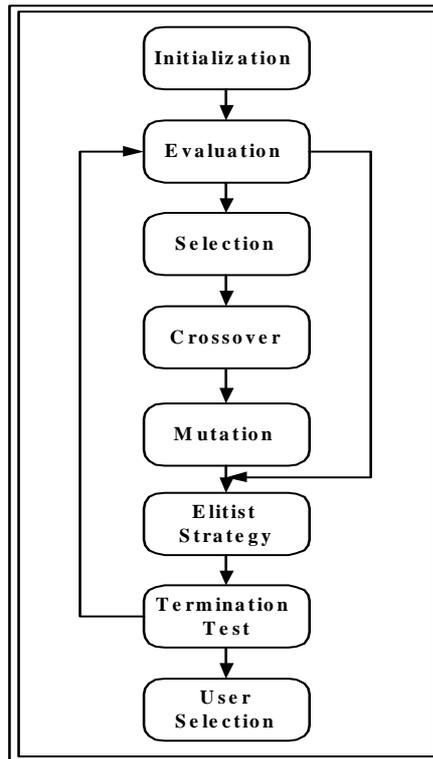


圖 2.2 一般遺傳演算法運作流程

2.2.1 常見 Job shop 排程問題的編碼表示法

在 Cheng[17]的研究報告中，曾調查使用遺傳演算法求解 JSP 時，常見的編碼表示方法。介紹如下：

1. Operation-based representation

此類型的編碼方式是將一個排程編碼成作業的順序，而染色體中的每一個基因代表一作業。亦即以一個 m 部機器與 n 個訂單的 Job shop 排程問題(Job-shop Scheduling Problem ; JSP)而言，它的每一染色體包含有 $m \times n$ 個基因。但是，由於訂單本身的作業有一定的加工先後順序限制，經過交配後所產生的基因順序不能保證能獲得一可行的排程，所以這種編碼方式必須加入修正調整，研究中的修正方式是將同一訂單中的作業在染色體中皆以同一個代號表示。

在這個表示法中，如果問題大小是 n 個訂單與 m 部機器，染色體會含有 $n \times m$ 個基因，而染色體中每個訂單只會出現 m 次，每個基因是表示工作內的相對步驟，如此一來使得每一染色體所產生的排列皆是可行解。以一 3×3 的問題為例，如果染色體中的基因排列是 [2 1 1 1 2 3 2 3 3]，經過解碼轉換後為 [O_{21} O_{11} O_{12} O_{13} O_{22} O_{31} O_{23} O_{32} O_{33}]，

O_{ij} 表示第 i 張訂單的第 j 個作業，最後在排程時依照作業加工順序來進行排程規劃。

2. Job-based representation

此類型只有將訂單做編碼，得到一個訂單的優先順序，排程時是先安排訂單優先次序為 1 的訂單之所有作業，之後，依訂單的優先順序完成整個排程。此法的原則是先決定訂單優先順序，再按其作業程序來安排所有作業。

但是，這種方式與 shifting bottleneck heuristic 有類似的假設：當每一機器的排程是最佳化的時候整個排程即是最佳解，所以這種編碼方式並不能保證可以包含最佳解於其解答空間之內。

3. Preference list-based representation

以一個 m 部機器與 n 個訂單的 JSP 而言，此法的表達方式：每一染色體由 m 個子染色體 (subchromosome) 所構成，每一子染色體是一個長度為 n 的符號字串，每一個符號代表一個機器的相關作業。子染色體並不是該機器上作業的加工順序，而是該機器的喜好表列 (preference list)。整個排程是先找出每部機器的第一喜好作業，再依據每一訂單作業順序限制，判斷機器的第一喜好作業是否可以排入排程之中，若不能則保留。否則找出機器的下一喜好作業，持續至完成所有作業。這種方法只能排出非延遲(non-delay)的排程，可能無法將最佳解含入其中。

4. Job pair relation-based representation

此法是利用一個二元矩陣來，該矩陣是表示二個訂單在機器上的先後關係。其二元的關係定義如下

$X_{ijm} = 1$; 如果在機器 m 上，訂單 i 處理時間比訂單 j 早。
0 ; 其它。

因此一個 3×3 的問題染色體如果是 [0 1 0 1 0 1 1 1 0] 其二元矩陣如下：

訂單(1, 2)在機器(m_1, m_2, m_3) : $X_{121} \quad X_{122} \quad X_{123} = 0 \quad 1 \quad 0$

訂單(1, 3)在機器(m_1, m_2, m_3) : $X_{131} \quad X_{132} \quad X_{133} = 1 \quad 0 \quad 1$

訂單(2, 3)在機器(m_1, m_2, m_3) : $X_{231} \quad X_{232} \quad X_{233} = 1 \quad 1 \quad 0$

然後在依照這個二元矩陣完成整個排程。這個方法最大的缺點是

隨著問題變大，會產生愈多不合理的染色體，必須加入其它的調整法則來修正。

5. Priority rule-based representation

這種方法中每一染色體代表派工法則的順序，基因演算法是用來尋求出一個較好的派工法則之順序。以一個 m 部機器與 n 個訂單的 JSP 為例，一個染色體是一個 $n \times m$ 的字串 $(p_1, p_2, \dots, p_{nm})$ ， p_i 表示第 i 個循環所使用的派工法則，整個步驟如下：首先列出每個訂單的第一個作業做為可選擇作業，選取加工時間最少的作業，若加工此作業的機器還需要加工這循環中的其它作業，則使用該循環的派工法則決定何者應被選取，進入下一循環。下一循環開始時須將上一循環中加工被選取的訂單之下一作業納入本循環的可選擇作業。每一循環選取一個作業，直到完成整個排程。使用 Priority rule-based 編碼方式所得的排程解，其缺點是品質很不穩定。

6. Disjunctive graph-based representation

這個方法也可以視為是 Job pair relation-based representation 的一種。排程的問題可以利用分支圖(如圖 2.3)來表達， $G = (N, A, E)$ ： N 代表節點來表示所有的作業， A 代表用來連結同一訂單相連的作業(實線部分)， E 用來連結同一機器上的作業(虛線部分)。圖中箭頭方向代表作業之間的優先次序， N 與 A 都是確定的，而為了確保機器上的作業不會有加工順序衝突的現象發生，每個機器的作業節點不可以行成一循環(acyclic)，用 e_{ij} 來表示 E 中的每一個箭頭。

$e_{ij} = 1$ ，當箭頭的方向是由節點 i 至節點 j ，亦即先加工作業 i 再加工作業 j 。

$e_{ij} = 0$ ，當箭頭的方向是由節點 j 至節點 i ，亦即先加工作業 j 再加工作業 i 。

利用分支圖來做編碼時，在 $n \times m$ 的 JSP 中其染色體為一包含有 $n \times m$ 個基因 e_{ij} 。以圖 2.3 為例，其基因如下：

$$\begin{bmatrix} e_{15} & e_{19} & e_{59} & e_{24} & e_{28} & e_{48} & e_{36} & e_{37} & e_{67} \\ = [0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1] \end{bmatrix}$$

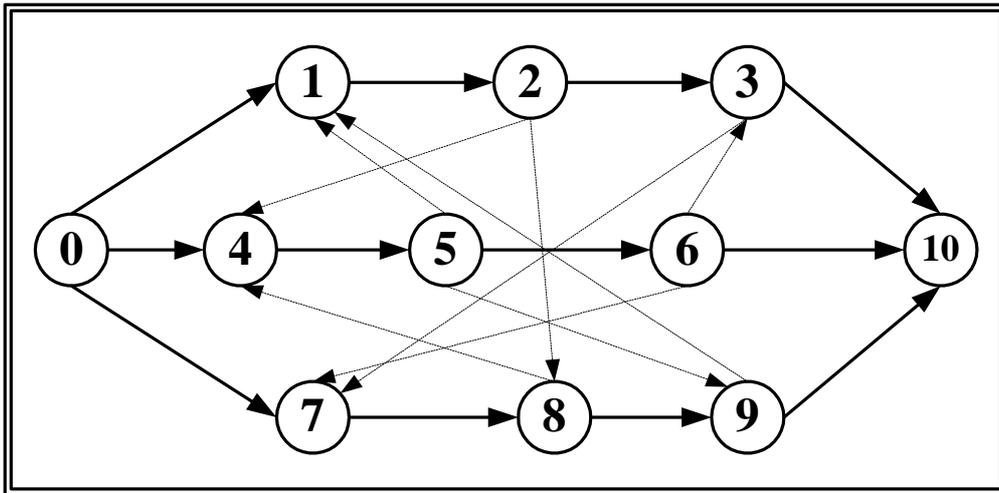


圖 2.3 分支圖

7. Random key representation

在 Random key representation 中，所有的解答被編碼為一串隨機數 (random key)，用這些數字作為排序的依據。如果問題是 n 個訂單和 m 個機器，每個基因 (隨機數) 被視為兩個部分，一個是整數部分，其集合為 $\{1, 2, \dots, m\}$ (代表在哪一個機器執行，因此數字 1 至 m 的出現次數一定是 n 個)，另一部份是介於 $0 \sim 1$ 的小數，在解碼的時候要將同機器數字來做比較，後面小數部分的大小代表作業的優先次序。假設在一 3×3 的問題中有一染色體如下：

[1.34 1.09 1.88 2.66 2.91 2.01 3.23 3.21 3.44]

在機器 1 上的小數部分按照小到大排列順序為 [2, 1, 3]，而在機器 2 上的順序為 [3, 1, 2]，機器 3 上的順序為 [2, 1, 3]，因此將這個染色體轉換成實際機器順序下：

[O_{21} O_{11} O_{31} O_{32} O_{12} O_{22} O_{23} O_{13} O_{33}]

使用這種方式來轉換的排程很容易違反訂單加工途程的限制，必須搭配一些特別的解碼方式。另外，在產生初始族群、交配、突變時所產生的染色體整數部分必須符合數目的限制。

上述之表達法可以分為二個類型：直接式與間接式。所謂的直接式是將一個排程解編碼成一染色體，在透過基因演算法的運算，得到一較佳的排程。而間接式的染色體則是以優先順序法則做為編碼依據，如 Priority rule-based representation 中，其是要透過基因演算法找

出較佳的派工法則之順序。

2.2.2 常用排序問題之運算子

使用遺傳演算法求解時，依據問題特性的不同，必須設計適當運算子，讓整個演算過程能順利的進行。在解決排序問題時，一個染色體是由許多“不重覆”的數字基因所構成的字串。在這個限制之下，如果以傳統簡易遺傳演算法中所提的運算子來搜尋，很有可能會產生一個個體中有兩個相同的數字基因。為了避免發生重覆的情況，必須要設計新的運算子，來產生合理的子代。在[20]提及關於遺傳演算法中交配運算子可以分為以下幾種類型

1.單點交配(one-point crossover)：根據育種選擇策略選擇的二個母體，隨機產生二個切點進行交配。

父代 1 : [7 3 | 7 6 1 3] → 子代 1 : [7 3 | 4 5 2 2]

父代 2 : [1 7 | 4 5 2 2] → 子代 2 : [1 7 | 7 6 1 3]

子代 1 中第一部份的基因是繼承父代 1 基因而來，第二部分繼承父代 2，子代 2 則是繼承父代 1 第二部份的基因與父代 2 第一部份的基因。

2.雙點交配(two-point crossover)：隨機產生二個切點，交換父代彼此的基因。

父代 1 : [7 3 | 7 6 | 1 3] → 子代 1 : [7 3 | 4 5 | 1 3]

父代 2 : [1 7 | 4 5 | 2 2] → 子代 2 : [1 7 | 7 6 | 2 2]

3. N 點交配(N-point crossover)：隨機產生 3 至 n 個切點數，決定父代交換奇數或是偶數部分的基因。以下為例：產生 3 個切點(1、2、4) 交換奇數部分的基因，產生二子代。

父代 1 : [7 | 3 | 7 6 | 1 3] → 子代 1 : [7 | 7 | 7 6 | 2 2]

父代 2 : [1 | 7 | 4 5 | 2 2] → 子代 2 : [1 | 3 | 4 5 | 1 3]

4.均於交配(uniform crossover)：每一基因的位置皆產生一個 0 ~ 1 的亂數，假如亂數 > 0.5，則該位置的基因不交換。舉列而言，在下列中的中產生的亂數依序為 0.2，0.7，0.9，0.4，0.6，0.1，產生的子代如下

父代 1 : [7 3 7 6 1 3] → 子代 1 : [7 7 4 6 2 3]

父代 2 : [1 7 4 5 2 2] → 子代 2 : [1 3 7 5 1 2]

在[2]的研究中，將一些常用在排序問題的運算子，整理如下。

1. PMX (Partially Matched Crossover)

(1) 隨機產生兩個切點。

個體 A : [9 8 4 | 5 7 6 | 1 3 2]

個體 B : [8 7 1 | 2 3 6 | 9 5 4]

(2) 將個體 A 與個體 B 在兩切點中的基因互調。

個體 A : [9 8 4 | 2 3 6 | 1 3 2]

個體 B : [8 7 1 | 5 7 6 | 9 5 4]

(3) 將個體 A 位於切點之外重覆的基因與個體 B 位於切點之外重覆的基因互調。

個體 A : [9 8 4 | 2 3 6 | 1 7 5]

個體 B : [8 3 1 | 5 7 6 | 9 2 4]

2. LOX (Linear Order Crossover)

(1) 隨機產生兩個切點。

個體 A : [9 8 4 | 5 7 6 | 1 3 2]

個體 B : [8 7 1 | 2 3 6 | 9 5 4]

(2) 將個體 A 切點中的所有位元，在個體 B 中以*代替；B 者亦然。

個體 A : [9 8 4 | 5 * 6 | 1 * *]

個體 B : [8 * 1 | 2 3 * | 9 * 4]

(3) 將*往中間移動，使得兩個切點中的位元皆為*。

個體 A : [9 8 4 | * * * | 5 7 1]

個體 B : [8 1 2 | * * * | 3 9 4]

(4) 將原本個體 A、B 切點中的位元互調。

個體 A : [9 8 4 | 2 3 6 | 5 7 1]

個體 B : [8 1 2 | 5 6 7 | 3 9 4]

3. SX (Simple Crossover)

(1) 隨機產生 1 個切點。

個體 A : [9 8 4 | 5 7 6 1 3 2]

個體 B : [8 7 1 | 2 3 6 9 5 4]

(2)保留切點左邊的基因，切點右邊的位元以其在另一個體的順序填入。

個體 A : [9 8 4 | 7 1 2 6 6 5]

個體 B : [8 7 1 | 9 4 5 6 3 2]

4. RX(Random Crossover)

(1)隨機產生兩個切點。

個體 A : [9 8 4 | 5 7 6 | 1 3 2]

個體 B : [8 7 1 | 2 3 6 | 9 5 4]

(2)切點兩旁的基因保留不變，兩切點中的基因以隨機產生。

個體 A : [9 8 4 | 6 5 7 | 1 3 2]

個體 B : [8 7 1 | 3 6 2 | 9 5 4]

5. CX(Cycle Crossover)

(1)在個體 A 中任選一個基因，假設選到 9，其相對在個體 B 為 1，將其標示起來。

個體 A : [9 8 2 1 7 4 5 6 3]

個體 B : [1 2 3 4 5 6 7 8 9]

(2)個體 A 中基因為 1 的位元在個體 B 中是 4，將其標示起來。

個體 A : [9 8 2 1 7 4 5 6 3]

個體 B : [1 2 3 4 5 6 7 8 9]

(3)個體 A 中基因為 4 的位元在個體 B 中是 6，將其標示起來。

個體 A : [9 8 2 1 7 4 5 6 3]

個體 B : [1 2 3 4 5 6 7 8 9]

(4)個體 A 中基因為 6 的位元在個體 B 中是 8，將其標示起來。

個體 A : [9 8 2 1 7 4 5 6 3]

個體 B : [1 2 3 4 5 6 7 8 9]

(5)重覆以上的步驟，直到最後的標示回到 9。

個體 A : [9 8 2 1 7 4 5 6 3]

個體 B : [1 2 3 4 5 6 7 8 9]

(6)將個體 A、B 中沒有被標示的基因互換。

個體 A : [9 8 2 1 5 4 5 6 3]

個體 B : [1 2 3 4 7 6 7 8 9]

6. OM(Order-based Mutation) :

任選兩個基因，將其互調即可。

[9 8 4 5 7 6 1 3 2] → [9 8 4 1 7 6 5 3 2]

7. PM(Position based Mutation)

任選兩個基因，假設為 5、1，將 7、6、1 往前移，再將 5 填入原本基因 7 的位置即可。

[9 8 4 5 7 6 1 3 2] → [9 8 4 7 6 1 5 3 2]

2.2.3 排程中遺傳演算法之應用

Pinedo[32]指出，遺傳演算法可以被應用在結構未知的問題上，Wellman[41]則提到遺傳演算法已經成功地應用在最佳化求解的問題，如排程、運輸問題、旅行者問題等。Kim[26]以 GA 為基礎發展一啟發式搜尋技術解決 Job shop 的排程問題。Petty[31]提出分散式的遺傳演算法，將一族群分割成較小的族群，再分別進行 GA 運作，以提高求解效率。

基本上基因演算法與其他搜尋方式比較起來，能夠以較短的時間搜尋到不錯的解答，對問題變數的多寡影響相對的比較小。但是在實際應用時，基因演算法在不同的問題上仍有一些缺點，尚待克服。今將基因演算法的優缺歸納如表 2.3 所示。

表 2.3 基因演算法之優缺點歸納表

基因演算法	
優點	<p>1.多點同步搜尋</p> <p>基因演算法同時考慮搜尋空間上多個點而不是單一個點,因此可以較快地獲得整體最佳解(global optimum),同時也可以避免陷入區域最佳解(local optimum)的機會,此項特性乃是基因演算法的最大優點。</p>
	<p>2.使用適應函數</p> <p>基因演算法的運作過程只使用適應函數的資訊而不需要其它輔助的資訊(例如:可微分),因此可以使用各種型態的適應函數(例如:多目標、非線性或以知識為基礎),並可節省計算資源避免繁複的數學運算。</p>

	<p>3.機率式的搜尋</p> <p>基因演算法是使用機率規則(stochastic)的方式去引導搜尋方向，而不是用明確(deterministic)的規則，因此較能符合各種不同類型的最佳化問題。</p> <p>4.基因編碼</p> <p>基因演算法是以參數集合之編碼進行運算而不是參數本身，因此可以跳脫搜尋空間上的限制。</p>
缺點	<p>1.運算子的設計問題</p> <p>根據不同的問題，需要設計不同功能的運算子，以提高搜尋效率。若單純使用簡易基因演算法的運算子，搜尋速度會受到影響。</p> <p>2.重複搜尋的問題</p> <p>因為基因演算法並沒有記憶功能，且其運作過程只與適應函數相關，因此往往在搜尋的過程中，重複搜尋到相同的點，增加系統搜尋的時間。</p>

