


東 海 大 學

工業工程與經營資訊研究所

碩士論文

具訂單貢獻度之多目標多廠區  
生產指派與排程系統



研 究 生：陳堅元  
指 導 教 授：張炳騰 博士  
曾宗瑤 博士

中 華 民 國 九 十 七 年 六 月

**A Study of Multi-Site Production Assignment and  
Scheduling System with Order Contributivity  
Considered Multi-Objectives**

By  
Chien-Yuan Chen

Advisor : Dr. Ping-Teng Chang  
Dr. Tsueng-Yao Tseng

A Thesis  
Submitted to the Institute of Industrial Engineering &  
Enterprise Information  
at Tunghai University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
in  
Industrial Engineering & Enterprise Information

June 2008  
Taichung, Taiwan, Republic of China

# 具訂單貢獻度之多目標多廠區生產指派與排程系統

研究生：陳堅元

指導教授：張炳騰 博士

曾宗瑤 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。然而在過去的研究當中，大都是以生產總成本、產能限制、生產良率及利潤這些量性因素建立一線性規劃(LP)、整數規劃(ILP)、或混合式整數規劃(MILP)來找到最佳解、近似最佳解，作為判斷訂單分配決策的依據。可是卻沒有將訂單指派廠區以及評估訂單對廠區發展的適配程度的質性因素納入考量。

對於決定哪張訂單該到哪個製造廠生產加工，是作訂單指派時，會因應各個製造廠所面臨到不同的環境、技術以及市場，做出每張訂單指派廠區的權重以及順序的決定。由於規劃人員根據訂單指派廠區的因素在指派訂單時，並未考量到每張訂單對於每個廠區營運發展的中、長期影響，所以用訂單對廠區的適配程度來評估衡量。故訂單貢獻度的目的是在於讓企業在作訂單指派時，能考量到廠內作業排程的量性績效，又能顧及到訂單對製造廠區的未來發展性，進而讓企業整體的營運績效能提升。本研究將提出訂單貢獻度來評估每張訂單對廠區的貢獻程度，再配合廠內排程績效的結果，來解決在考量多目標下的多廠區訂單分配問題並提出適用的訂單指派與生產排程模式，提供一個解決此問題的雛形。

本研究以遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA)、混合式遺傳演算法(Hybrid-GA, HGA)以及蜂群優化演算法(Marriage in Honey Bees Optimization, MBO)來求算比較訂單指派至各廠的生產排程與各廠的產能平衡，以決定訂單的最佳指派廠區的配置。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，本研究擬提出一套具訂單貢獻度下考量多目標的多廠整合型生產指派與排程系統，最後透過Mixed-shop 排程實證問題，驗證本研究所提方法與求解模式的可行性及分析衡量此系統帶來的效益。

**關鍵字：多目標、多廠區訂單指派、訂單貢獻度、遺傳演算法、蜂群優化演算法**

# **A Study of Multi-Site Production Assignment and Scheduling System with Order Contributivity Considered Multi-Objectives**

Student : Chien-Yuan Chen

Advisor : Dr. Ping-Teng Chang

Dr. Tsueng-Yao Tseng

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. However, most of the previous studies, make a orders decision-making for the allocation with total cost of production, capacity constraints, production yields and profits of these factors to establish a linear programming (LP)·integer linear programming (ILP)·mixed integer linear programming (MILP) model for optimization or near optimization. But, they have not considered qualitative factors of the order assignment and order fitness.

To decide which of the orders to which of the factory to manufacture, each factory will face a different environment, technology and markets. As planning staff have not taking into consideration each of orders for each plant operating in the development of long-term impact. So, we use orders fitness to assess the extent to measure. Therefore, the purpose of the orders contributivity is to allow enterprises to assign orders, we can consider that the factory operations of the scheduling of the performance, but also take into account the orders to factories for the future development and then allow enterprises to the overall operating performance upgrading. Our research will offer a order contributivity of each factory, coupled with the plant scheduled performance results to solve the order assignment and scheduling problems in multi-objectives under the multi-site.

Our research using hybrid-genetic algorithms method and marriage in honey bees optimization method for production assignment's scheduling and each plant's capacity balancing to determine optimal order's allocation. Consequently, our research proposes an optimization of multi-site integrated production assignment and scheduling system.