2.3 斐氏理論

斐氏圖(Petri Nets)的概念最初是由 C. A. Petri 所提出的，亦即基本斐氏圖。基本的斐氏圖(Petri Nets)主要由四個基本元件 - 標點(tokens)、暫態(places)、轉移(transitions)、路徑(arcs)所構成，如圖 2.4 所示。

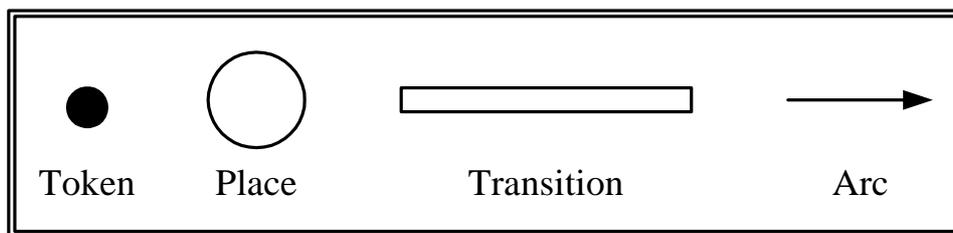


圖 2.4 斐氏圖符號說明

在斐氏圖中的標點(tokens)是以一個小的實心點作為其架構的物件代表。暫態(places)是以一個圓圈作為表示，象徵一個等待物件處理或限制物件的區域。轉移(transitions)則由一個棒狀物來表示之，代表一個程序、事件或物件。路徑(arcs)即是表示物件在系統中流動的方向。

斐氏圖的基本概念就是藉由標點(tokens)根據路徑(arcs)箭頭移動的方向，在一個抽象的網路中移動，使其就猶如在一真實的網路中移

動。且因為每個轉移(transitions)都有輸入和輸出，故在系統的模式中可表示出事件之前的條件及之後的條件。所以，當轉移(transitions)被觸發時，亦即等於系統中狀態的改變以及象徵斐氏圖的動態行為。

斐氏圖在程序管理及專案規劃方面是非常有力的工具，我們不但可以輕易地利用斐氏圖在建模結構上所具有的高度彈性的設計法則來為複雜的排程活動及系統結構建構模型。以下我們先就斐氏圖的基本定義進行介紹。

2.3.1 基本斐氏圖

斐氏圖結構(Petri Net Structure)是由一個 place 的集合 P ，一個 transition 的集合 T ，輸入函數 I 及輸出函數 O 等四部分所構成，通常用 $C = (P, T, I, O)$ 表示。

輸入函數(input function)跟輸出函數(Output function)是用以製造 place 跟 transition 之間的關係。輸入函數是從集合 T 映至集合 P 的函數，亦即對 T 中的每一個元件(transition)都能指定一個 P^∞ 的子集合與其對應。此時 $I(t_j)$ 稱為 transition t_j 的 inputs。輸出函數也是從集合 T 映至集合 P 的函數，亦即對 T 中的每一個 transition 都能指定一個 P^∞ 的子集合與其對應。此時 $O(t_j)$ 稱為 transition t_j 的 outputs(P^∞ 定義請參照「袋子論」(bag theorem))。

基本定義：

基本斐氏圖結構可被定義成四部分組成的結構 $C = (P, T, I, O)$ ，

Where

$P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_m\}$ 代表有限的暫態 (places) 且 $m \geq 0$ ；

$T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$ 代表有限的轉移 (transitions) 且 $n \geq 0$ ；

$I: T \rightarrow P^\infty$ 代表輸入的函數，是指路徑移動的方向由暫態至轉移；

$O: T \rightarrow P^\infty$ 代表輸出的函數，是指路徑移動的方向由轉移至暫態；

舉個例子來說，令 $C = (P, T, I, O)$ ，Where

$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}$ ； $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ and

$I(t_1) = \{p_1, p_2\}$ $O(t_1) = \{p_2, p_3, p_5\}$

$I(t_2) = \{p_2, p_3, p_5\}$ $O(t_2) = \{p_5\}$

$$I(t_3) = \{p_3, p_3, p_1\} \quad O(t_3) = \{p_1, p_2, p_4\}$$

$$I(t_4) = \{p_2, p_4, p_4\} \quad O(t_4) = \{p_1, p_5, p_5, p_3\}$$

以上的這個例子，我們可以解讀成：

- (1). 有一個斐氏圖結構 $C = (P, T, I, O)$ ，其中
- (2). P 是一個 place 的集合，包含了 p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 等五個元素。
- (3). T 是一個 transition 的集合，包含了 t_1, t_2, t_3, t_4 。
- (4). I 是一個輸入函數，說明了每一個 p_i 跟 t_j 的關係，其中 $I(t_1) = \{p_1, p_2\}$ 表示 p_1 及 p_2 是 t_1 的輸入，也是就說當我們把此結構轉成斐氏圖圖形時，會有箭號(arc)分別由 p_1 及 p_2 指向 t_1 。
- (5). O 是一個輸出函數，說明了每一個 p_i 跟 t_j 的關係，其中 $O(t_1) = \{p_2, p_3, p_5\}$ 表示 p_2, p_3, p_5 都是 t_1 的輸出，也是就說當我們把此結構轉成斐氏圖圖形時，會有箭號(arc)分別由 t_1 指向 p_2, p_3, p_5 。

以上是最基本的斐氏圖結構，一般而言，在進行動態模擬時會再加上標記(token)符號，而斐氏圖可到達樹(Reachability Tree)的推導及動態結構的掌握都是由 token 的改變來帶動的。

2.3.2 斐氏圖分析方式

可達樹(Reachability Tree)或矩陣方程式(Matrix-Equations Method)是檢視斐氏圖行為特性的兩個主要方法。當判斷斐氏圖是否為鎖死、活性...等行為時，如果系統不是太過於複雜，可達樹是可以詳細的表示出斐氏圖的所有狀態。矩陣方程式則以可以產生暫態 (places) 或轉移的不變式 (invariant)，討論以下斐氏圖的行為特性。

(1)邊界性(Boundedness):系統的資源或是 token 數具有一定的界限。

(2)存活性(Liveness):系統不會運行到一半就中止，亦即不會出現死鎖狀態。

(3)復返性(Reversibility):系統若運行到一半當機的話，它會自動回覆起始狀態。

如果我們知道這個系統具有邊界性，就可以知道這個系統的資源，或是 token 數具有一定的界限。若系統具有存活性，可得知系統

不會運行到一半就中止，若分析得知有復返性可了解若系統運行到一半當機的話，它會自動回覆到初始的狀態。

2.3.3 時間斐氏圖(Timed Petri Nets)

原始的斐氏圖的定義中並沒有包含時間，但是對於模式表現度的以及動態系統的排程問題應用便需要用到這個觀念。時間斐氏圖(Timed Petri Nets)是由 Ramchandani 在 1974 年所提出，就是對於網路中的每一個 transition 都給予一個固定的激發時間。也分別存在著「開始激發」及「結束激發」事件。而「激發」則是在其中進行。所以在時間斐氏圖中，斐氏圖結構便成為 $TPN=(P,T,I,O,D,F)$ 其中 D 用來定義每一個 transition 的工作時間，此外 F 則用來定義激發的頻率。

2.3.4 機率斐氏圖(Stochastic Petri Nets)

Florin 及 Natkin 或 Molloy 在 1982 提出機率斐氏圖(Stochastic Petri Nets)。它主要的概念是將時間斐氏圖轉移的觸發時間改變成隨機的方式，因此它的圖形和時間斐氏圖的圖形相同。

2.3.5 彩色斐氏圖(Colored Petri Nets)

1992 年 Jensen 提出彩色斐氏圖 (Colored Petri Nets) 的概念，彩色斐氏圖主要是為因應專案中資源的多樣性問題而產生，與原始斐氏圖不同的是，在 place 中的 token 會以不同的色彩來區分不同的資源種類。相對的，一個 transition 的激發條件也成了必須滿足在其前置 place 中的各顏色的 token 數(各種類的資源)都必須大於或等於其所定義的最小激發值。此 transition 方可進行激發，且激發後 token 的轉換也會跟其所定義的最小激發值有很大的關係。

彩色斐氏圖可視為是由一般斐氏圖簡化 (或稱摺疊) 而來的。就一個一般斐氏圖來說，如果該斐氏圖結構具有【對稱性】或是【重複性】，我們便可以利用縮減法來進行結構縮減，同時為了不因此而隱藏了該結構的特性，因此便導入彩色標記 (Colored Token) 的觀念來維持結構的完整性。

舉例來說，圖 2.5 左圖便是一個一般斐氏圖，由圖形我們可以知道左右兩邊都是一樣的流程（經過兩個加工程序），只不過加工的零件不同，像這樣對稱性的結構我們便可以將其轉化成為結構較為簡單的【彩色斐氏圖】，如圖 2.5 右圖所示。而此時因為結構的改變，對於如何應用彩色標記來辨別一般結構中的各個重複流程的個別機制，便需要應用對於各個箭號所定義的函數。

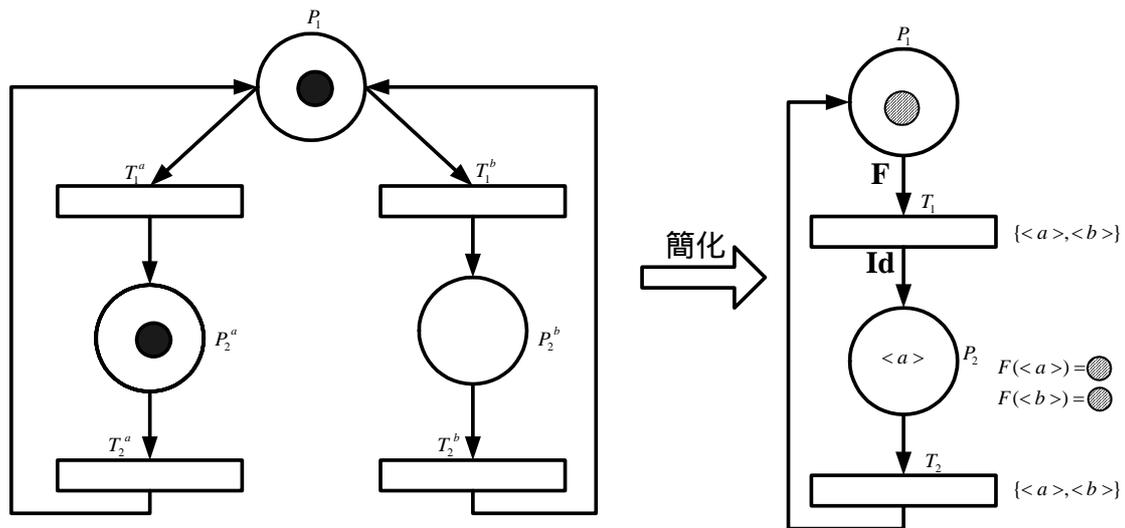


圖 2.5 一般斐氏圖改寫成彩色斐氏圖之程序

在圖 2.5 中，我們可以看得兩個函數，分別為 F 函數跟 Id 函數。其中 F 函數是屬於【前置函數】的一種，另外 Id 函數是屬於【後繼函數】的一種。其中

前置函數：用來定義 P 到 T 的箭號的函數。用以表示要激發該 transition 時該 place 所需要的條件。

後繼函數：用來定義 T 到 P 的箭號的函數。用以表示該 transition 被激發後所輸出到該 place 的標記數。

總而言之，彩色斐氏圖可以視為是對一般斐氏圖進行結構縮減所得，但它卻巧妙地利用彩色標記來維持其結構的完整性。同時也都保留了一般斐氏圖中強大的分析特性。整體來說，若我們要在斐氏圖上要求變化的話，應該先從一般斐氏圖開始進行，包含我們所提出的新方法結合一般斐氏圖後其分析方法、架構方式是否有改變？同時再將我們所提出的新方法或是新模式改寫成彩色斐氏圖的形式以便於以

數學公式表示及套用於實際問題上。

2.3.6 物件導向斐氏圖 (Object-Oriented Petri Nets)

1990 年 Sibertin-Blane 提出物件導向斐氏圖(Object-Oriented Petri Nets)的觀念,後來在 1993 年時 Lee 及 Park 將其概念發展的更完全。物件導向斐氏圖 (Object-Oriented Petri Nets) 的概念來自於物件導向程式 (Object-Oriented Programming) 中物件 (object) 及訊息傳遞的觀點,主要是讓斐氏圖模式具有模組化、易於維護及重複使用等特性。

由於物件導向斐氏圖 (OPN) 源自於物件導向程式 (OOP) 的觀念,因此可以很清楚的把資料隱藏,外部的架構是表示物件間的溝通,而內部的架構代表物件內資料的流通。所以,每個物件都包括內部架構及外部架構,物件除了本身的訊息的溝通之外,物件之間也有訊息的傳遞,且大物件內還可包括小的物件,整體來說整個系統是以物件為主。

由於物件導向斐氏圖可以清楚地定義每個物件的資訊溝通,使得整個複雜的系統可規劃成幾個基本的物件,讓系統更容易架構及可擴充。因此它可以解決在建模製造系統中複雜的及時 (real-time) 管理問題。

2.4 本章小節

從以上的文獻探討中,可以發現遺傳演算法已被廣泛的運用在求解最佳化的問題上,本研究將以此種搜尋法做為搜尋的機制。在本研究中將提出一考量策略性因素與現場績效因素的多目標訂單指派與排程的方法。此外,一般關於多廠間的訂單指派文獻中大都將訂單指派與排程分開探討,本研究的系統中將訂單指派和生產排程問題一同納入考量,系統架構的詳細機制設計,將在第三章中加以說明。

第三章 系統架構設計

在多廠間的訂單指派中，大都依據廠與廠間相關產能、製程技術、生產品質等因素做訂單指派動作，甚少將廠內的生產計畫與在排程規劃時的製距、交期及機器使用率等廠內績效衡量的指標一併納入考量，因此在指派過程中易出現產能不平衡的狀態，為解決此一問題及提升多廠間的整體性生產優勢。本研究提出整合訂單指派與生產排程兩階段評估方式，其系統架構如圖 3.1 所示。

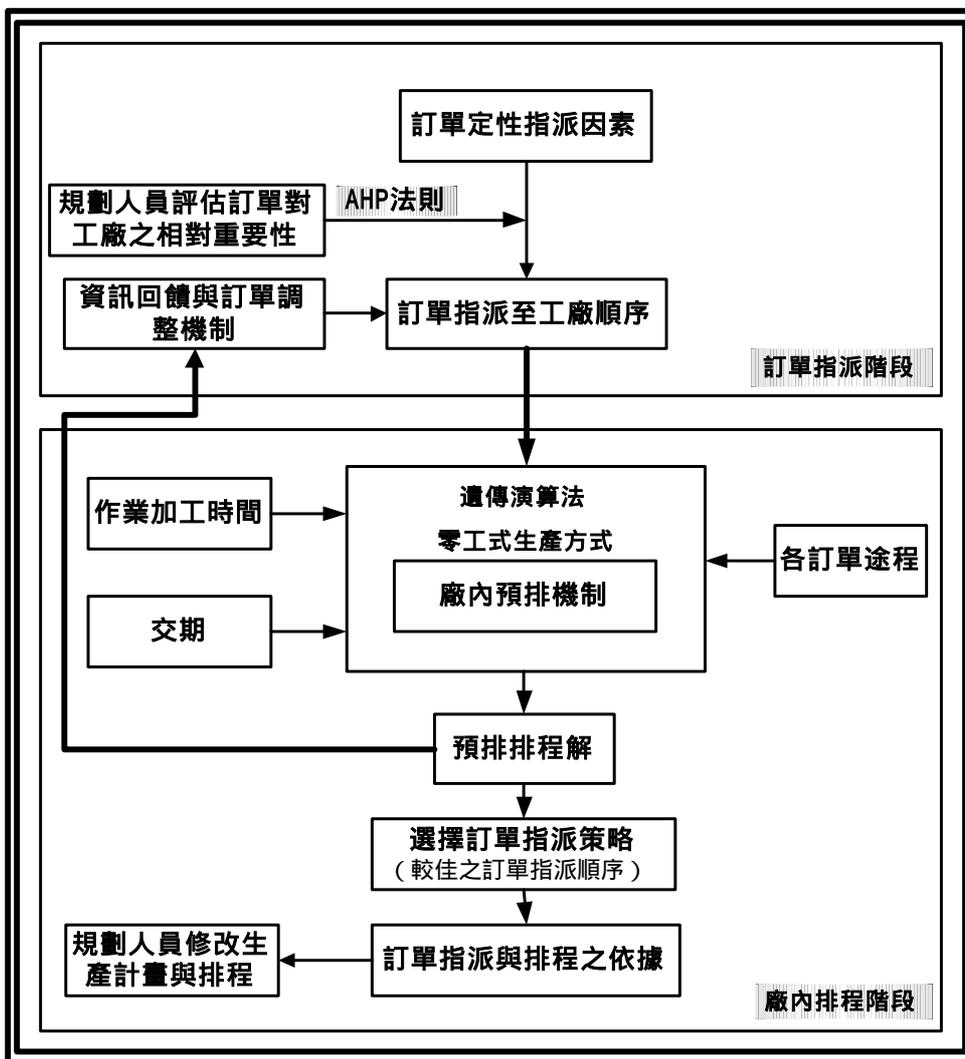


圖 3.1 兩階段訂單指派與排程系統架構

在結合多廠的訂單指派與排程規劃兩階段的規劃當中，將依循以下步驟進行系統設計及運算機制之建構。將之分述如下：

3.1 建構多廠規劃下系統斐氏圖

斐氏圖是 1962 年由 Carl Adma Petri 所發明的，當時是用來並建立電腦系統通訊協定(Computer system Communication Protocol)等問題，近年來已經被應用於各個工程領域中。因為斐氏圖可以表現出系統中動態的行為，並且具有圖形化介面的優點，故本研究希以斐氏圖的概念來建構出在多廠規劃下多廠間的相關運作模式，以下我們將分步驟說明模式建構的方式。

3.1.1 建構總廠運作模式

在多廠規劃的環境中，總廠為主要的決策中心，包括幾項重要活動與狀態，活動分別為接收外部顧客訂單、訂單展開機制、訂單及製造廠評估機制。狀態包括產品訂單、需求訂單及指派訂單暫存區等，其架構如圖 3.2。