**keywords : multi-objectives, multi-site order assignment, order contributivity, genetic algorithms, marriage in honey bees optimization**

## 誌謝

在研究所的這兩年，經歷了許多的困難、挫折與低潮，很開心周遭的朋友、同學以及親愛的家人給與我信心、為我打氣。回想這兩年的點點滴滴，首先要感謝的是給與我相當多指導以及教誨的張炳騰博士，不僅給與課業上的指導，對於未來的人生方向也從老師那邊受益良多。一直以來跟老師是亦師亦友的關係，也很珍惜這緣分。真的要再次感謝老師的教導。

在口試期間，承蒙曾宗瑤博士、白炳豐博士、時序時博士特別撥空審閱論文，提供寶貴意見與指導，使我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。

這兩年的研究過程，感謝國平、志昇、龍廷、舜麟學長在課業及生活上的幫忙，同學肥肥、維揚、明燕以及竣翔的相互扶持，一起走過最艱難的時光。此外亦感謝 Blue、布拉拉、白鬼、憲耀和芝婷，讓我在低潮的時候，讓研究室依然能擁有歡笑。

也要感謝平常聽我抱怨、吐苦水的遊園北路好朋友們、還有最親愛的父母及家人的關懷與照顧，讓我在求學的過程，可以在無憂無慮的環境下，順利的完成學業。真的感謝所有曾經感謝以及幫助過我的人～

陳堅元 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊所

智慧知識系統研究室

民國九十七年七月

# 目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
<b>第一章 緒論</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究方向與目的.....	1
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究方法與步驟.....	2
1.5 論文架構.....	3
<b>第二章 文獻探討</b> .....	<b>5</b>
2.1 多廠規劃.....	5
2.1.1 多廠規劃問題之描述.....	5
2.1.2 多廠規劃應用文獻.....	5
2.2 排程問題之描述.....	9
2.2.1 排程問題之分類.....	9
2.2.2 多目標排程應用文獻.....	11
2.3 遺傳演算法.....	15
2.3.1 編碼.....	17
2.3.2 運算子.....	20
2.3.3 遺傳演算法於排程問題之應用.....	23
2.4 禁忌搜尋法.....	25
2.4.1 禁忌搜尋法簡介.....	25
2.4.2 禁忌搜尋在排程問題之應用.....	27
2.5 蜂群優化演算法.....	27
2.5.1 蜂群優化演算法之簡介.....	27
2.5.2 蜂群優化演算法之應用.....	28
<b>第三章 系統架構設計</b> .....	<b>29</b>

3.1 系統架構原理.....	29
3.2 訂單貢獻度之質性因素模式架構.....	31
3.3 多廠指派與排程之架構.....	35
3.4 多廠作業排程規劃.....	38
3.4.1 排程演算法.....	39
3.5 量性因素模式架構.....	42
3.5.1 製距績效評估.....	43
3.5.2 交期滿足度評估.....	43
3.5.3 工作站使用率評估.....	44
3.6 遺傳演算法之運作.....	45
3.6.1 編碼表示法.....	45
3.6.2 初始族群的產生.....	45
3.6.3 交配運算子設計.....	47
3.6.4 突變運算子設定.....	48
3.6.5 育種選擇.....	49
3.7 混合式遺傳演算法之設計.....	50
3.8 蜂群優化演算法之運作.....	53
<b>第四章 系統實證.....</b>	<b>58</b>
4.1 實證問題說明.....	58
4.2 質性資料評估.....	61
4.3 基本參數設定.....	63
4.4 (混合式)遺傳演算法與蜂群優化演算法之比較.....	65
4.5 本章小結.....	83
<b>第五章 結論與未來研究方向.....</b>	<b>84</b>
5.1 研究總結.....	84
5.2 未來研究方向.....	84
參考文獻.....	85
附錄一.....	92
附錄二.....	96
附錄三.....	106

## 表目錄

表 2.1 多廠區規劃之文獻整理.....	7
表 2.2 排程績效目標.....	10
表 2.3 多目標排程文獻整理.....	13
表 2.4 遺傳演算法之優缺點歸納表.....	24
表 3.1 質性與量性因素表.....	30
表 3.2 各訂單作業之基因.....	51
表 3.3 $S_1$ 的鄰域.....	52
表 3.4 $S_2$ 的鄰域.....	52
表 3.5 $S_3$ 的鄰域.....	52
表 3.6 $S_4$ 的鄰域.....	52
表 3.7 各訂單作業之基因.....	55
表 3.8 鄰域解搜尋.....	56
表 4.1 訂單資料.....	58
表 4.2 訂單指派廠區權重順序優勢值.....	61
表 4.3 訂單相對重要程度.....	62
表 4.4 訂單於各廠間修正前、修正後之優勢值.....	62
表 4.5 訂單於各廠區間的適配度.....	63
表 4.6 質性與量性之權重值.....	63
表 4.7 量性因素之權重值.....	63
表 4.8 遺傳演算法中參數之設定值.....	64
表 4.9 混合式遺傳演算法中參數之設定值.....	64
表 4.10 蜂群優化演算法中參數之設定值.....	64
表 4.11 工作站使用率(GA).....	65
表 4.12 訂單交期滿足度(GA).....	65
表 4.13 最適排程結果(GA).....	66
表 4.14 工作站使用率(HGA).....	71
表 4.15 訂單交期滿足度(HGA).....	71
表 4.16 最適排程結果(HGA).....	72
表 4.17 工作站使用率(MBO).....	77
表 4.18 訂單交期滿足度(MBO).....	77
表 4.19 最適排程結果(MBO).....	78



## 圖目錄

圖 1.1 論文流程架構.....	4
圖 2.1 一般遺傳演算法運作流程.....	15
圖 2.2 分支圖.....	19
圖 2.3 禁忌搜尋法運作流程.....	26
圖 2.4 蜂群優化演算法運作流程.....	28
圖 3.1 系統流程示意圖.....	29
圖 3.2 多目標限制適應函數架構圖.....	31
圖 3.3 訂單貢獻度之架構圖.....	35
圖 3.4 多廠混合式生產系統示意圖.....	39
圖 3.5 作業排程流程圖.....	42
圖 3.6 交期之模糊隸屬函數.....	44
圖 3.7 遺傳演算法之編碼表示法示意圖.....	45
圖 3.8 上半部基因初始族群示意圖.....	46
圖 3.9 下半部基因初始族群示意圖.....	46
圖 3.10 交配示意圖.....	48
圖 3.11 突變示意圖.....	49
圖 3.12 混合式 GA 運作流程圖.....	53
圖 3.13 蜂群優化演算法之編碼表示法示意圖.....	54
圖 3.14 蜂群優化演算法步驟圖.....	57
圖 4.1 GA 適應函數值趨勢圖.....	65
圖 4.2 GA-廠 I 之生產排程結果.....	68
圖 4.3 GA-廠 II 之生產排程結果.....	69
圖 4.4 GA-廠 III 之生產排程結果.....	70
圖 4.5 HGA 適應函數值趨勢圖.....	71
圖 4.6 HGA-廠 I 之生產排程結果.....	74
圖 4.7 HGA-廠 II 之生產排程結果.....	75
圖 4.8 HGA-廠 III 之生產排程結果.....	76
圖 4.9 MBO 適應函數值趨勢圖.....	77
圖 4.10 MBO-廠 I 之生產排程結果.....	80
圖 4.11 MBO-廠 II 之生產排程結果.....	81
圖 4.12 MBO-廠 III 之生產排程結果.....	82

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

在製造業中，產品的生產數量往往取決於顧客之需要。當市場有強烈需求時，會有需求大於供給的情況，可能會有工廠面臨產能無法負荷市場需求的情形。企業若無法在數量與交期上滿足市場需求時，會造成訂單的流失與錯失獲利的契機。因此，企業會考慮以增建新工廠、擴充生產線或是將部份訂單外包給其他企業的措施，以避免因本身的產能不足而流失訂單。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。

目前有許多關於多廠區訂單指派的研究，然而在這些的文獻當中，大都是以生產總成本、產能限制、生產良率及利潤這些量性因素建立一線性規劃(LP)、整數規劃(ILP)、或混合式整數規劃(MILP)來找到最佳解、近似最佳解，作為判斷訂單分配決策的依據。可是卻沒有將訂單指派時的質性因素、以及訂單對廠區的貢獻給納入考量。