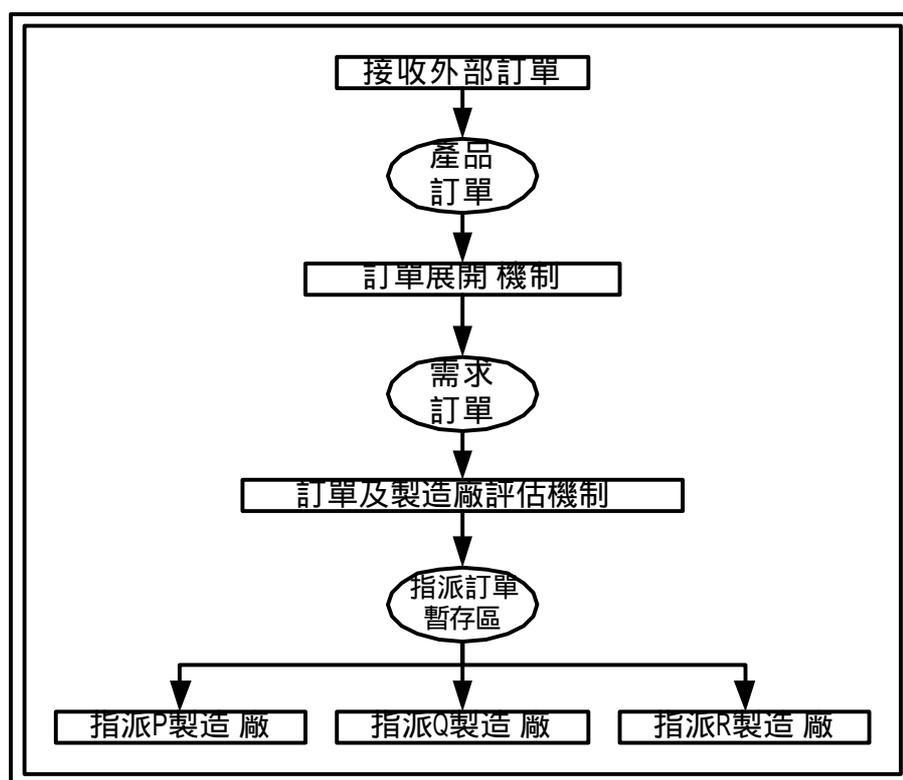


圖 3.2 總廠資訊流程架構

3.1.2 建構其他製造廠運作模式

對於在多廠規劃下其他區域的製造廠，將其定義為具有接收總廠訂單、規劃廠內生產排程及製造作業等機制。並設有輸入窗口及輸出窗口以接收輸出相關訂單資訊。其中輸入窗口：接收總廠的訂單資訊。輸出窗口：包含製造完成及產能負荷已滿兩個窗口。因此一個多廠區規劃底下的製造廠結構可由圖 3.3 所示。

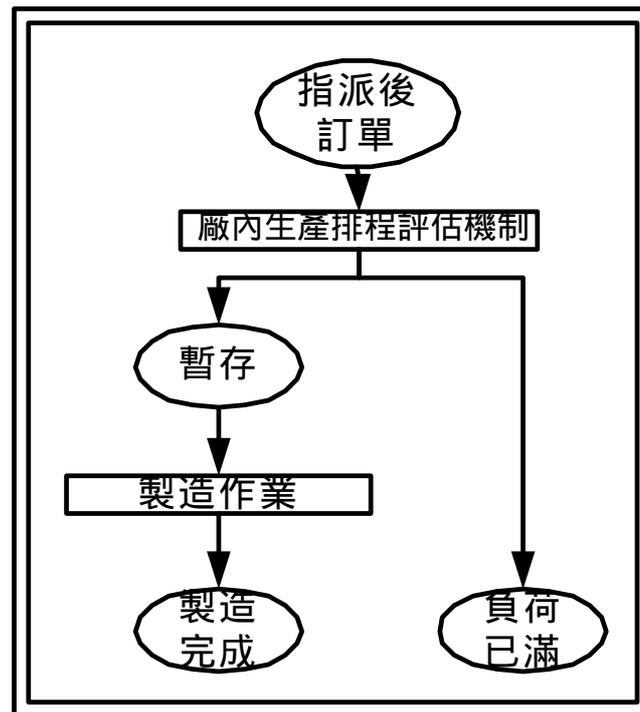


圖 3.3 製造廠資訊流程圖

3.1.3 建構整體系統運作模式

前面兩個階段已經簡述其總廠及製造廠的資訊流程架構，接下來依據總廠及製造廠的實體網路建立整體的系統資訊運作模式。如圖 3.4，其中的相關評估工作的運算邏輯將在下階段敘述予以介紹。

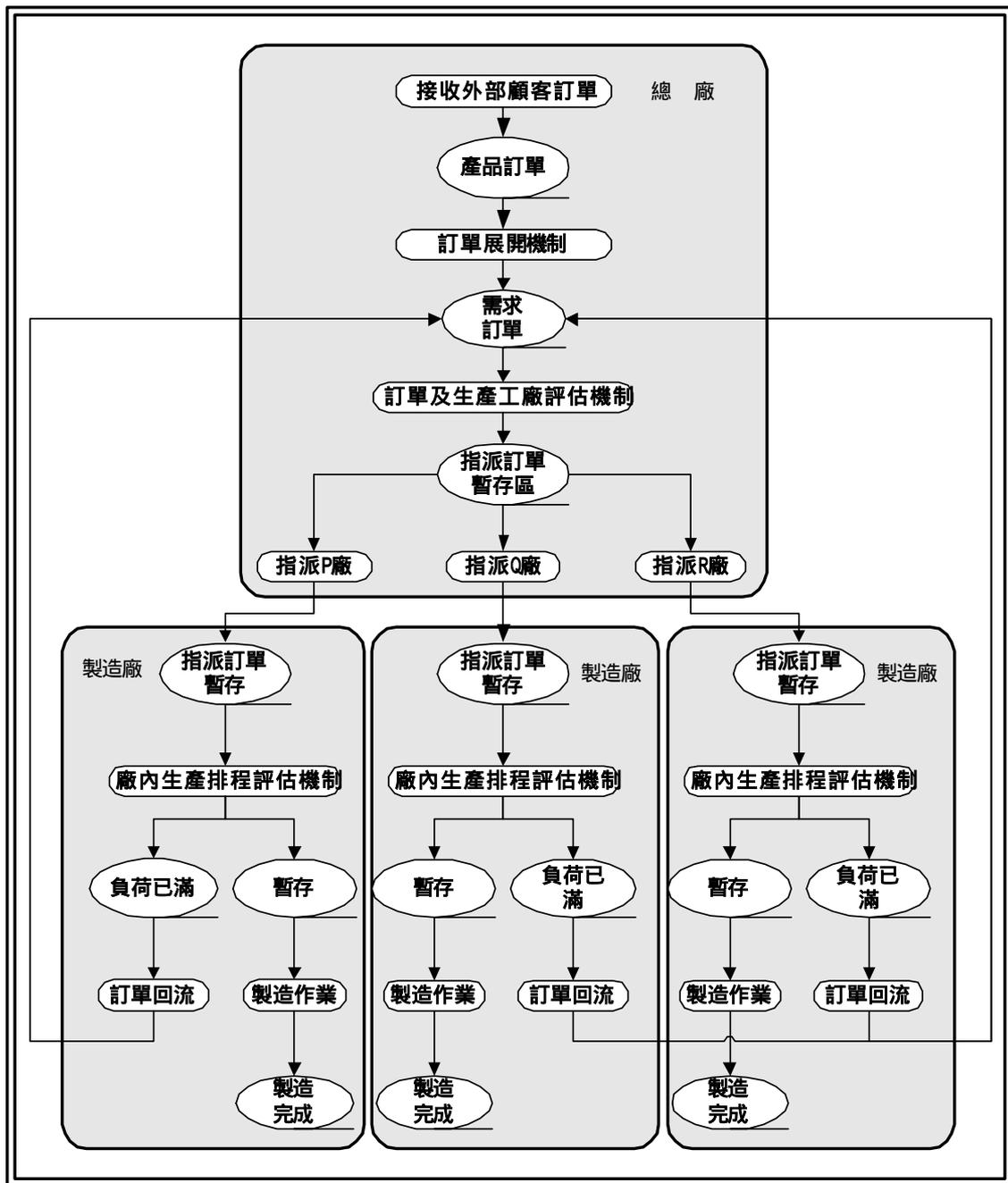


圖 3.4 整體系統運作流程圖

3.2 總廠運作模式

3.1 節主要在介紹如何架構一個靜態的多廠斐氏圖系統架構，當我們建構好一個多廠的斐氏圖系統架構後，便要開始針對這個架構進行動態行為的分析。對斐氏圖而言，要進行動態行為分析就一定須加入標記(Token)，以便形成標記斐氏圖，藉由分析及掌握標記(Token)的激發(fire)來記錄及追蹤系統的狀態。

3.2.1 訂單接收及展開機制

在本研究中，我們便利用訂單接收及展開機制，在一排程週期中，將總廠中所接收的訂單放入訂單槽內，再利用訂單展開機制將訂單轉換為系統所需要的訂單標記，而每一張訂單即為一種標記(包含訂單的各項資訊)。因為同時會有不同的訂單需進行指派作業，所以在此我們導入彩色斐氏圖中「彩色標記」的觀念，因此我們所建立的資訊結構圖便成為「物件導向彩色標記斐氏圖」，而轉換方式如下：

1. 將各產品訂單依其訂單資訊去擷取訂單資料庫中各廠對於該訂單的生產資訊，包含該訂單在各廠的加工途程及所需的加工時間。
2. 再結合該產品訂單交期形成以訂單為單位的標記，以交期為 100 時間單位的產品訂單 A 所需訂單標記來說，可寫成 A100-AR-AT，其中 A 為訂單種類，100 為該訂單需求交期，AR 為透過訂單資料庫所擷取的各廠對於該訂單加工途程，AT 為各廠對於該訂單各加工作業的加工時間。

在將訂單資料轉換成系統所需的標記後，接下來將進入訂單及製造廠的評估機制當中，以決定哪張訂單該指派至那個製造廠中，以利下一步各廠的生產預排機制。

3.2.2 訂單相對於各製造廠優勢評估機制

在總公司接收外部訂單之後，因有多家製造廠可供選擇，在每家製造廠產能不同、製程品質不同、成本不同的情況下，如何選擇一家適合該訂單的製造廠來生產，是一相當重要的問題。而要評估一批訂單適合哪一家製造廠製造要考量的因素相當多，這些因素又可分為定量因素與定性因素。一般在考慮定量的因素有：交期、產品品質、製造成本、產能，等等。定性因素有：公司策略因素、顧客的交易歷史資料、或是廠間關係密切度 等等，如表 3.1 所示。

表 3.1 定性與定量因素

定性因素	定量因素
該訂單的顧客	製距時間
該訂單顧客的潛在訂單	交期滿足
該訂單顧客歷史交易	現場機台使用率/負荷
訂單的利潤	訂單延遲數目
產品市場考量	延遲時間
	等待時間

如以產品市場因素而言，假如該張訂單產品在其市場中的定位將是主要關鍵，若該產品的市場競爭者眾多，則產品完工的時效性將顯的十分重要，因為其能使產品有更好的競爭優勢。換句話說，此訂單在市場因素之下應該擁有較優先的生產順序，但是此因素並不能直接加以量化。

因此本研究試圖將定性與定量兩種因素納入訂單指派規劃當中。研究中的定性因素包括不須被明確量化的因素，例如製造廠以往的生產狀況及交期的滿意程度。我們希望規劃人員在評估訂單指派的優先順序時，根據這些因素資料做主觀性的比較判斷。關於如何設定各因素權重值的方法有很多，本研究中將利用階層式分析程序法來訂定權重值。AHP 法是由 Saaty[34][40]所提出，是用來評估方案或是因素間相對權重，其原理是採用配對比較法(pairwise comparison approach)來對因素間的相對權重之設定，將評估因素的重要性以配對的方式兩兩比較，並給予比較之分數，再加以計算各因素的權重值。

AHP 法最大的優點是在於當人們面臨多個評估因素情形下，提供決策者一客觀的方法來決定各因素的權重。同時，AHP 也可以應用於多個方案的選擇評估。AHP 法中的評估尺度如表 3.2 所示。

表 3.2 評估尺度如表

評估尺度	定義
1	同等重要
3	稍重要
5	重要
7	極重要
9	絕對重要
2、4、6、8	相鄰尺度的中間值
以上數值之倒數	如上定義之相對不重要程度

本研究中採用 AHP 法的詳細運算方式如下：

步驟一：計算單一訂單下各定性因素的相對權重。

步驟二：計算單一因素下各製造廠因素的相對權重。

步驟三：求出此訂單在考慮各因素下各製造廠間的相對競爭優勢。

步驟四：計算各訂單在此訂單分配槽下的相對權重值，可能考量因素包括數量、訂單利潤等。

步驟五：利用步驟四所得的值修正步驟三中所求得優勢值，求得在同一基準點下各訂單間的優勢比較值。

步驟六：以相對優勢為評估函數來決定訂單指派的製造廠。

以下以 20 張訂單，三間製造廠為例說明本機制之運算過程，所考慮的定性因素分別為該訂單顧客歷史交易 (F1)、該訂單的顧客 (F2)、產品市場考量 (F3) 及訂單顧客的潛在訂單 (F4) 等四項因素。首先考慮訂單 1 的各項定性因素的相對權重，可列出一矩陣如表 3.3 所示。

表 3.3 訂單 1 中各因素權重值

因素	F1	F2	F3	F4	特徵值 $\lambda=4.4712$	評估值
F1	1	3	2	3	0.7877	0.4441
F2	1/3	1	2	1/4	0.2418	0.1363
F3	1/2	1/2	1	1/2	0.2233	0.1259
F4	1/2	4	2	1	0.5208	0.2937

接著考慮單一因素情況下各製造廠間的評估值，考量 F1 此因素中 P、Q、R 三間製造廠的相關權重值。如表 3.4 所示。

表 3.4 單一因素(F1)下各廠商的相對權重

F1	P 廠	Q 廠	R 廠	特徵值 $\lambda=3$	評估值
P 廠	1	4	2	0.8729	0.5714
Q 廠	1/4	1	1/2	0.2182	0.1429
R 廠	1/2	2	1	0.4364	0.2857

之後便依序考量 F2、F3、F4 等因素下 P、Q、R 三廠的相對權重。下一步驟便是去計算在考量了四個因素後，針對訂單 1 來說 P、Q、R 三廠的相對競爭優勢。其計算方式如表 3.5 所示：

表 3.5 訂單 1 在考慮各因素下各廠商之間的競爭優勢

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4441	0.1363	0.1259	0.2937	
P 廠	0.5714	0.4000	0.5472	0.6662	0.5728
Q 廠	0.1429	0.4000	0.2631	0.2339	0.2198
R 廠	0.2857	0.2000	0.1897	0.0999	0.2074

之後再逐步計算出其餘訂單在 P、Q、R 三廠間的相對權重。

下一步驟是計算所有訂單間的相對重要性。在此我們暫時只考量利潤因素，若有其他因素(如數量)，則須另用 AHP 法則進行客觀的整合比較，求得其相對關係。其結果如表 3.6 所示。

表 3.6 訂單利潤下各訂單之權重

	Order1	Order2	Order3	Order4	Order5	Order6	Order7	Order8	Order9	Order10	Order11	Order12	Order13	Order14	Order15	Order16	Order17	Order18	Order19	Order20
Order1	1	4	3	2	5	3	4	1/2	2	5	1/2	2	1/3	1/4	2	3	1/3	3	1/2	4
Order2	1/4	1	1/2	1/3	3	1/2	2	1/5	1/3	2	3	1	3	5	1	5	2	1/3	4	3
Order3	1/3	2	1	1/3	4	1/2	3	1/4	1/2	3	4	3	2	4	1/2	4	2	1/5	2	5
Order4	1/2	3	3	1	5	2	4	1/2	2	4	6	4	5	5	2	4	3	1/4	4	5
Order5	1/5	1/3	1/4	1/5	1	1/4	1/2	1/7	1/4	1/2	2	1	5	5	1	3	1	3	4	3
Order6	1/3	2	2	1/2	4	1	3	1/4	1/2	4	1/4	1/2	2	1/2	1/4	2	5	5	1	2
Order7	1/4	1/2	1/3	1/4	2	1/3	1	1/5	1/4	2	2	3	2	1/2	1/5	1/2	1/3	4	1/3	5
Order8	2	5	4	2	7	4	5	1	3	5	1/2	1/2	5	3	1/3	2	1/4	2	2	2
Order9	1/2	3	2	1/2	4	2	4	1/3	1	4	4	1/3	1	1/2	4	1	4	1/2	1/2	4
Order10	1/5	1/2	1/3	1/4	2	1/4	2	1/5	1/4	1	3	5	1/3	4	2	2	4	1/4	3	1
Order11	2	1/3	1/4	1/6	1/2	4	1/2	2	1/4	1/3	1	6	1/7	1	5	3	1/3	6	2	2
Order12	1/2	1	1/3	1/4	1	2	1/3	2	3	1/5	1/6	1	8	3	1/2	4	2	1/6	3	1/3
Order13	3	1/3	1/2	1/5	1/5	1/2	1/2	1/5	1	3	7	1/8	1	1/2	2	6	1	2	1/2	1/2
Order14	4	1/5	1/4	1/5	1/5	2	2	1/3	2	1/4	1	1/3	2	1	3	1/5	1/5	1	3	2
Order15	1/2	1	2	1/2	1	4	5	3	1/4	1/2	1/5	2	1/2	1/3	1	1/3	8	4	2	1/4
Order16	1/3	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	2	1/2	1	1/2	1/3	1/4	1/6	5	3	1	3	1/4	1/3	5
Order17	3	1/2	1/2	1/3	1	1/5	3	4	1/4	1/4	3	1/2	1	5	1/8	1/3	1	5	1/4	4
Order18	1/3	3	5	4	1/3	1/5	1/4	1/2	2	4	1/6	6	1/2	1	1/4	4	1/5	1	1/2	1/3
Order19	2	1/4	1/2	1/4	1/4	1	3	1/2	2	1/3	1/2	1/3	2	1/3	1/2	3	4	2	1	4
Order20	1/4	1/3	1/5	1/5	1/3	1/2	1/5	1/2	1/4	1	1/2	3	2	1/2	4	1/5	1/4	3	1/4	1

之後便要利用表 3.6 中所求得的權重值來修正表 3.5 中所求得的
 訂單 1 於三間製造廠間的優勢比較值。假設已經先求得其餘 19 張訂
 單(訂單 1 於表 3.5 中得到)於各廠間的優勢分別如表 3.7 所示。

表 3.7 其餘訂單於各廠間之優勢值

訂單	P 廠權重	Q 廠權重	R 廠權重
2	0.2997	0.4092	0.2911
3	0.4469	0.3998	0.1533
4	0.2083	0.3089	0.4831
5	0.2651	0.4919	0.2431
6	0.2841	0.3558	0.3601
7	0.2424	0.3376	0.4199
8	0.3442	0.4598	0.1960
9	0.2525	0.4934	0.2541
10	0.4469	0.3998	0.1533
11	0.4902	0.3798	0.1299
12	0.4639	0.2716	0.2645
13	0.2710	0.2860	0.4430
14	0.2122	0.5373	0.2505
15	0.2710	0.2860	0.4430
16	0.2525	0.4934	0.2541
17	0.4889	0.2971	0.2140
18	0.2483	0.4672	0.2844
19	0.5728	0.2198	0.2074
20	0.2424	0.3376	0.4199