因此，在多廠區訂單指派時，考量質性與量性的因素是非常重要的。然而，在過去考慮多個質性與量性目標的研究中，大都是自訂權重、隨機產生權重或者因素間的權重都相等，導致因素決定太過主觀，以至於在評估目標作決策時不準確。所以，本研究擬解決此在考量多目標下的多廠區訂單分配問題並提出適用的訂單指派與生產排程模式，提供一個解決此問題的雛形。

## 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。

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，在考量多種目標的情況下，利用 AHP 法則客觀的決定出每項因素的權重，以建立一訂單指派模式，之後以遺傳演算法及蜂群優化演算法來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。

### 1.3 研究範圍

在一般的排程問題中是以零工式(Job shop)類型最為複雜。過去傳統的流程式(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。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。

然而，現在的製造工廠加工產品大多是先經過某些固定的加工作業後，才依顧客不同的需求來對產品加以加工，成為結合流程式與零工式的製造方式。因此，本研究以混合式(Mixed-shop)生產做為本研究在製造廠中的生產方式。

除此之外，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。所以本研究提出蜂群優化演算法來與結合基因傳演算法與禁忌搜尋法概念的運算模式做分析比較，擬發展出一套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

本研究主要是透過電腦實驗的方式進行研究，實驗的對象為一假設的多廠 Mixed-shop 排程問題，以此排程問題對本研究所提的遺傳演算法、混合式遺傳演算法與蜂群優化演算法在多目標衡量下分為兩部分各進行實驗，最後再依據實驗數據與結果作分析討論。本研究主要可分為三個步驟：

#### 1. 多目標排程架構之設計

確認排程環境中的多重目標因素，並將其區分為質性與量性二種類型。利用 AHP 法評估質性因素，同時制定量性與質性因素的權重。依據選擇的因素設計演算過程中之多目標函數。建構以遺傳演算法、混合式遺傳演算法與蜂群優化演算法為基礎的多目標排程系統。

#### 2. 多階多廠機器模式之建立

在此部分中，對加工作業採取批量分割，並局部調整子批量加工時間，提出多階多廠機器的作業排程演算法。

### 3. 電腦實驗

以遺傳演算法、混合式遺傳演算法與蜂群優化演算法，進行模擬實驗，藉由實驗數據的分析以驗證本研究之系統架構。

## 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、排程規劃、遺傳演算法、蜂群優化演算法等相關文獻；第三章則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 1.1。

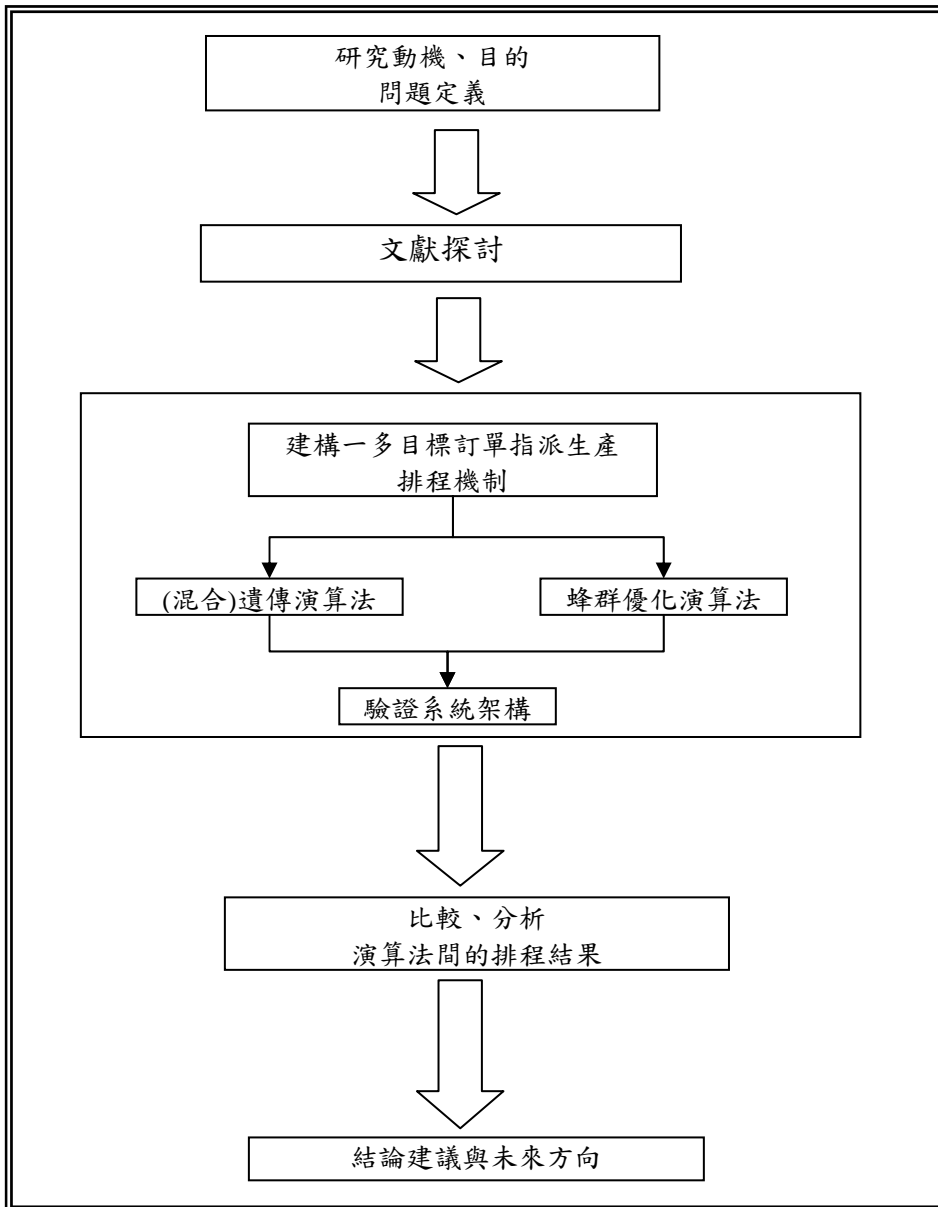


圖 1.1 論文流程架構

## 第二章 文獻探討

### 2.1 多廠區規劃

#### 2.1.1 多廠規劃問題之描述

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。因而一套良好的多廠生產規劃模式是不可或缺的因素。在考量不同加工環境下之產能規劃，並以廠的數目加以分類區分成單廠 (Single-site) 與多廠區 (Multi-site) 之生產環境。現今實務上考量之產能規劃大多為多廠區之產能規劃。

多廠區之產能規劃問題為考量生產鏈上所有加工廠之生產狀況，規劃各廠區之產能，決定未來各期間內各廠區最適生產的產品種類以及數量。當產能不足夠時，則考慮是否購買新的瓶頸機台或附屬設備以及擴充的數量與時間點來滿足尚未滿足之需求量，使整體規劃之目標最佳化。

#### 2.1.2 多廠規劃應用文獻

Thierry, et al. (1995)指出多廠區問題主要決定產品在不同廠區間的生產以及不同時段間的運送問題，作者並認為這是限制條件滿足(constraint satisfaction)問題，應同時考量並滿足先前關係、資源限制、交期以及運送限制(transportation constraint)。Bullinger et al. (1997)提出以物件導向(object-oriented)模式規劃多廠區生產，由於以物件導向為方法，也易於廣泛的應用在不同領域。Sauer et al. (1998)將多廠區生產系統的排程問題分為全域(global)排程、區域(local)排程與運輸排程。全域層次的主要任務是產生每個位置(location)中需要被製造的中間產品(intermediate product)之需求量及不影響其他廠區的同時，提供足夠的彈性使得區域排程(指的是單一位置)能夠反應區域性的干擾事件，它藉由加入緩衝時間的啟發式法則及模糊技術來最佳化機器群組的平均負荷。Pirkul and Jayaraman (1998)提出分配網路(distribution network)策略性設計問題，並且探討多樣、多階運籌探討運送與配送的問題，作者以有限產能以及倉儲供應鏈規劃問題為例，提出一套以Lagrangian relaxation為啟發法則之整數規劃(mixed integer programming)模式。Rous et al. (1999)提出一套整合性的模式，並應用在多廠區的排程以及規劃，主要是訂出一套可行解，包含各機台上批量的順序