修正方法即是將之前由 AHP 法所求得的相對優勢值，乘以其對
 應的訂單修正值，便可以得到修正後的優勢值。如下表 3.8 所示。

表 3.8 修正相對優勢值

訂單	P 廠權重	Q 廠權重	R 廠權重	修正值	修正後 P 廠權重	修正後 Q 廠權重	修正後 R 廠權重
1	0.5782	0.2198	0.2074	0.0646	0.0370	0.0142	0.0134
2	0.2997	0.4092	0.2911	0.0478	0.0143	0.0196	0.0139
3	0.4469	0.3998	0.1533	0.0537	0.0240	0.0215	0.0082
4	0.2083	0.3089	0.4831	0.0864	0.0180	0.0267	0.0417
5	0.2651	0.4919	0.2431	0.0411	0.0109	0.0202	0.0100
6	0.2841	0.3558	0.3601	0.0501	0.0142	0.0178	0.0181
7	0.2424	0.3376	0.4199	0.0336	0.0081	0.0113	0.0141
8	0.3442	0.4598	0.1960	0.0797	0.0274	0.0366	0.0156
9	0.2525	0.4934	0.2541	0.0581	0.0147	0.0287	0.0148
10	0.4469	0.3998	0.1533	0.0432	0.0193	0.0173	0.0066
11	0.4902	0.3798	0.1299	0.0557	0.0273	0.0212	0.0072
12	0.4639	0.2716	0.2645	0.0468	0.0217	0.0127	0.0124
13	0.2710	0.2860	0.4430	0.0446	0.0121	0.0128	0.0198
14	0.2122	0.5373	0.2505	0.0378	0.0080	0.0203	0.0095
15	0.2710	0.2860	0.4430	0.0557	0.0151	0.0159	0.0247
16	0.2525	0.4934	0.2541	0.0317	0.0080	0.0156	0.0080
17	0.4889	0.2971	0.2140	0.0504	0.0246	0.0150	0.0108
18	0.2483	0.4672	0.2844	0.0527	0.0131	0.0246	0.0150
19	0.5728	0.2198	0.2074	0.0382	0.0219	0.0084	0.0079
20	0.2424	0.3376	0.4199	0.0281	0.0068	0.0095	0.0118

最後便要依據表 3.8 中所得到的訂單優勢值來決定每一零件所應指派之工廠的順序。上面所述即為進行訂單評估所要進行的步驟。依此方法我們便可決定訂單及其相對應之製造廠的指派順序進而啟動整個多廠訂單指派的系統。

3.3 製造廠運作模式

3.3.1 廠內模擬生產排程評估機制

在經由總廠的訂單分派之後，每一家製造廠都收到來至總廠的訂

單。在這一階段，製造廠依據本身的生產線與所接到的訂單整合後，經由廠內的生產預排機制，可得知此訂單是否可排的下以及所需耗用的生產資源。以得到此訂單的交期時間是否能滿足該顧客之要求。

在本研究中假設生產方式為零工式(Job Shop)生產系統，如圖 3.5 所示：

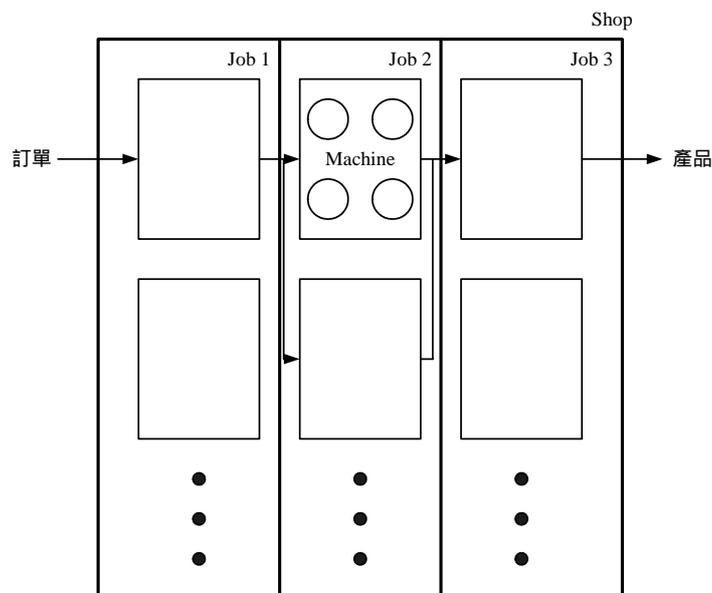


圖 3.5 零工式生產系統示意圖

零工式生產系統的特色是由一群具有相同功能的機器設備組成工作中心(work center)或部門(department)，訂單在不同工作中心或不同部門間流動，且在各工作中心或部門內進行不同的加工程序(operation)。每項工作的製造程序具體指定於這些機器設備上，也就是製造系統的途程(routing)安排，在本研究中對於每項工作而言每一途程皆定義為唯一的，且製造這些產品的時間假設為固定且明確的，最後每項工作的生產途程假設為已知。而這些產品的製造方式常是以接單生產(make-to-order)的方式進行，以反映產品在市場上的快速變化並具生產彈性。

在本研究中所用的排程演算法是以集中產能的概念，以減小機台閒置時間與縮短訂單作業完成時間為主要目的所發展出來的排程演算法。在廠內生產線上已有其他訂單排入的情況下，尚需考慮機台本身所佔掉的產能時間為其限制之一，其排程演算流程如下：

☞ **限制：**

- 1.每部機器同一時間內最多只能處理一項加工作業。
- 2.每項作業在被服務時不能被中斷。
- 3.在加工機器上，某些時段已有加工作業在其上加工中。

☞ **排程演算法：**

步驟一：如果欲排之作業是其訂單加工途程中的第一個作業，則執行步驟二，否則執行步驟六。

步驟二：若執行此作業之加工機器目前無安排其它作業，則直接將此作業排入。否則執行步驟三。

步驟三：尋找加工機器中的最早空閒時間區段。

步驟四：依據加工機器之空閒狀態與此作業的開始時間，計算此作業的結束時間。

步驟五：判斷作業之結束時間與加工機器之下一作業之開始時間，兩者在時間上是否有衝突，若有，則繼續尋找機器下一空閒時間區段，執行步驟四。若無衝突產生，則此作業完成排程。

步驟六：若執行此作業之加工機器目前無安排其它作業，則依據途程中的前一作業的結束時間作為該作業的開始時間。計算此作業的結束時間完成此作業之排程。否則執行步驟七。

步驟七：以途程中的前一作業的結束時間為起點，尋找加工機器中的最早空閒時間區段。

步驟八：判斷加工機器之空閒時間狀態以及途程前一作業之完成時間，計算此作業的開始時間與作業的結束時間。

步驟九：判斷作業的結束時間與加工機器中下一作業之開始時間是否有衝突。若有，則繼續尋找機器下一空閒時間區段，執行步驟八。若無衝突產生，則此作業完成排程。

作業排程流程圖如圖 3.6 所示：

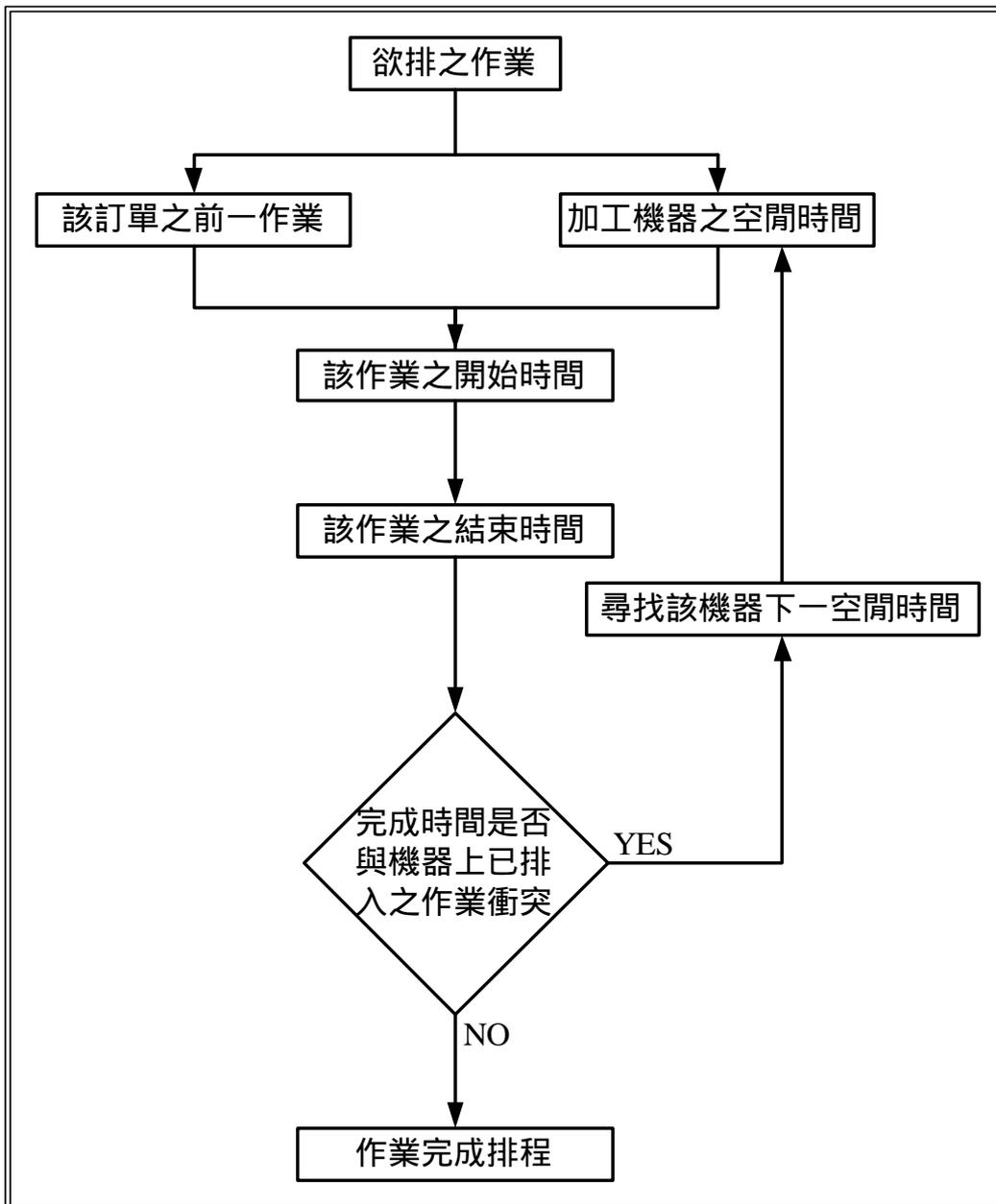


圖 3.6 作業排程流程圖

3.3.2 遺傳演算法

而在進行排程運算時，本研究採用遺傳演算法作為求取排程最佳或近似最佳解的方法。在本節將說明研究中關於遺傳演算法的設計及其運算過程。

(1) 編碼方式

本研究中遺傳演算法個體基因的編碼方式說明如下：

決定個體的基因數目，基因數目等於所有訂單的作業數總和。個

體中每一基因代表一作業的排程的優先順序，而基因的排列是先依照訂單再依照訂單本身的作業順序。也就是說第一個基因為訂單一的第一個作業，第二個基因為訂單一的第二個作業，直至訂單一的最後一個作業；而其下一個基因即為訂單二的第一個作業，依此類推。編碼的示意圖如圖 3.7。

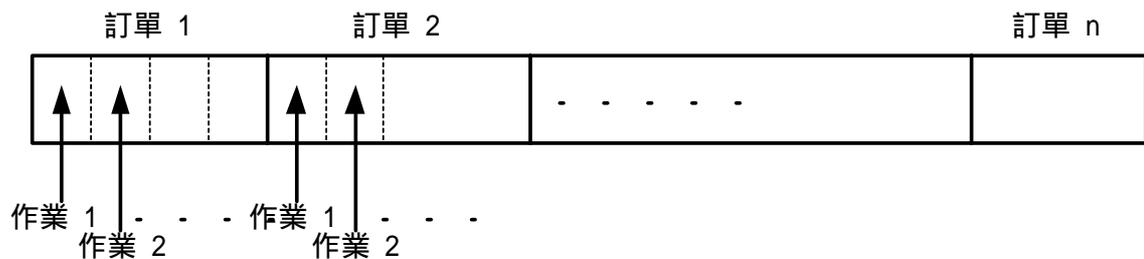


圖 3.7 編碼表示意圖

(2) 初始族群的產生

為了能讓系統在起始搜尋時，對於每一狀態空間(state space)都有同等機會，本研究將採用隨機的方式產生初始族群。假設一共有 $n \times m = N$ 個作業，亦即每一個體有 N 個基因，初始族群產生方式是隨機產生一個 $1 \sim N$ 不重複的數字串列個體的起始基因，如圖 3.8。

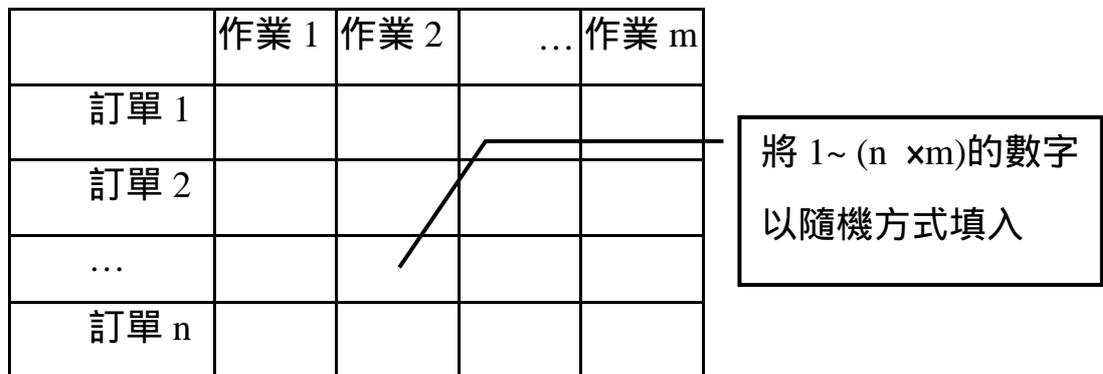


圖 3.8 初始族群示意圖

但是，以這種方式產生初始族群會有不理解的現象發生，例如，訂單 1 有 5 個作業，而其基因分別為 $[5, 6, 9, 13, 12]$ ，我們發現訂單 1 中的作業 4 因為加工途程的限制必須在作業 5 之後方可開始加工，但作業 5 的基因優先於作業 4，此個體為一不理解，關於這一點，我們將藉由一啟發式修正的方式將其合理化。修正方式是將不

合理的兩個基因做交換。在上例中，我們將 13 與 12 互換之後的個體即為一合理解。

(3)適應性函數之設計

本研究針對廠內預排所設計的適應性函數是考慮 3.2.2 節所提之定量因素亦即製造現場中的績效衡量指標，以多目標的方式設計適應函數，包含製距、機台使用率與交期滿足率三項指標。

1 製距績效評估：

在本研究中，製距的評估方式為第一張訂單之起始作業到最後一張訂單的最後一個作業結束所需的時間。而每一個體的排程結果所得的製距需將其正規化，其正規化公式如下式：

$$\frac{\min MS}{MS_i}$$

其中，

$\min MS$ ：搜尋過程中到目前為止最小的製距。

MS_i ：個體解 i 的製距評估值。

隨著搜尋演算的進行，當找到一個體解的製距比 $\min MS$ 小，則 $\min MS$ 將被更新取代，以這種方式來正規化製距評估值有可能會造成同一個體在不同族帶中適應函數值不相同的現象。舉例說明，在第 n 代中， $\min MS$ 等於 90 且個體的製距為 110，個體 i 製距評估值正規化後為 $90/110 = 0.82$ ，而如果在第 $(n+1)$ 中代，搜尋到一新個體的製距等於 85，若個體 i 有被保留至 $(n+1)$ 代的族群中，則個體 i 在第 $(n+1)$ 代中的正規化製距評估值等於 $85/110 = 0.77$ ，造成其適應函數值降低的現象。

雖然在演化的過程中，會發生同一個體在不同族代中有不同的適應函數值。但是以相對的角度而言，在同一族代中的個體適應函數值並不會影響育種選擇的機制，適者生存的精神同樣保留下來，對於遺傳演算法中的搜尋並不會造成明顯的影響。

2 交期滿足度績效評估：

在時間績效方面，本研究採用交期滿足度以代表在該次排程中的交期因素的評估準則。其個體解的評估方式為在該次排程結果中，每

張訂單完成時間利用三角歸屬函數(如圖 3.9)求算出交期滿足度,再將該次排程所有訂單的交期滿足度取其平均值以作為該次排程的交期評估值。在排程的規劃當中,若訂單完成時間過早將導致成品庫存成本的增加,對製造廠而言,並非是最好的排程結果。另一方面,為了將交期評估指標正規化,故本研究利用模糊概念中的三角歸屬函數,其值介於[0, 1]之間,作為評估交期滿足的方法,其公式如下所示:

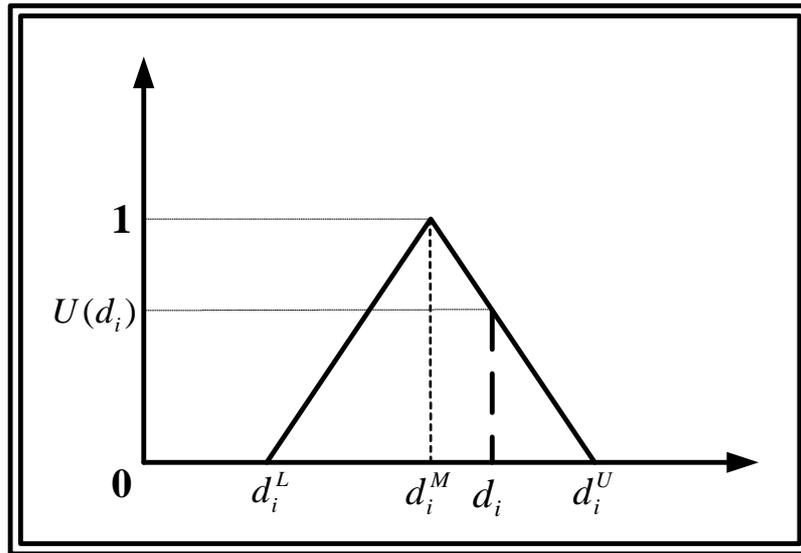


圖 3.9 三角歸屬函數

$$U(d_{ij}) = 0 \quad , \quad d_{ij} \leq d_j^L$$

$$U(d_{ij}) = \frac{d_{ij} - d_j^L}{d_j^M - d_j^L} \quad , \quad d_j^L \leq d_{ij} \leq d_j^M$$

$$U(d_{ij}) = \frac{d_j^U - d_{ij}}{d_j^U - d_j^M} \quad , \quad d_j^M \leq d_{ij} \leq d_j^U$$

$$U(d_{ij}) = 0 \quad , \quad d_j^U \leq d_{ij}$$

$$D_i = \frac{\sum_{j=1}^n U(d_{ij})}{n}$$

其中,

n : 為該次排程之訂單數目。

$U(d_{ij})$: 個體解 i 的第 j 張訂單之交期滿足度。

d_{ij} : 個體解 i 的第 j 張訂單之完成時間。

d_j^L : 訂單 j 之交期下限。

d_j^M : 訂單 j 之限定交期。

d_j^U : 訂單 j 之交期上限。

D_i : 個體解 i 之交期評估值。

3 平均機台使用率績效評估

除了製距、交期的績效評估外，機台使用率也是常見績效衡量的指標。關於機台使用率的計算方式是加總機台上每項作業的加工時間，再除以機台最後一項作業的完成時間，得到該機台之使用率，最後再計算平均機台使用率 (M_i)。

故整體定量適應函數值計算方式如下：

$$f(i) = W_1 \left(\frac{\min MS}{MS_i} \right) + W_2(D_i) + W_3(M_i)$$

其中，

$f(i)$: 個體解 i 的適應函數值。

W_1 : 個體解製距的權重值。

W_2 : 個體解交期的權重值。

W_3 : 個體解機台使用率的權重值。

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1。$$

(4) 交配與突變運算子

本研究中不著重於交配與突變運算子的設計，在遺傳演算法進行過程裡關於這兩個運算子將採用一般排序問題所用的運算子。在第四章中將以 Linear Order Crossover(LOX)搭配 Order-based Mutation (OM) 進行系統的實證。

(5) 育種選擇

在遺傳演算法中，選取個體來產生下一子代，通常是藉由輪盤法來(roulette wheel)進行此一機制。而關於輪盤法中每個槽(slot)大小的設計方式一般常用的是直接以個體的適應函數值來設計，如下所示：

$$P(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_i f(x_i)}$$

其中，

$P(x_i)$: 個體 x_i 被選中的機率。

$f(x_i)$ ：個體 x_i 的適應函數值。

但是，以這種方式來執行選擇機制，隨著族群演化，族群中個體的適應函數值逐漸提高，而且彼此之間的差距愈趨減小，如此一來，將會造成最佳解與最差解被選中的機率接近 1：1，使得整個演算過程中族群的適應函數值的發生停滯階段。

基於上述，本研究中在育種選擇機制上採用另一種方式，以排序法(Ranking)來設計輪盤法中槽的大小。這種方式是先將族群中的個體依照其適應性函數值由高排至低，並給予排序的次序，每一個體在依其排序來決定其在輪盤中所佔槽之大小，公式如下所示。

$$P(x_i) = \frac{R(x_i)}{\sum_i R(x_i)}$$

其中，

$P(x_i)$ ：個體 x_i 被選中的機率。

$R(x_i)$ ：個體 x_i 的排序值。

一般利用遺傳演算法求解多目標問題，在育種選擇的機制中通常會採用保留精華的策略(elite preserve strategy)。所謂精華保留策略是指在產生下一族群時，除了保留適應函數值較高者（總體目標），另外再保留各單一目標評估值較佳的個體解至下一代，藉此讓族群中保留有各種目標的優良個體，再透過交配運算子來產生有更好適應函數值的個體解。基於此一點，本研究中也將採用精華保留策略，讓系統的搜尋過程更有效率。

3.4 資訊回饋與指派調整機制

在 3.3 節中我們提出了一個製造廠在廠內依據所指派到的訂單，利用遺傳演算法求得一較佳的預排排程規劃。因此下一節我們要探討的是因為製造廠的指派結果而產生對系統資訊回饋的現象。首先介紹一些標記對系統所表示的意義及可能會帶動的一些 transition 所產生的活動，關於這些標記在系統模式中的相對位置可參照圖 3.4。

當「負荷已滿」暫態中出現標記時，表示該工廠無法在交期內完成該筆訂單。

當「暫存區」暫態中出現標記時，表訂單已被製造廠所接收。

透過這樣的結構及資訊傳送方式我們便可以將製造廠與外部的物件，如總廠或其他外包工廠相連結，使得資訊的流通及訂單的處理能獲得快速及適當的安排。

而關於此項調整方法並非單純的修正 AHP 所訂出之指派順序，而是因限於製造廠無法達到訂單交期的限制，對於無法順利指派至對生產此訂單最具有優勢之工廠的訂單，會選擇次要工廠進行指派。相對的，該訂單也會失去其原本所具的優勢。當新的指派工廠產生，便會對系統產生即時的修正作業以找出該次指派下的指派優勢值。

在本研究中，我們提出訂單指派修正模式來決定訂單因要求交期內指定製造廠無法滿足時的新指派順序及優勢。而本模式所探討的方向主要著重在如何修正並產生新的指派順序，以下我們將對模式進行詳述。

當系統取得訂單資料後，便會自動連結產品資料庫，並結合客戶的需求，將產品的需求資料轉化成為訂單需求資料（如在各製造廠中，各項產品的製造途程、加工時間等）。同時系統會針對所收集的訂單及製造廠相關資料進行 AHP 的演算，得到第一次指派的順序及製造廠，經由廠內的模擬生產排程機制評估後，有可能有的訂單無法滿足交期的限制，針對這些交期無法滿足的訂單而言，我們需調整這些訂單至其他製造廠，以滿足交期的限制。

表 3.9 未進行資訊修正前之順序決定表

	P 廠	Q 廠	R 廠	指派順序
Order1	0.0370	0.0142	0.0134	PQR
Order2	0.0143	0.0196	0.0139	QPR
Order3	0.0240	0.0215	0.0082	PQR
Order4	0.0180	0.0267	0.0417	RQP
Order5	0.0109	0.0202	0.0100	QPR

以表 3.9 來說，在算出五種訂單在各製造廠間的相關優勢值後，在決定初始排序時，是先取最高的值來決定指派順序，該值越大表示該訂單在該次指派中若無法順利被指派到最具優勢工廠，對整體指派

來說將損失的值也越大。

因此，當我們將每一訂單的最高值找出之後，便依據其值的大小予以排序，便可以得到表 3.9 中最後一欄的指派順序。我們所得到的順序便是作為斐氏圖指派運算輸入資料之一。

系統會先依指派順序將訂單投入對生產此一訂單最具優勢的工廠，當具有第一優先順序的工廠無法滿足訂單交期的限制時，此時系統便需先偵測在各製造廠中有哪些訂單無法滿足交期的要求。假設 P 廠有 m 張、Q 廠 n 張及 R 廠 t 張訂單無法滿足交其限制，其修正方式為在各廠中隨機選擇 i ($i = 1, 2, \dots, \max\{m, n, t\}$) 張訂單修正至具有次高優勢值的製造廠中，完成本次修正作業，進行廠內排程機制，以此循環。詳細修正流程如下所示：

(1)修正訂單的選取

步驟一：在未接收系統傳入訂單修正訊息前，先以每一訂單於其製造廠間之競爭優勢值作為指派至製造廠的比較基準，並以此基準選取每一訂單具有最高優勢值的製造廠做為第一次指派及進行廠內排程評估。

步驟二：各製造廠傳入該次指派中交期無法滿足之訂單群（假設 P 廠 m 張、Q 廠 n 張、R 廠 t 張）。

步驟三：擷取在各廠的訂單群的 i ($i = 1, 2, \dots, \max\{m, n, t\}$) 筆訂單進行修正，則共有 $C_i^m \times C_i^n \times C_i^t$ 組修正方式。

(2)修正作業

步驟四：由步驟三所選出之訂單指派至優勢值次高之製造廠，並合併原來交期滿足的訂單進行下一次廠內排程評估。完成第一次訂單修正。

步驟五：當第一次的修正方式評估完後，尋找各製造廠訂單未滿足交其限制的訂單群，若在第一修正當中，已出現過之訂單，則指派至優勢值第三高的製造廠，其餘之訂單指派至次高之製造廠中，完成第二次修正作業，最多可修正 $N-1$ 次， N 為製造廠數目。

在修正過程中，有可能產生某一製造廠的訂單過多，造成產能不平均的現象，為了解決此一問題，本研究限制在修正過程中，每一製

造廠的訂單數差異最多不超過 3 張為準則。

舉例來說，若 P 廠有 3 張、Q 廠有 2 兩張、R 廠 1 張訂單交期不滿足，若隨機選取一張進行修正。則共有 $3 \times 2 \times 1 = 6$ 組修正方式。若隨機選取兩張，則有 $C_2^3 \times C_2^2 \times 1 = 3$ 組修正方式，以此類推。而 i 值的選擇，視訂單規劃時間時的允許程度，由生產規劃人員評估。

3.5 指派總體優勢值評估機制

指派的總優勢值分為兩部分，一部份為廠內的現場績效評估函數值 (3.3.2 節)，另一部份為由 AHP 法則所產生的指派評估優勢值。其方式為對於該次指派去擷取該訂單對其所指派工廠所佔的優勢值，而該優勢值的資料來源是由 3.2.2 節中我們所介紹如何應用分析層級比較法(AHP)去找出每一筆訂單在每一間製造廠的優勢值對照表，如表 3. 8。其優勢值擷取方式是先去找出每一張訂單所被指派的製造廠，並依此去找出優勢對照表中的優勢值。舉例來說，若由 3.2.2 節中找出訂單 1 至訂單 3 的相對於製造廠 P、Q、R 的優勢對照表如表 3. 10 所示。

表 3. 10 訂單相對於各製造廠之優勢對照表

工廠 \ 訂單	製造廠 P	製造廠 Q	製造廠 R
訂單 1	0.3	0.5	0.2
訂單 2	0.2	0.45	0.35
訂單 3	0.1	0.6	0.3

若該次指派中訂單 1 是指派至 Q 廠，則優勢值為為 0.5，其餘訂單以此類推。在擷取出每張訂單之優勢值後，依序將每一筆訂單所得的優勢值加總，所得便是該次指派的優勢值，其正規化公式如下：

$$ADV_i = \frac{\sum_{j=1}^n adv(O_{ij})}{\sum_{j=1}^n adv(O_{\max_j})}$$

其中，

n ：該次指派之訂單數目。

$adv(O_{ij})$ ：第 i 次指派中第 j 張訂單的優勢值。

ADV_i ：第 i 次指派之優勢值。

$adv(O_{\max_j})$ ：第 j 張訂單的最大優勢值。

故指派總體優勢值評估函數如下：

$$TADV_i = \beta_1 \cdot ADV_i + \beta_2 \left(\sum_{j=1}^k \alpha_j \cdot f_{ij} \right)$$

其中，

$TADV_i$ ：第 i 次指派總體優勢值。

β_1 ：AHP 法指派階段之權重。

β_2 ：廠內排程評估階段之權重。

ADV_i ：第 i 次指派之訂單指派階段優勢值。

α_j ：第 j 廠之權重。

k ：製造廠的數目。

f_{ij} ：第 i 次指派之第 j 廠之排程階段優勢值。

$\beta_1 + \beta_2 = 1$ ， $\sum \alpha_j = 1$ 。

3.6 平行分散式運算處理機制

當總廠將訂單指派給製造廠進行廠內模擬生產排程時，是採行序列式的方法，也就是說在執行排程評估機制時是以廠為單位來執行，P 廠評估完後評估 Q 廠，以此類推。並且，排程問題本質上是 NP-Hard Problems，即當所要處理的排程活動多到某一個範圍後，問題本身若要求得全域的最佳解(Global Optimal Solutions)，必須花費很長的運算時間。目前平行處理技術進步與電腦功能的提昇，以往專屬於超級電腦的平行計算模式，如今亦可在個人電腦上實現。故本研究希以建立高效率平行運算模式，建構一兼具經濟、彈性以及高效率的分散式平行求解計算模式與平台，以處理在訂單指派時的產能規劃與生產排程問題，而達到快速回應顧客需求的目的。

3.6.1 系統架構說明

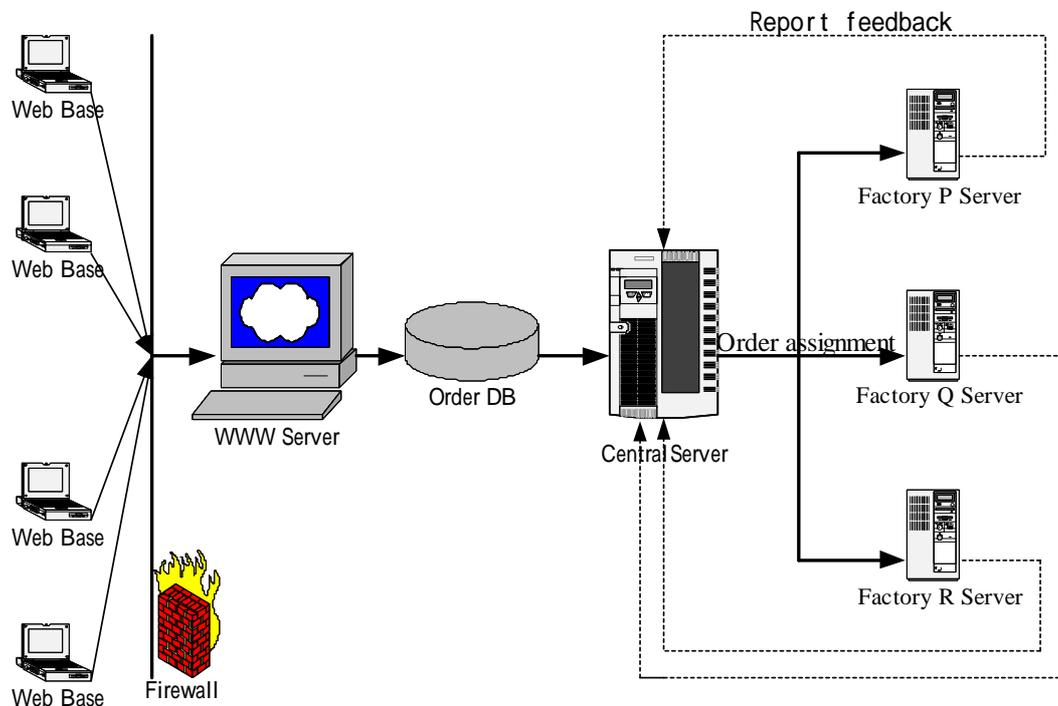


圖 3.10 平行運算架構示意圖

此運算架構含括下列功能：

1.分散式智慧代理人機制

建立分散式智慧代理人機制，以其擁有共同的通訊機制，藉由與其他代理人互相溝通，以分工合作的方式來完成工作。

2.並存的循序及平行化程式

目前的程式大多數屬於循序程式碼（sequential code）的撰寫方式，只能在單一電腦上執行，為了讓系統能以高效能的計算模式進行，需撰寫平行程式碼（parallel code）使能透過網路聯繫多台的電腦一同執行。

3.跨平台的整合環境

建立跨平台的整合環境，使移植系統到不同的平台，並維護各個版本，且能使他們正確地進行分工合作。

本架構的操作流程可分為三部分加以說明：

1.總廠業務人員可藉由 web base 的瀏覽器將從顧客端接收的訂

單資訊，如產品數量、交期限制、產品規格等資訊，透過網際網路傳送至 WWW Server 加以彙整。以一筆訂單而言，透過 WWW Server 連結至訂單資料庫，將產品展開為需求訂單（包括數量、途程安排、加工時間等資訊）。而顧客亦可藉由 web base 的瀏覽器進行資訊的擷取與監控等動作。

2.透過總廠伺服器將該批訂單以 AHP 法則比較其生產優勢順序，將該批訂單依照指派結果，同時指派給三家製造廠進行生產預排動作，並回傳指派結果至製造廠（如交期滿足、機台使用率等資訊）。若該次指派無法滿足訂單的交期時間，則繼續以不同修正方式指派給製造廠，使其達到顧客允諾的交期水準。

3.本架構的前提假設為三家製造廠的生產品質皆已符合總廠的最低門檻，總廠能以不同的修正方式將訂單同時指派至各製造廠。在不同指派的方式下，能得到一滿足交期時間或提前交貨並提高及均衡分配衛星廠的產能使用率。使整個多廠的環境下，在反應顧客需求上能更具彈性，以提高整體競爭優勢。

3.6.2 建構流程

本系統建構流程如下：

1.建構客戶端瀏覽器

以 Microsoft 的 Internet Explorer 為工具。此 Internet Explorer 提供最新的更新以及安全性修正檔，並增強對 W3C 標準的支援，像是 DHTML、XML 等 WEB 技術，這些特性能讓網頁開發人員擁有更多選項來掌控瀏覽器的表現。

2.建構網站伺服器

建構網站伺服器以做為前端與瀏覽器之連結，接收瀏覽器所輸入的各項參數設定，並連結後端產品訂單資料庫，將所接收的產品資訊展開成產品訂單。

3.建構訂單資料庫

採用 MySQL 作為本系統之資料庫系統，MySQL 是一個能支援多執行序的 SQL 資料庫伺服器，其設計是以速度為第一考量。

4.建構總廠平行運算伺服器

撰寫訂單展開機制之各項程序、訂單及製造廠評估機制之各項程序。

5.建構製造廠平行運算電腦

撰寫廠內模擬生產排程評估機制、訂單指派機制、資訊回饋及指派調整機制之各項處理程序。

6.跨平台的整合環境與測試

在分散式平行運算環境中，有可能會遇到電腦廠牌不同或機種不同的情況，所採行的作業系統也可能不盡相同，因此在發展時系統時，必須為各種平台提供適用的版本，且以設計在異質電腦環境下的分散式平行運算之跨平台系統為原則。