問題以及各廠間的排程先後次序問題。Vercellis (1999)考量主生產規劃(master production planning, MPS)以及產能配置(capacity allocation)問題求解一多廠間生產問題。Timpe and Kalltrah (2000)提出以時間為基礎之線性整數規劃模式，涵蓋相關整個多廠生產網路之供應鏈管理，作者將生產(production)，配送(distribution)，行銷(marketing)，工廠產地(production site)以及銷售點(sales point)納入考量。Guinet (2001)提出以二階(two-level)式生產管理手法管理多廠生產系統，分為全域(global)的多廠生產規劃以及區域(local)的多現場排程。Jayaraman and Pirkul (2001)提出一啟發式的法則加上拉式鬆弛法來解決廠區到倉庫間的固定及變動的總成本最小。Sambasivan and Schmidt (2002)提出一啟發式法則解決多廠多階的廠內運送(inter-plant transfers)問題。Moon et al. (2002)以多廠間整合型規劃排程(integrated process planning and scheduling)模式為概念，並考量替代機台選擇與順序，利用基因演算法(GA)求解最小化總延遲時間(total tardiness time)。Leung et al. (2003)提出一多目標模式解決生產規劃問題，求解最大化訂單利潤，並加入生產懲罰(production penalties)變數，以及最小化人力(work force)變動。Gnoni et al. (2003)對於多廠製造系統之批量(lot sizing)及排程問題，以產能限制、不確定多產品及多區間需求(multi-period demand)加以考量並求解。作者提出一混合模式(hybrid modeling)方法，並加入模擬方法(simulation model)求解。Levis and Papageorgiou (2004)提出一系統化數學規劃模式，求解一製藥業之多廠(multi-site)產能規劃問題。Jolayemi and Olorunniwo (2004)提出一確定性(deterministic)模式解決多廠(multi-site)與多倉儲間(multi-warehouse)之生產規劃與運送問題，並求解最大化利潤。Chan et al. (2005)利用AHP來組織考量多準則的目標：總成本、達交前置時間、機器使用率，與GA合併來求解。Kanyalkar and Adil (2005)提出一啟發式解法Mixed Integer Linear goal Programming (MILGP)的兩階段規劃求解最小化存貨變異、最小化成本。Moon and Seo (2005)以多廠間整合型規劃排程(integrated process planning and scheduling)模式為概念，並考量替代機台選擇與順序，利用進化演算法(EA)求解最小化製距。Leung et al. (2007)針對最小化生產成本、勞力成本、存貨成本…等做最小化的求解，之後有對解的穩健性與模型的穩健性做取捨的分析。整理如下表2.1：

表 2.1 多廠區規劃文獻整理

作者	Model	求解方法	考量之目標	備註
Thierry et al. (1995)	MRP Model 的延伸	中央規劃控制系統 (Centralized multi-site planning and control)	產能限制、需求、運送、整備時間	
Saue et al. (1998)	分為全域(global)排程、區域(local)排程與運輸排程	Knowledge-based、Fuzzy system	降低分散式排程的複雜度，同時改善解的品質	加入緩衝時間的啟發式法則及模糊技術來最佳化機器群組的平均負荷
Pirkul et al. (1998)	Integer Linear Programming (ILP)	拉式鬆弛法+啟發式解法	最小化固定設置成本、最小化工廠經由倉庫到經銷商的單位運送變動成本	
Rous et al. (1999)	Linear Programming (LP)		最小化成本、各機台上批量的順序、各廠間的排程先後次序	
Vercellis (1999)	{0, 1} LP	啟發式演算法	最小化上下游的製造成本、存貨成本、短缺成本、運輸成本及加班成本	
Timpe and Kalltrah (2000)	Mixed-Integer Linear Programming (MILP)	MILP-solver XPRESS-MP	最大化銷售、最大邊際產出、最小總成本	
Guinet (2001)	LP	主對偶演算解法	最小化固定與變動成本(製造成本、運輸成本...等)	
Jayaraman and Pirkul (2001)	MILP	拉式鬆弛法+啟發式解法	固定成本與變動成本的總成本最小化	
Moon et al. (2002)	IPPS (integrated process planning and scheduling)	遺傳演算法	最小化總延遲時間、替代機台選擇與順序	
Sambasivan and Schmidt (2002)	MILP	LINDO 與啟發式演算法	有限產能、工作平準化	
Leung et al. (2003)	LP	LINDO	最大化利潤、勞力成本最小、產能與機器利用率	加入模擬方法(simulation model)求解
Gnoni et al. (2003)	MRP multi-site		最小化存貨成本、整備成本、製造成本...等	