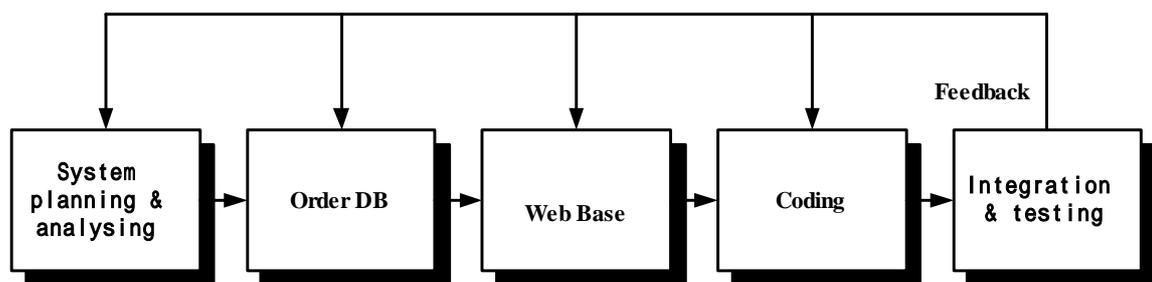


圖 3.11 平行運算處機制建構步驟

工廠 /	P 廠			Q 廠			R 廠			交 期
	作業	加工 時間	加工 途程	作業	加工 時間	加工 途程	作業	加工 時間	加工 途程	
/	4	5	2	4	7	6	4	9	6	/
	5	8	5	5	4	5	5	13	5	
	6	14	7	6	6	4	6	15	4	
3	1	13	3	1	16	1	1	15	1	115
	2	8	2	2	10	6	2	13	7	
	3	10	4	3	12	7	3	16	6	
	4	10	5	4	12	5	4	15	5	
	5	17	8	5	20	2	5	20	2	
4	1	13	6	1	16	5	1	15	8	90
	2	7	5	2	8	3	2	16	3	
	3	7	4	3	9	7	3	13	7	
	4	21	2	4	24	2	4	11	2	
	5	8	7	5	4	4	5	12	4	
	6	8	1	6	20	1	6	12	1	
5	1	9	1	1	12	2	1	15	2	110
	2	17	3	2	20	6	2	20	8	
	3	12	7	3	16	4	3	13	4	
	4	11	5	4	14	5	4	15	5	
6	1	15	1	1	18	3	1	17	3	115
	2	9	4	2	12	7	2	13	4	
	3	6	2	3	8	2	3	9	2	
	4	14	8	4	16	4	4	20	7	
	5	7	5	5	9	5	5	10	5	
	6	15	6	6	18	1	6	17	1	
7	1	16	3	1	16	5	1	14	3	100
	2	12	4	2	15	4	2	10	2	
	3	20	7	3	13	7	3	17	1	
	4	16	1	4	20	3	4	14	8	
	5	15	6	5	9	2	5	13	5	
	6	14	8	6	16	6	6	12	7	
/	1	12	8	1	11	2	1	10	6	/

工廠 /	P 廠			Q 廠			R 廠			交 期
	作業	加工 時間	加工 途程	作業	加工 時間	加工 途程	作業	加工 時間	加工 途程	
/	5	16	5	5	12	5	5	10	3	/
14	1	12	4	1	15	3	1	12	8	110
	2	20	6	2	4	6	2	21	7	
	3	16	7	3	16	7	3	14	1	
	4	15	2	4	8	2	4	6	4	
	5	14	3	5	12	1	5	10	3	
					6	14	4	6	12	
15	1	8	2	1	10	6	1	8	7	100
	2	16	1	2	13	2	2	11	2	
	3	7	7	3	16	7	3	12	5	
	4	10	5	4	12	3	4	10	4	
	5	17	4	5	18	4	5	16	3	
	6	16	3	6	20	5	6	17	6	
16	1	10	8	1	10	1	1	9	6	120
	2	12	5	2	16	4	2	12	4	
	3	12	3	3	24	3	3	19	2	
	4	20	2	4	16	7	4	14	5	
	5	16	6	5	9	6	5	7	3	
17	1	13	2	1	13	2	1	8	3	90
	2	15	6	2	18	7	2	19	4	
	3	16	3	3	5	4	3	13	7	
	4	10	5	4	19	3	4	10	1	
	5	5	7	5	18	6				
18	1	6	1	1	5	1	1	9	8	50
	2	8	3	2	18	3	2	10	4	
	3	11	6	3	9	4	3	13	2	
	4	9	4	4	3	7	4	6	6	
19	1	15	6	1	20	7	1	18	5	60
	2	9	5	2	8	1	2	6	3	
	3	7	4	3	3	2	3	5	7	
/	1	6	7	1	11	3	1	8	5	/

表 4.3 訂單 1 在考量生產品質因素 (F2) 下之製造廠權重

F2	P 廠	Q 廠	R 廠	評估值
P 廠	1	1	2	0.4
Q 廠	1	1	2	0.4
R 廠	1/2	1/2	1	0.2

表 4.4 訂單 1 在考量顧客歷史交易因素 (F3) 下之製造廠權重

F3	P 廠	Q 廠	R 廠	評估值
P 廠	1	3	2	0.5472
Q 廠	1/3	1	2	0.2631
R 廠	1/2	1/2	1	0.1897

表 4.5 訂單 1 在考量該顧客的潛在訂單因素 (F4) 下之製造廠權重

F4	P 廠	Q 廠	R 廠	評估值
P 廠	1	3	5	0.6662
Q 廠	1/3	1	2	0.2339
R 廠	1/5	1/2	1	0.0999

表 4.6 訂單 1 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	3	2	3	0.4441
F2	1/3	1	2	1/4	0.1363
F3	1/2	1/2	1	1/2	0.1259
F4	1/2	4	2	1	0.2937

表 4.7 訂單 1 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4441	0.1363	0.1259	0.2937	
P 廠	0.5714	0.4000	0.5472	0.6662	0.5728
Q 廠	0.1429	0.4000	0.2631	0.2339	0.2198
R 廠	0.2857	0.2000	0.1897	0.0999	0.2074

在求得訂單 1 中的製造廠指派優勢比較值之後，需要再依序去求得訂單 2 (表 4.8)、訂單 3 (表 4.9)、訂單 4 (表 4.10)、訂單 5 (表 4.11)、訂單 6 (表 4.12)、訂單 7 (表 4.13)、訂單 8 (表 4.14)、訂單 9 (表 4.15)、訂單 10 (表 4.16)、訂單 11 (表 4.17)、訂單 12 (表 4.18)、訂單 13 (表 4.19)、訂單 14 (表 4.20)、訂單 15 (表 4.21)、訂單 16 (表 4.22)、訂單 17 (表 4.23)、訂單 18 (表 4.24)、訂單 19 (表 4.25)、訂單 20 (表 4.26) 的製造廠指派優勢比較值。

表 4.8 訂單 2 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4721	0.1510	0.1886	0.1882	
P 廠	0.1634	0.1243	0.5317	0.5499	0.2997
Q 廠	0.5396	0.3586	0.3220	0.2098	0.4091
R 廠	0.2970	0.5171	0.1463	0.2402	0.2911

表 4. 9 訂單 3 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.2937	0.3464	0.3005	0.0594	
P 廠	0.4286	0.3764	0.5278	0.5396	0.4469
Q 廠	0.4286	0.4742	0.3325	0.1634	0.3998
R 廠	0.1429	0.1494	0.1396	0.2970	0.1533

表 4. 10 訂單 4 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.2698	0.2251	0.2116	0.2936	
P 廠	0.1677	0.1000	0.3333	0.2385	0.2083
Q 廠	0.4836	0.3000	0.3333	.1365	0.3086
R 廠	0.3487	0.6000	0.3333	0.6250	0.4831

表 4. 11 訂單 5 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4721	0.1510	0.1886	0.1882	
P 廠	0.1634	0.5317	0.1429	0.4286	0.2651
Q 廠	0.5396	0.3220	0.5714	0.4286	0.4919
R 廠	0.2970	0.1463	0.2857	0.1429	0.2431

表 4. 12 訂單 6 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4721	0.1510	0.1886	0.1882	
P 廠	0.1243	0.1429	0.5317	0.5499	0.2841
Q 廠	0.3586	0.5714	0.3220	0.2098	0.3558
R 廠	0.5171	0.2857	0.1463	0.2402	0.3601

表 4. 13 訂單 7 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4721	0.1510	0.1886	0.1882	
P 廠	0.1243	0.1429	0.1307	0.7306	0.2424
Q 廠	0.3586	0.5714	0.2470	0.1884	0.3376
R 廠	0.5171	0.2857	0.6223	0.0810	0.4199

表 4. 14 訂單 8 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.2698	0.2251	0.2116	0.2936	
P 廠	0.6571	0.0914	0.4286	0.1897	0.3442
Q 廠	0.1963	0.6910	0.4286	0.5472	0.4598
R 廠	0.1466	0.2176	0.1429	0.2631	0.1960

表 4. 15 訂單 9 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.3564	0.3257	0.1243	0.1936	
P 廠	0.1677	0.1429	0.2184	0.6153	0.2525
Q 廠	0.4836	0.5714	0.6301	0.2922	0.4934
R 廠	0.3487	0.2857	0.1515	0.0925	0.2541

表 4. 16 訂單 10 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.2937	0.3464	0.3005	0.0594	
P 廠	0.4286	0.3764	0.5278	0.5396	0.4469
Q 廠	0.4286	0.4742	0.3325	0.1634	0.3998
R 廠	0.1429	0.1494	0.1396	0.2970	0.1533

表 4. 17 訂單 11 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.2698	0.2251	0.2116	0.2936	
P 廠	0.6153	0.5278	0.3764	0.4286	0.4902
Q 廠	0.2922	0.3325	0.4742	0.4286	0.3798
R 廠	0.0925	0.1396	0.1494	0.1429	0.1299

表 4. 18 訂單 12 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4721	0.1510	0.1886	0.1882	
P 廠	0.3793	0.5368	0.5317	0.5499	0.4639
Q 廠	0.3313	0.0989	0.3220	0.2098	0.2716
R 廠	0.2894	0.3643	0.1463	0.2402	0.2645

表 4. 19 訂單 13 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.2698	0.2251	0.2116	0.2936	
P 廠	0.4000	0.1000	0.3333	0.2385	0.2710
Q 廠	0.4000	0.3000	0.3333	0.1365	0.2860
R 廠	0.2000	0.6000	0.3333	0.6250	0.4430

表 4. 20 訂單 14 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.2698	0.2251	0.2116	0.2936	
P 廠	0.1677	0.0914	0.4286	0.1897	0.2122
Q 廠	0.4836	0.6910	0.4286	0.5472	0.5373
R 廠	0.3487	0.2176	0.1429	0.2631	0.2505

表 4. 21 訂單 15 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.2698	0.2251	0.2116	0.2936	
P 廠	0.4000	0.1000	0.3333	0.2385	0.2710
Q 廠	0.4000	0.3000	0.3333	0.1365	0.2860
R 廠	0.2000	0.6000	0.3333	0.6250	0.4430

表 4. 22 訂單 16 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.3564	0.3257	0.1243	0.1936	
P 廠	0.1677	0.1429	0.2184	0.6153	0.2525
Q 廠	0.4836	0.5714	0.6301	0.2922	0.4934
R 廠	0.3487	0.2857	0.1515	0.0925	0.2541

表 4. 23 訂單 17 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4564	0.2143	0.2219	0.1074	
P 廠	0.5396	0.5278	0.3764	0.4286	0.4889
Q 廠	0.1634	0.3325	0.4742	0.4286	0.2971
R 廠	0.2970	0.1396	0.1494	0.1429	0.2140

表 4. 24 訂單 18 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.3564	0.3257	0.1243	0.1936	
P 廠	0.1677	0.1429	0.2184	0.5936	0.2483
Q 廠	0.4836	0.5714	0.6301	0.1571	0.4672
R 廠	0.3487	0.2857	0.1515	0.2493	0.2844

表 4. 25 訂單 19 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4441	0.1363	0.1259	0.2936	
P 廠	0.5714	0.4000	0.5472	0.6662	0.5728
Q 廠	0.1429	0.4000	0.2631	0.2339	0.2198
R 廠	0.2857	0.2000	0.1897	0.0999	0.2074

表 4. 26 訂單 20 在考量四因素後之製造廠權重

	F1	F2	F3	F4	評估值
權重	0.4721	0.1510	0.1886	0.1882	
P 廠	0.1243	0.1429	0.1307	0.7306	0.2424
Q 廠	0.3586	0.5714	0.2470	0.1884	0.3376
R 廠	0.5171	0.2857	0.6223	0.0810	0.4199

下一步驟便是去找出各訂單之間重要性的比較值來對各訂單中的優勢值進行基準點修正，其實該次指派中訂單之間重要性要考量的因素也很多，不過在實證中我們只採用訂單利潤此一因素來進行比較，可得表 4. 27。

表 4.27 訂單相對重要性權重值

	Order1	Order2	Order3	Order4	Order5	Order6	Order7	Order8	Order9	Order10	Order11	Order12	Order13	Order14	Order15	Order16	Order17	Order18	Order19	Order20	評估值
Order1	1	4	3	2	5	3	4	1/2	2	5	1/2	2	1/3	1/4	2	3	1/3	3	1/2	4	0.0646
Order2	1/4	1	1/2	1/3	3	1/2	2	1/5	1/3	2	3	1	3	5	1	5	2	1/3	4	3	0.0478
Order3	1/3	2	1	1/3	4	1/2	3	1/4	1/2	3	4	3	2	4	1/2	4	2	1/5	2	5	0.0537
Order4	1/2	3	3	1	5	2	4	1/2	2	4	6	4	5	5	2	4	3	1/4	4	5	0.0864
Order5	1/5	1/3	1/4	1/5	1	1/4	1/2	1/7	1/4	1/2	2	1	5	5	1	3	1	3	4	3	0.0411
Order6	1/3	2	2	1/2	4	1	3	1/4	1/2	4	1/4	1/2	2	1/2	1/4	2	5	5	1	2	0.0501
Order7	1/4	1/2	1/3	1/4	2	1/3	1	1/5	1/4	2	2	3	2	1/2	1/5	1/2	1/3	4	1/3	5	0.0336
Order8	2	5	4	2	7	4	5	1	3	5	1/2	1/2	5	3	1/3	2	1/4	2	2	2	0.0797
Order9	1/2	3	2	1/2	4	2	4	1/3	1	4	4	1/3	1	1/2	4	1	4	1/2	1/2	4	0.0581
Order10	1/5	1/2	1/3	1/4	2	1/4	2	1/5	1/4	1	3	5	1/3	4	2	2	4	1/4	3	1	0.0432
Order11	2	1/3	1/4	1/6	1/2	4	1/2	2	1/4	1/3	1	6	1/7	1	5	3	1/3	6	2	2	0.0557
Order12	1/2	1	1/3	1/4	1	2	1/3	2	3	1/5	1/6	1	8	3	1/2	4	2	1/6	3	1/3	0.0468
Order13	3	1/3	1/2	1/5	1/5	1/2	1/2	1/5	1	3	7	1/8	1	1/2	2	6	1	2	1/2	1/2	0.0446
Order14	4	1/5	1/4	1/5	1/5	2	2	1/3	2	1/4	1	1/3	2	1	3	1/5	1/5	1	3	2	0.0378
Order15	1/2	1	2	1/2	1	4	5	3	1/4	1/2	1/5	2	1/2	1/3	1	1/3	8	4	2	1/4	0.0557
Order16	1/3	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	2	1/2	1	1/2	1/3	1/4	1/6	5	3	1	3	1/4	1/3	5	0.0317
Order17	3	1/2	1/2	1/3	1	1/5	3	4	1/4	1/4	3	1/2	1	5	1/8	1/3	1	5	1/4	4	0.0504
Order18	1/3	3	5	4	1/3	1/5	1/4	1/2	2	4	1/6	6	1/2	1	1/4	4	1/5	1	1/2	1/3	0.0527
Order19	2	1/4	1/2	1/4	1/4	1	3	1/2	2	1/3	1/2	1/3	2	1/3	1/2	3	4	2	1	4	0.0382
Order20	1/4	1/3	1/5	1/5	1/3	1/2	1/5	1/2	1/4	1	1/2	3	2	1/2	4	1/5	1/4	3	1/4	1	0.0281

因此，下一步便可以將由表 4.7 到表 4.26 所得的各訂單於各製造廠的優勢值結合表 4.27 的調整向量值進行調整如表 4.28 所示。

表 4.28 訂單優勢值修正後的製造廠優勢表

訂單	P 廠權重	Q 廠權重	R 廠權重	修正值	P 廠	Q 廠	R 廠
	修正前優勢值				修正後優勢值		
1	0.5782	0.2198	0.2074	0.0646	0.0370	0.0142	0.0134
2	0.2997	0.4092	0.2911	0.0478	0.0143	0.0196	0.0139
3	0.4469	0.3998	0.1533	0.0537	0.0240	0.0215	0.0082
4	0.2083	0.3089	0.4831	0.0864	0.0180	0.0267	0.0417
5	0.2651	0.4919	0.2431	0.0411	0.0109	0.0202	0.0100
6	0.2841	0.3558	0.3601	0.0501	0.0142	0.0178	0.0181
7	0.2424	0.3376	0.4199	0.0336	0.0081	0.0113	0.0141
8	0.3442	0.4598	0.1960	0.0797	0.0274	0.0366	0.0156
9	0.2525	0.4934	0.2541	0.0581	0.0147	0.0287	0.0148
10	0.4469	0.3998	0.1533	0.0432	0.0193	0.0173	0.0066
11	0.4902	0.3798	0.1299	0.0557	0.0273	0.0212	0.0072
12	0.4639	0.2716	0.2645	0.0468	0.0217	0.0127	0.0124
13	0.2710	0.2860	0.4430	0.0446	0.0121	0.0128	0.0198
14	0.2122	0.5373	0.2505	0.0378	0.0080	0.0203	0.0095
15	0.2710	0.2860	0.4430	0.0557	0.0151	0.0159	0.0247
16	0.2525	0.4934	0.2541	0.0317	0.0080	0.0156	0.0080
17	0.4889	0.2971	0.2140	0.0504	0.0246	0.0150	0.0108
18	0.2483	0.4672	0.2844	0.0527	0.0131	0.0246	0.0150
19	0.5728	0.2198	0.2074	0.0382	0.0219	0.0084	0.0079
20	0.2424	0.3376	0.4199	0.0281	0.0068	0.0095	0.0118

由表 4.28 所得各訂單相對於各製造廠的優勢表，便可以用來作為訂單指派方式的依據，同時在指派階段時，各訂單所擷取的優勢值亦由此優勢對照表中所取得的。

4.3 決定初始指派及指派方式之說明

由表 4.29 中我們便可以了解各訂單在不同製造廠之間生產所佔有的優勢值，並可同時決定對生產該訂單具有最高優勢值的生產工廠為初始指派工廠。

表 4.29 指派方式決定表

工廠 \ 訂單	P 廠	Q 廠	R 廠	指派工廠順序		
				第一順 位	第二順 位	第三順 位
1	0.0370	0.0142	0.0134	P	Q	R
2	0.0143	0.0196	0.0139	Q	P	R
3	0.0240	0.0215	0.0082	P	Q	R
4	0.0180	0.0267	0.0417	R	Q	P
5	0.0109	0.0202	0.0100	Q	P	R
6	0.0142	0.0178	0.0181	R	Q	P
7	0.0081	0.0113	0.0141	R	Q	P
8	0.0274	0.0366	0.0156	Q	P	R
9	0.0147	0.0287	0.0148	Q	R	P
10	0.0193	0.0173	0.0066	P	Q	R
11	0.0273	0.0212	0.0072	P	Q	R
12	0.0217	0.0127	0.0124	P	Q	R
13	0.0121	0.0128	0.0198	R	Q	P
14	0.0080	0.0203	0.0095	Q	R	P
15	0.0151	0.0159	0.0247	R	Q	P
16	0.0080	0.0156	0.0080	Q	R	P
17	0.0246	0.0150	0.0108	P	Q	R
18	0.0131	0.0246	0.0150	Q	R	P
19	0.0219	0.0084	0.0079	P	Q	R
20	0.0068	0.0095	0.0118	R	Q	P

由表表 4.29 中可以得知訂單的指派結果，指派給 P 廠的訂單有 1、3、10、11、12、17 及 19，共有 7 張訂單。指派給 Q 廠有 2、5、8、9、14、16 及 18 共有 7 張訂單。指派給 R 廠的有 4、6、7、13、15、及 20 共有 6 張訂單。因此，系統便可依此初始指派方式對經由訂單展開機制所產生的需求訂單進行指派作業。

4.4 廠內生產預排評估機制實例探討

在經由 4.3 節決定訂單初始指派順序後，這些訂單標記便進入各

廠的指派訂單暫存區 place 中，以 p 廠而言，其指派暫存區中的訂單標記便會激發廠內生產預排評估機制 transition，以評估該此指派中有哪些訂單無法滿足交期的限制，若產能足夠，則放入暫存 place 中進而驅動製造作業 transition，若產能不足，則進入訂單回流 place 中，進而激發訂單修正機制 transition，進行訂單的修正。

在排程評估機制當中第一次的訂單指派如下所示：

P 廠：[1 3 10 11 12 17 19]七筆訂單

Q 廠：[2 5 8 9 14 16 18]七筆訂單

R 廠：[4 6 7 13 15 20]六筆訂單

4.4.1 基本參數設定之探討

在進行實例探討前，我們先就本機制中的相關參數進行介紹。基本參數設定上，族群大小為 50 條個體，每個個體中的基因編碼在 3.3.2 小節中已提及。其他相關設定如表 4.30 所示。

表 4.30 遺傳演算法中參數之設定值

參數	參數值
群體大小	50
最大演算代數	2000
終止條件	連續 500 代適應函數值相同既停止收尋
交配方式	LOX
突變機率	0.06 (OM)
交期上下限	$d_j^L = d_j^M - 10$ $d_j^U = d_j^M + 5$
適應函數參數	$W_1 = 0.1$ $W_2 = 0.8$ $W_3 = 0.1$

因本研究在排程時是以時間為主要考量因素，故在多目標的適應函數當中是以交期權重為最重要考量因素。

4.4.2 運作實例探討

其第一次指派後的訂單，經由各廠的運算結果如下所示。

P 廠數據：

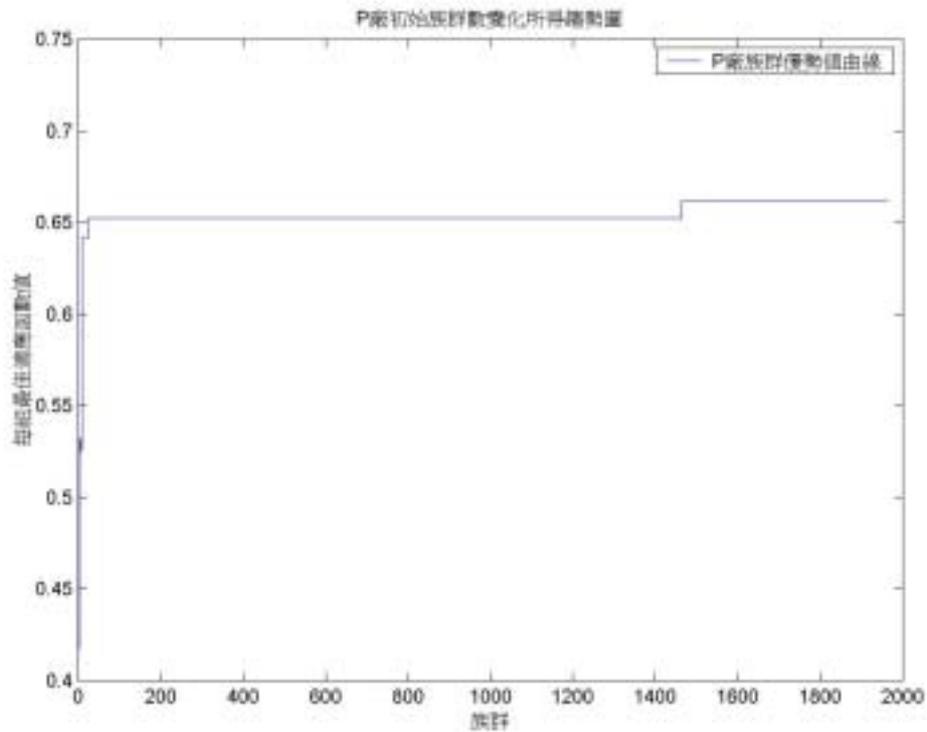


圖 4.1 P 廠 G A 適應函數值走勢圖

最佳基因：[1 7 8 10 13 26 3 12 29 31 33 4 5 17 18 19 34 2 6 15 25
11 14 16 20 21 32 9 22 24 30 35 23 27 28]

最佳適應值：0.661629

最佳製距：[78 116 95 89 93 90 59]

訂單交期：[105 115 95 80 95 90 60]

搜尋時間：11814 秒

Q 廠數據：

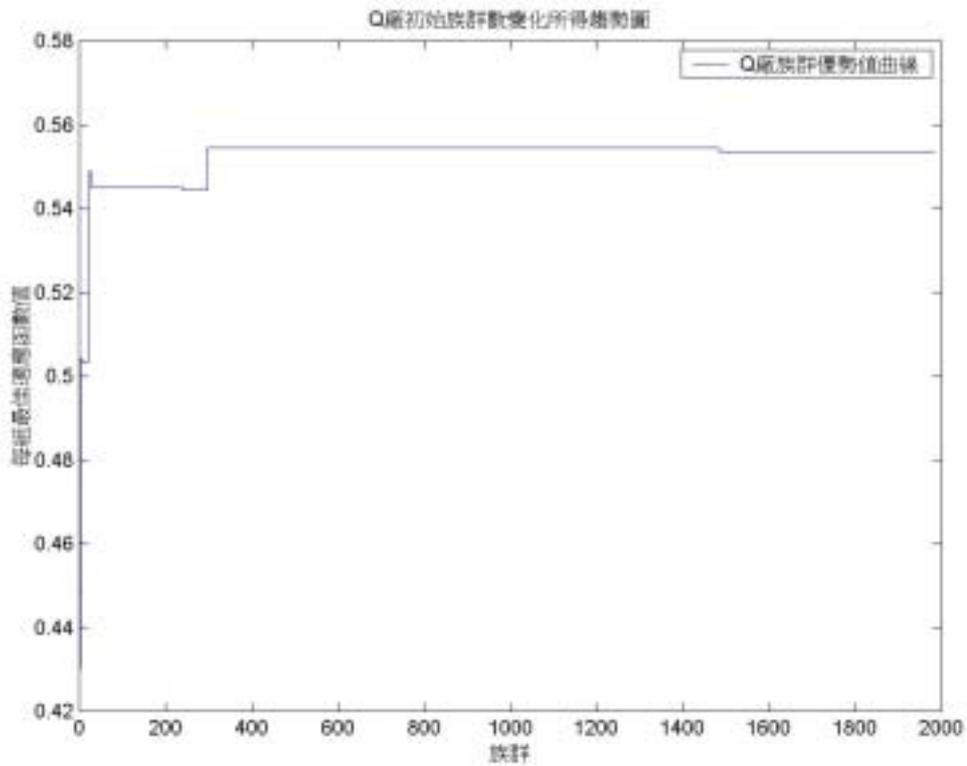


圖 4. 2Q 廠 G A 適應函數值走勢圖

最佳基因：[5 8 24 27 35 36 1 9 12 23 2 6 11 17 18 19 4 14 20 21 32
3 10 15 22 25 26 13 16 28 29 30 7 31 33 34]

最佳適應值：0.554388

最佳製距：[137 110 94 111 108 123 50]

訂單交期：[95 110 100 90 110 120 50]

搜尋時間：12334.2 秒

R 廠數據：

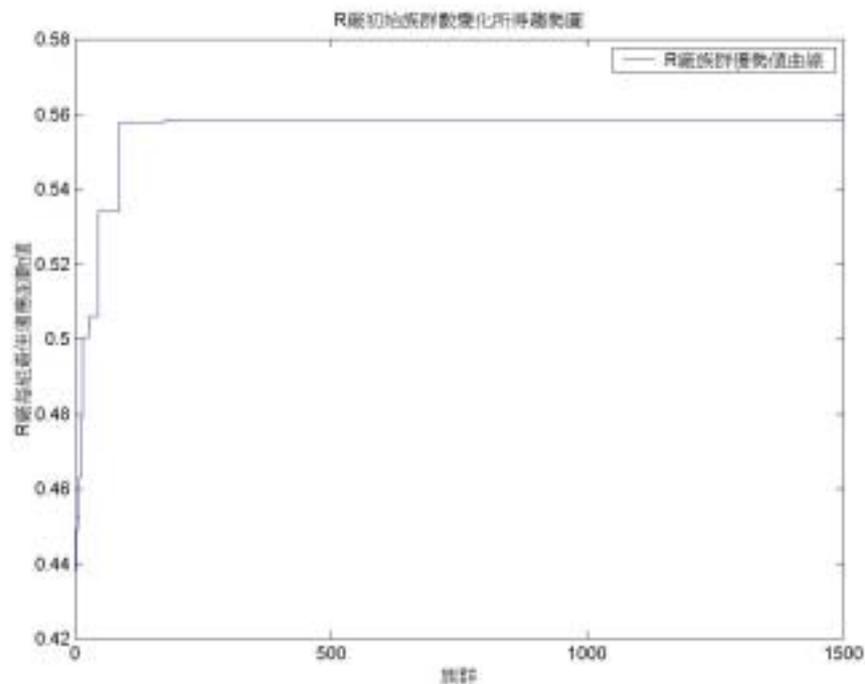


圖 4.3 R 廠 G A 適應函數值走勢圖

最佳基因：[1 5 8 11 12 19 2 9 10 13 24 29 3 14 15 16 21 27 4 6 31
32 33 7 17 22 25 34 35 18 20 23 26 28 30 36]

最佳適應值：0.558499

最佳製距：[95 112 97 67 100 81]

訂單交期：[90 115 100 80 100 85]

搜尋時間：9390.44 秒

4.5 資訊回饋及訂單修正機制實例探討

由 4.4.2 節的數據顯示 P 廠有訂單 3 及訂單 11 無法滿足交期的限制，Q 廠有訂單 2、訂單 9 及訂單 16，R 廠有訂單 4 無法滿足交期的限制。這些無法滿足交期訂單將進入修正機制中，以得到新的指派順序。

在本次的訂單順序修正中，P 廠有兩張訂單、Q 廠有三張訂單及 R 廠的一張訂單需進行訂單修正。以下以每廠抽取一張訂單進行修正作業（指派給優勢值次高的製造廠），共有六(2x3x1)種修正方式如表

4.31 所示。

表 4. 31 訂單修正方式

修正方式	訂單	製造廠	訂單	製造廠	訂單	製造廠
1	3	P Q	2	Q P	4	R Q
2	3	P Q	9	Q R	4	R Q
3	3	P Q	16	Q R	4	R Q
4	11	P Q	2	Q P	4	R Q
5	11	P Q	9	Q R	4	R Q
6	11	P Q	16	Q R	4	R Q

因此，經由以上的修正方式共有六種不同的指派結果：

修正方式 1：

P 廠：[1 2 10 11 12 17 19]七筆訂單

Q 廠：[3 4 5 8 9 14 16 18]八筆訂單

R 廠：[6 7 13 15 20]五筆訂單

修正方式 2：

P 廠：[1 10 11 12 17 19]六筆訂單

Q 廠：[2 3 4 5 8 14 16 18]八筆訂單

R 廠：[6 7 9 13 15 20]六筆訂單

修正方式 3：

P 廠：[1 10 11 12 17 19]六筆訂單

Q 廠：[2 3 4 5 8 9 14 18]八筆訂單

R 廠：[6 7 13 15 16 20]六筆訂單

修正方式 4：

P 廠：[1 2 3 10 12 17 19]七筆訂單

Q 廠：[4 5 8 9 11 14 16 18]八筆訂單

R 廠：[6 7 13 15 20]五筆訂單

修正方式 5：

P 廠：[1 3 10 12 17 19]六筆訂單

Q 廠：[2 4 5 8 11 14 16 18]八筆訂單

R 廠：[6 7 9 13 15 20]六筆訂單

修正方式 6 :

P 廠 : [1 3 10 12 17 19]六筆訂單

Q 廠 : [2 4 5 8 9 11 14 18]八筆訂單

R 廠 : [6 7 13 15 16 20]六筆訂單

4.6 實驗數據分析

將以上的六次修正方式與初次指派之實驗數據整理如表 4. 32 下所示 :

表 4. 32 各次指派之總體優勢值比較表

	各廠優勢值			指派階段優勢值 $\beta_1 = 0.3$	排程階段優勢值 $\beta_2 = 0.7$	指派總體優勢值	系統搜尋時間(秒)
	P	Q	R				
初始指派	0.661629	0.554388	0.558499	1	0.5915	0.7141	12334
修正方式 1	0.618287	0.573119	0.571258	0.9508	0.5876	0.6968	13550
修正方式 2	0.653922	0.503034	0.621831	0.9334	0.5929	0.6950	11580
修正方式 3	0.653922	0.611646	0.684202	0.9733	0.6499	0.7470	11989
修正方式 4	0.593518	0.56706	0.571258	0.9432	0.5772	0.6869	14553
修正方式 5	0.594062	0.530332	0.622249	0.9544	0.5822	0.6938	11601
修正方式 6	0.594062	0.597328	0.582144	0.9391	0.5912	0.6955	15360

在指派階段優勢值與排程階段優勢值的 trade off 下，以修正方式三的指派總體優勢值最高，其廠內排程詳細數據如下：

P 廠排程數據：

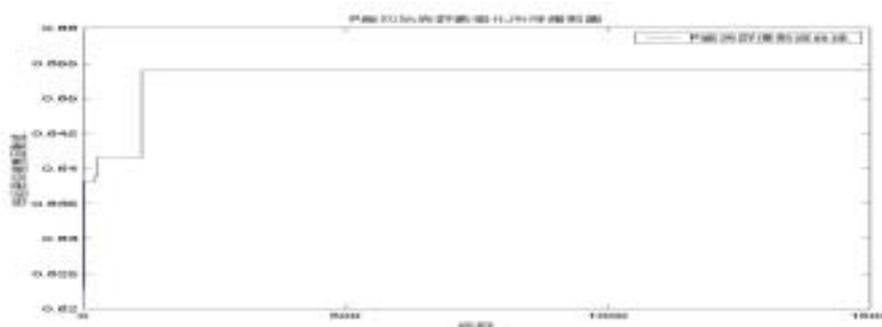


圖 4. 4 修正方式 3- P 廠 G A 適應函數值走勢圖

最佳基因 : [1 2 4 7 11 26 3 9 16 17 18 23 5 10 20 22 8 12 24 25 27

28 6 13 14 29 30 15 19 21]

最佳適應值：0.653922

最佳製距：[78 95 66 93 90 59]

訂單交期：[105 95 80 95 90 60]

搜尋時間：7446 秒

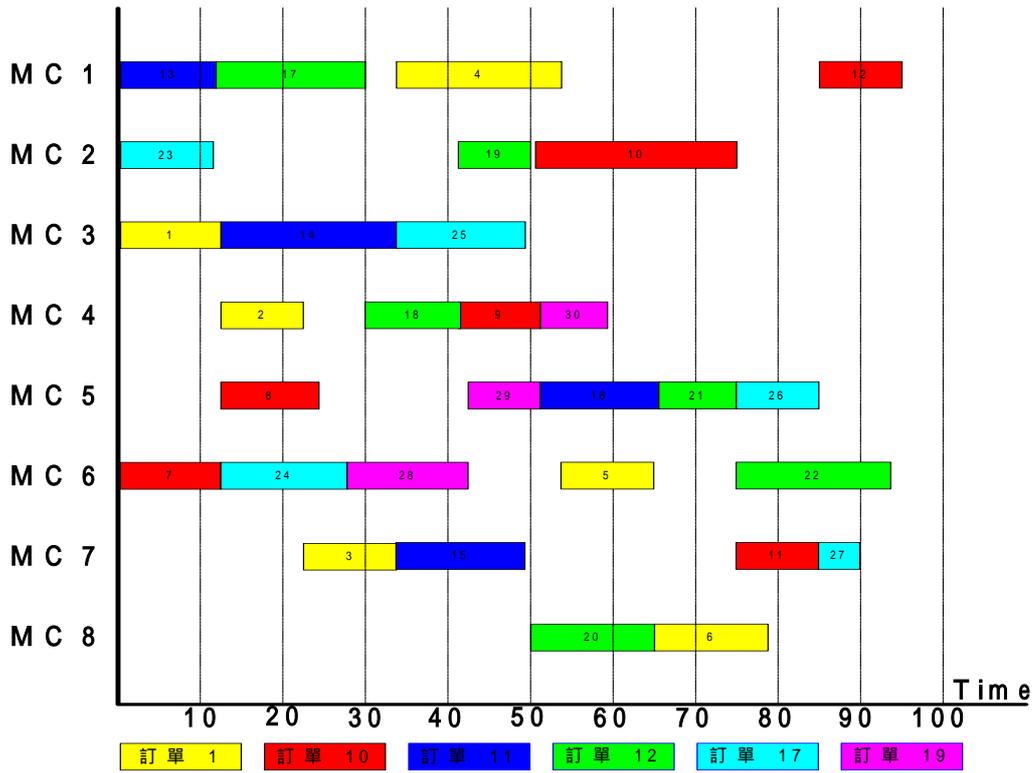


圖 4.5 P 廠排程甘特圖

Q 廠排程數據：



圖 4.6 修正方式 3-Q 廠 G A 適應函數值走勢圖

最佳基因：[2 10 19 23 30 40 1 6 7 28 36 9 11 12 14 16 17 8 18 20

22 4 21 24 25 35 41 13 26 27 29 32 3 31 33 34 37 38 5
15 39 42]

最佳適應值：0.611646

最佳製距：[81 114 91 111 106 86 120 79]

訂單交期：[95 115 90 110 100 90 110 50]