作者	Model	求解方法	考量之目標	備註
Bernard et al. (2003)	MultiSite Reactive Production Activity Control (MSR-PAC)	MSR-PAC Model	考量廠區間的運送成本至MSR-PAC評估模式中	
Jolayemi et al. (2004)	{0, 1} MILP	LINDO	最大化利潤	後面有做非線性下的探討 ex: 生產成本、運輸成本...等
Levis and Papageorgiou (2004)	MILP	啟發式演算法	稅後現值最大	
Chan et al. (2005)	LP	GA+AHP	總成本、達交前置時間、機器設備使用率	
Kanyalkar and Adil (2005)	Mixed Integer Linear goal Programming (MILGP)	啟發式演算法	最小化存貨變異、最小化成本	
Moon and Seo (2005)	Traveling Salesman Problem (TSP)	Evolutionary Algorithm (EA)	最小化製距	
Leung et al. (2007)	LP	LINDO	最小化生產成本、勞力成本、存貨成本...等	文獻後面有對解的穩健性與模型的穩健性做取捨的分析
Lin and Chen (2007)	LP	LINGO	最小化總成本，包括：製造、存貨、缺貨、採購、運送、設置成本	

資料來源：本研究整理

在進行多廠區生產規劃，大多以階層式的規劃方式，而根據規劃的流程可以分為三種：

#### 1. 由上而下(top down)規劃方式

由上層多廠區生產規劃系統規劃完的計畫，而下層單廠區生產規劃系統完全接收規劃結果，並不立即回饋給多廠區生產規劃系統。

#### 2. 由下而上(button up)規劃方式

先由下層單廠區生產規劃系統規劃後，再由上層多廠區生產系統規劃，並將結果交給單廠區生產規劃系統調整；

### 3. 混合(mix)規劃方式

先由上層多廠區生產規劃系統規劃後，再交由下層單廠區生產規劃系統規劃決定單廠區的主生產排程，接續回饋給多廠區生產規劃系統決定最後的輸出結果。

而綜合這三種規劃方式，由上而下的規劃方式是屬於集中式的規劃，而由下而上以及混合式的規劃方式則是屬於分散式的規劃方式。所以在多廠區生產規劃的方式，有集中式或分散式兩種規劃方式。然而在上述的文獻當中，主要是以多廠的訂單指派為主，但實際上在訂單指派之後有預先做廠內排程的文獻，則是很少。

## 2.2 排程問題之描述

所謂排程是在有限資源的限制下，將訂單、或生產計畫轉換成生產活動的過程，考慮生產活動中各個時間點的最佳配置。換言之，排程問題是決定所有工作在機器上加工的起始時間以及加工順序，所以排程問題乃是同時考慮資源限制和執行限制之最佳化問題。

### 2.2.1 排程問題的分類

在吳(1996)中指出排程問題可以依下列四項資訊加以分類

- 1.工作及作業之特性：在排程問題中，若訂單數目及作業內容均為固定且為已知，則此種排程問題稱為靜態(static)排程問題；反之，若訂單數目或作業內容會隨時間之變動而改變，則成為動態(dynamic)排程問題。此外，若訂單在機器上的加工時間為固定，則稱此類排程問題具有確定性(deterministic)；反之，若訂單在機器上的加工時間不固定，為某種機率分配，則稱此類排程問題具有隨機性(stochastic)。
- 2.排程之技術限制：此類限制規則定義了訂單受限於機器的特性，如：
  - (1)一台機器一次僅能加工一個訂單。
  - (2)訂單沒有一定的加工途程。
- 3.若以工廠中的機器數目及型態可分為：
  - (1)單機單階：一台機器，且訂單只有一個作業。
  - (2)多機多階：有多部相同的機器，每張訂單在機器需進行多個作業。
  - (3)多階流程式工廠(Flow shop)：所謂流程式工廠是一多階作業的加工程