搜尋時間：11989 秒

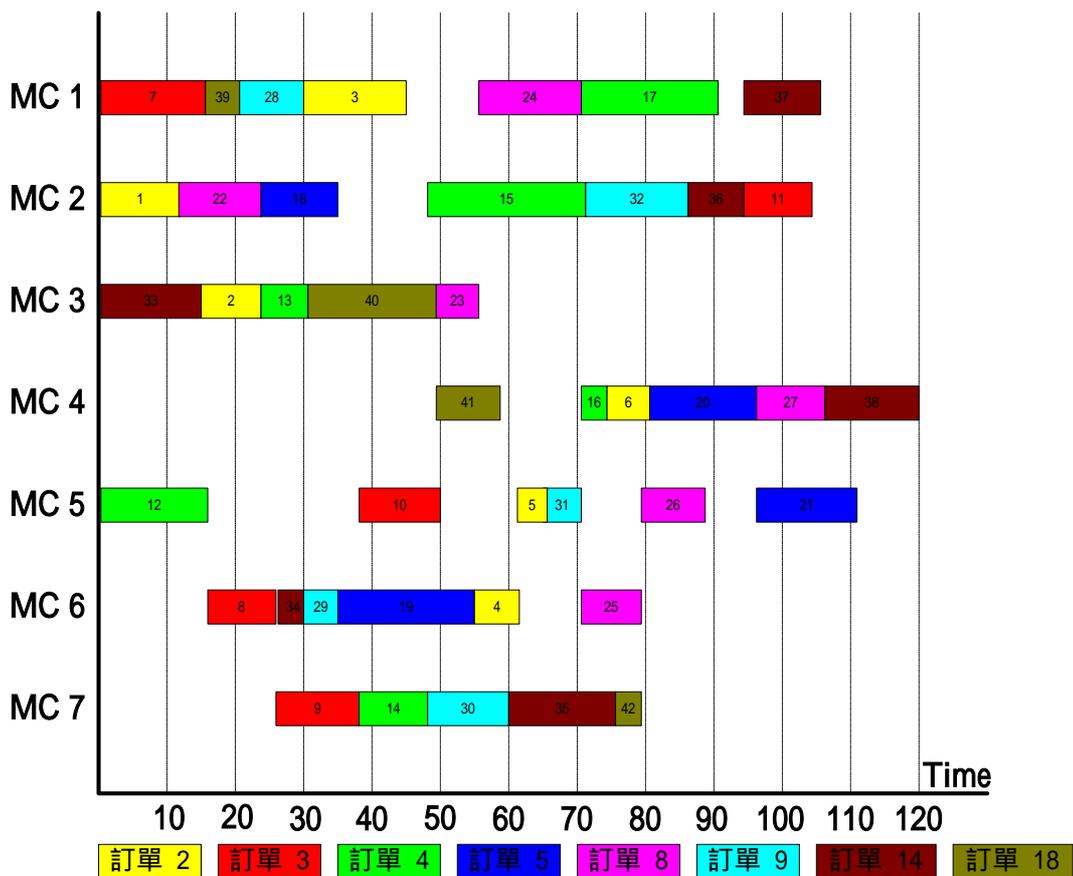


圖 4.7 Q 廠排程甘特圖

圖 4.6 為 Q 廠 GA 搜尋過程中適應函數值走勢圖,雖然在研究中有採用精華保留,理論上在搜尋過程中每一代之最佳解的適應性應該為遞增的數列,但是在圖 4.6 中,我們發現每一代之最佳解的適應值在某些族代中有降低的現象,這是因為適應性函數中關於製距指標設計所造成的現象。例如,在某一族代中最佳解的製距為 110,搜尋過程中最短的製距為 95,在此最佳解製距的評估值為 $95 / 110 = 0.86$,而在下一代中找到一個體解的製距為 90,但此個體在所有因素指標

的加權評估值低於原最佳解，所以無法取代原最佳解，但是此時最佳解在製距方面的指標降低為 $90/110 = 0.81$ ，造成最佳解適應性降低的情形。

R 廠排程數據：

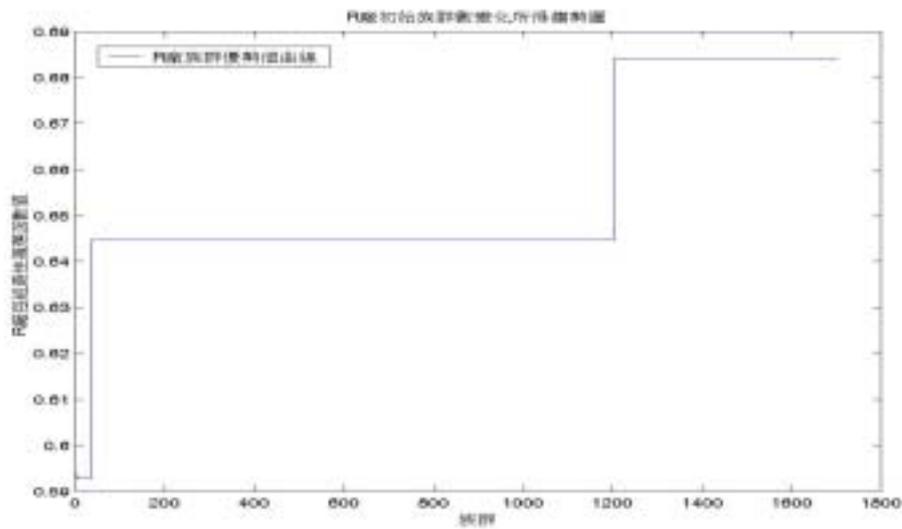


圖 4.8 修正方式 3-R 廠 G A 適應函數值走勢圖

最佳基因：[2 10 19 23 30 40 1 6 7 28 36 9 11 12 14 16 17 8 18 20
22 4 21 24 25 35 41 13 26 27 29 32 3 31 33 34 37 38 5
15 39 42]

最佳適應值：0.611646

最佳製距：[89 114 91 111 101 86 120 79]

訂單交期：[115 100 80 100 120 85]

搜尋時間：10211 秒

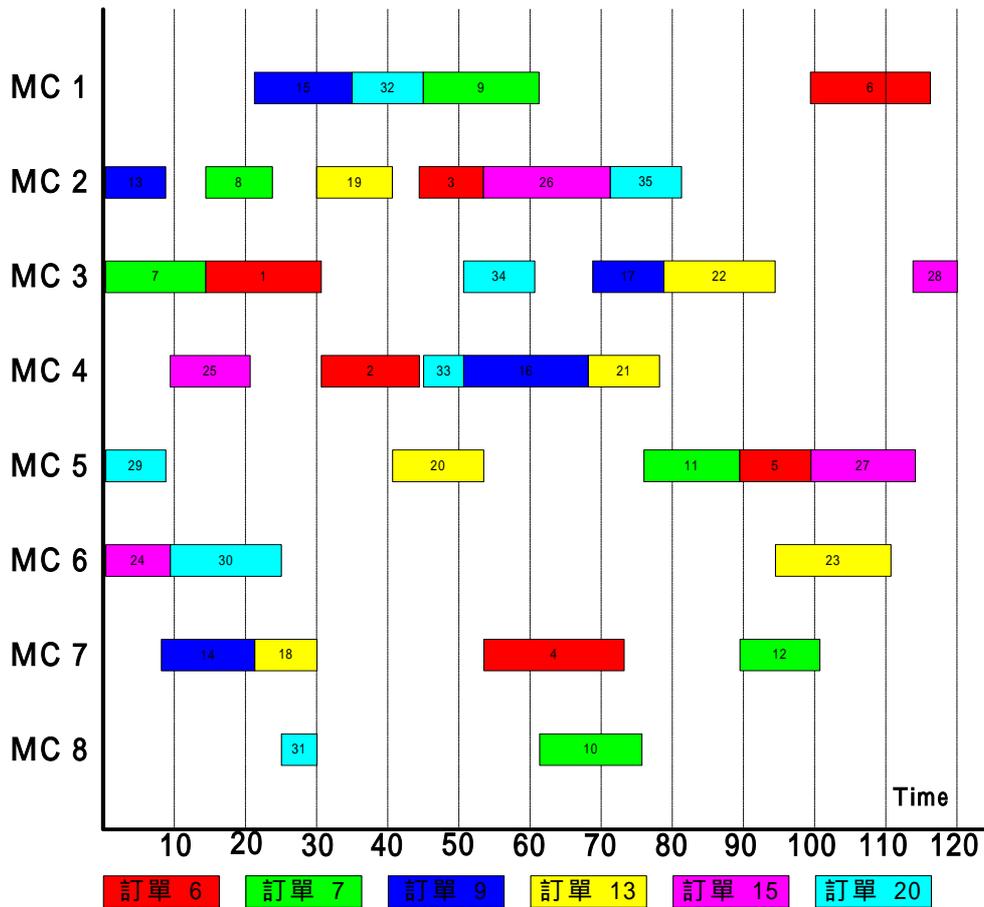


圖 4.9 R 廠排程甘特圖

4.7 本章小結

在 4.2 及 4.3 小節中，以 20 張訂單說明訂單指派機制之實例探討及所求得之指派優勢基準表。4.4 節說明廠內生產預排機制之實驗結果，由數據中得知各廠在搜尋最佳或近似最佳的排程解時，皆須二至三個小時的運算時間，也就是說若以序列式的方式指派一次，系統最少需要六個小時的運算時間，若亦平行運算則僅約 1/3 的處理時間，在時間效能上助益相當大。故本研究所提的策略性兩階段訂單指派與排程評估系統，可以提供生產規劃人員一規劃生產排程時的重要依據。

第五章 結論與未來研究方向

5.1 結論

本研究中針對研究動機中所提之考量多目標下多訂單對多製造廠在考量多目標因素下的訂單指派與排程問題，將訂單指派與排程問題一同納入考量，提出一整合型的訂單指派與排程系統。第一階段先經由 AHP 法則評估訂單指派之方式，再經由第二階段以遺傳演算法進行搜尋求取排程解。

整體來說，本研究的主要結論有下列幾點：

1. 利用配對分析比較法提出多訂單在考量多目標因素下於多廠規劃之間的相對優勢計算機制，並透過該比較表找出在同時考量製造廠與訂單重要性下的訂單暨指派製造廠的指派方式，作為指派規則。
2. 在一般的多廠區訂單指派研究當中，並無將廠內的生產排程內入考慮，本研究結合廠內生產排程與訂單指派使的在訂單指派時，更能以整體性的考量來做指派的動作。
3. 以分散式運算處理的概念設計各項機制，以減少在搜尋最佳解或近似最佳解的時間。
4. 將最佳指派後的結果可作為多廠間進行訂單指派及生產排程的參考依據。

5.2 未來研究方向

雖然本研究經由實證驗證，確實有達到預期的效果，但在發展本研究架構與問題實作的過程中，發現一些值得進一步探討的問題，將可使本研究更為完善，以下歸納出值得探討的未來研究方向：

1. 以方法論而言，本研究著重於發展系統架構，對於其中運算子並無做深入的探討與設計，所以後續研究可以針對演算法中各運算子，提出更有效率的運算子設計。
2. 本研究在假設條件上對於機台的整備成本暫不予以考慮。而後續研究可以就整備成本及其他更貼近現實的環境條件加入系統，使得系統在執行能力上能更貼近現實環境。

參考文獻

- [1]王立志，系統化運籌與供應鏈管理，滄海書局，台北，1999。
- [2]吳信儀，『以改良之進化策略演算法解決排序問題之研究 - SRS 演算法與多重工作者系統之發展』，碩士論文，私立東海大學工業工程與經營資訊研究所，1996。
- [3]吳紹穎，『以物件導向斐氏圖為基礎之整合性現場排程與控制系統』，碩士論文，私立東海大學工業工程與經營資訊研究所，1996。
- [4]陳宜欣、陳稼興，『遺傳演算法於 Job Shop 排程問題上的研究』，技術學刊，第十五卷，第四期，民國八十九年。
- [5]曾煥雯，『跨廠訂單分配模式之建構--應用模擬退火演算法』，碩士論文，私立元智大學工業工程研究所，民國八十九年。
- [6]黃淑菊，『多廠規劃下訂單分派模式之建構』，碩士論文，國立交通大學工業工程與管理學系碩士班，民國九十年。
- [7]葉牧青，『AHP 層級結構設定問題之探討』，碩士論文，國立交通大學管理科學研究所，1989。
- [8]賴欣瑜，『晶圓製造廠多廠間生產規劃模式之構建』，碩士論文，國立交通大學工業工程與管理學系碩士班，民國九十年。
- [9]羅友廷，『模糊多目標混合式遺傳演算法在零工式排程系統之應用』，碩士論文，私立東海大學工業工程與經營資訊研究所，1999。
- [10]蘇木春，機器學習-類神經網路、模糊系統以及基因演算法則，全華出版社，1997。
- [11]蘇慶隆、詹榮忠、楊家和，『以遺傳演算法為基礎之二部機器以上排序法之最佳化』，長榮學報，第三卷，第二期，民國八十九年，69-85。
- [12]黃瑜珮，『提出一啟發式演算法應用於階層分佈式斐氏圖模式的彈性製造系統之排程』，碩士論文，逢甲大學工業工程學系，民國八十八年。
- [13]葉牧青，『AHP 層級結構設定問題之探討』，碩士論文，國立交通大學管理科學研究所，1989。
- [14]鐘國誌，『供應鏈生產指派與排程系統—以斐氏圖與遺傳算法為

基之合作模式』，碩士論文，私立東海大學工業工程與經營資訊研究所，民國九十年。

- [15]陳伯文，『代理人架構下分散式平行運算平台之設計與建構』，碩士論文，私立元智大學資訊管理學系碩士班，民國九十年。
- [16]Chen, J. C., Fan, Y. C., Wang, J. Y., Lin, T. K., Leea, S. H., Wu, S. C., Lan, Y. J., “Capacity Planning for a Twin Fab, Semiconductor Manufacturing Conference Proceedings”, 1999 IEEE International Symposium, pp. 317-320, 1999.
- [17]Cheng, R., Gen, M. and Y. Tsujimura, “A tutorial survey of job-shop scheduling problems using genetic algorithms-1 representation”, Computers Ind. Engng., Vol. 30, No. 4, pp983-997, 1996.
- [18]D. A. Koonce, S. C. Tsai, “Using data mining to find patterns in genetic algorithm solutions to a job shop scheduling”, computers & Industrial Engineering, 38, pp.361-374, 2000.
- [19]F. D. J. Bowden, “A Brief Survey and Synthesis of the Roles of Time in Petri Nets”, Mathematical and Computer Modelling, 31, pp. 55-68, 2000.
- [20]Fang, H. L., “Genetic Algorithm in timetabling and scheduling”, Ph. D. dissertation, Department of Artificial Intelligent, University of Edinburgh, 1994.
- [21]Forgaty, T. C., “Varying the probability of mutation in the genetic algorithm”, Proceedings of the 3rd International Conference on Genetic algorithms, pp104-109, 1989.
- [22]Frederix, F., “Planning and Scheduling Multi-Site Semiconductor Production Chains: A survey of needs, current practices and integration issues”, <http://www.nimblesite.com/xcittic/articles.htm>.
- [23]Goldberg, D. E., “Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Co.”, 1989.
- [24]Hong Zhou, Yuncheng Feng, Limin Han, “The hybrid heuristic genetic algorithm for job shop scheduling”, Computers & Industrial Engineering, 40, pp. 191-200, 2001.
- [25]Jyh-Horng Chen, Li-Chen Fu, Ming-Hung Lin, “Petri-Net and GA Based Approach to Modeling, Scheduling, and Performance Evaluation for Wafer Fabrication”, IEEE International Conference on

- Robotics & Automation, pp. 3403-3408, 2000.
- [26]Kim, G. H. and C. S. G.Lee, “An evolutionary approach to the job-shop scheduling problem”, Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol.1, pp501-506, 1994.
- [27]Michalewicz, Z., “Genetic Algorithm + Data Structures = Evolution Programs”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1994.
- [28]Murata, T. and H. Ishibuchi, “Performance evaluation of genetic algorithms for flowshop scheduling problems”, Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation, Vol. 2, pp812-817, 1994.
- [29]Oliver Holthaus, “Scheduling in job shops with machine breakdowns: an experimental study”, Computers & Industrial Engineering, 36, pp. 137-162, 1999.
- [30]P.-T. Chang and Y.-T. Lo, “Modeling of job-shop scheduling with multiple quantitative and qualitative objectives and a GA/TS mixture approach”, International Journal of Computer Integrated Manufacturing (IJCIM), Vol. 14, pp. 367-384. , 2001.
- [31]Petty, C. B., M. R. Leuze and J. J. Grefenstette, “A parallel genetic algorithm”, Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithm, pp155-161, 1987.
- [32]Pinedo, M., “Scheduling: theory, algorithms, and systems”, pp118-141, Prentice Hall, Inc., 1995.
- [33]Runwei Cheng, Mitsuo Gen, Yasuhiro Tsujimura, “A tutorial survey of job-shop scheduling problems using genetic algorithms-I. Representation”, Computers ind. Engng Vol. 30, No. 4, pp. 983-997, 1996.
- [34]Satty, T. L., “The Analytic Hierarchical Process”, McGraw-Hill, Inc., 1977.
- [35]Sauer J., Suelmann, G., Appelrath, H. J., “Multi-Site Scheduling with Fuzzy Concepts”, International Journal of Approximate Reasoning, vol. 19, Issue, 1-2, pp. 145-160, July 8, 1998.
- [36]Sauer, J., Appelrath, H. J., “Integrating Transportation in a Multi-Site Scheduling Environment”, Proceedings of the IEEE 33rd Annual Hawaii International Conference on system Scien.

- [37]Thierry, C., Besnard, P., Ghattas, D., Bel, G., “Multi-Site Planning : Non Flexible Production Units and Set-Up Time Treatment”, Emerging Technologies and Factory Automation, 1995. ETFA '95, Proceedings, vol. 3, pp. 261-269, 1995.
- [38]Timpe, C. H., Kallrath, J., “Optimal Planning in Large Multi-Site Production Networks”, European Journal of Operational Research, vol. 126, Issue. 2, pp. 422-435, October 16, 2000.
- [39]Ulrich Dorndorf, Erwin Pesch, “Evolution Based Learning in a Job Shop Scheduling Environment”, Computers Ops Res., Vol. 22, No. 1, pp. 25-40, 1995.
- [40]Weber, C.A., Current, J.R., “A Multi-objective Approach to Vendor Selection”, European Journal of Operational Research, Vol. 68, No. 2, pp. 173-184, 1993.
- [41]Wellman, M. A. and D. D. Gemmill, “A genetic algorithm approach to optimization of asynchronous automatic assembly systems”, International Journal of Flexible Manufacturing Systems, Vol. 7, pp27-46, 1995.
- [42]Wooldriage, M. and Jennings, N.R., “Intelligent Agents: Theory and Practice”, The Knowledge Engineering Review, pp115-130, 1995.
- [43]Yung-Yi Chung, Li-Chen Fu, Ming-Hung Lin, “Modeling and Scheduling for a Flexible Manufacturing System using Petri Net and Genetic Algorithm”, Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers, Vol. 19, No. 6, pp. 549-559, 1998.
- [44]Zhou, Q. and C.B. Besant, “An Information Management Architecture for Multi-site Production Planning and Control”, Aproject of Semiconductor Manufacturing, <http://www.nimblesite.com/xcittic/>, 1997.