序，若是所有訂單的機器途程均相同，則此流程型態稱之為淨(Pure)流程式工廠。但若是某些訂單可以跳過某些作業，則稱為非淨(Unpure)流程式工廠。

(4)多階零工式工廠(Job shop)：相較於流程式工廠，在零工式的生產環境每一訂單各有其加工順序。

#### 4. 衡量標準：排程品質之衡量大致可分為兩類

(1)尋求成本最小：常用的衡量標準有生產的固定成本、整備成本、變動成本、存貨成本、延遲成本、與缺貨成本等。運用此類衡量標準必須制訂成本函數始能以成本衡量，而成本函數的設定則較具主觀性。

(2)尋求績效最佳：因衡量績效目標不同所產生排程解亦不盡相同，常見的交期滿足、最小化總製距時間、最小化平均流程時間、最小化最大延遲時間...等，Mellor 提出 27 種排程可能考慮的目標，如表 2.2。

表 2.2 排程績效目標

1. 設備閒置時間最小化(minimum idle facility investment)
2. 在製品數量最小化(minimum in-process inventory)
3. 設備整備成本最小化(minimum facility set-up cost)
4. 平穩化勞動量(day to day stability of work force)
5. 交期滿足(adherence to promised shipping date)
6. 產出率最大化(maximum output(product rate))
7. 物料持有成本最小化(minimum materials-handling cost)
8. 訂單優先次序的滿足(adherence to arbitrary job priorities), such as arise in dealing with preferred customers, emergency repair parts, etc.
9. 加工合理性(technological feasibility)
10. 變換生產時的敏感度(sensitivity to possible production change)
11. 彈性(general flexibility)
12. (non-dependence on unreliable process)
13. 保留生產力予緊急插單(reverse capacity for rush order)
14. 廠內運送排程最佳化(optimal in-plant transportation schedule)
15. 運送成本最小化(minimum shipping cost)

16. 預期成本最小化(minimum total expected costs, primarily in theoretical investigations)
17. 設備使用率最大化(maximum weighted facility utilization)
18. 人力使用率最大化(maximum utilization of manpower)
19. 勞工績效(optimal assignment of various labor grades)
20. 原物料存貨最小化(minimum raw material in inventory)
21. 最終成品最小化(minimum finished product inventory)
22. 存貨投資最小化(minimum investment in inventories)
23. (minimum obsolescence and deterioration of product)
24. 特定產品製距最小(shortest make-span for certain products)
25. 製距最小化(minimum overall fabrication span)
26. 損失風險最小化(minimum risk of excessive losses)
27. 預防價格的改變(anticipated changes in price)

資料來源：Mellor (1966)

### 2.2.2 多目標排程應用文獻

實務上的生產排程規劃並非僅追求單一目標，往往同時考慮多個目標，Pinedo 及 Chao (1999) 指出在實務上的排程問題通常包含多個目標。Mellor (1966) 摘要了 27 項常見排程規劃指標，一般所考慮的量化目標有：交期、機器使用率、製距，…等。現實環境中還存有另外的質性因素，例如：公司策略因素、生產的品質、顧客的歷史交易、顧客的重要程度、或是該訂單所需物料的廠區供應商供貨能力等。而目前多數關於排程研究中，相關文獻多著重於僅考慮量化方面目標，很少提及質性因素，亦忽略其質性限制資源，所發展的排程演算法多是以單一目標作為排程績效衡量的基礎，進行排程規劃，在追求單一績效最佳化的同時，無法兼顧其他績效考量。

關於多目標排程的文獻中(Itoh et al., (1993); Daniels, (1994); Neppalli et al., (1996); Murata et al., (1996); Ishibuchi and Murata, (1998); Kim et al., (1998); Min et al., (1998); Chang and Lo, (2001) )，其所關注的目標多是針對製造現場的生產績效指標，如製距、流程時間、機器使用率、最小延遲

時間...等，Baker (1984)指出有關這些排程的績效指標大致可以分成兩種類型：現場時間績效(shop time performance)與交期滿足績效(due date performance)。而 Brown (1997)則提出在整個多目標的環境中，對於在規劃生產排程時應考量市場(marketing)與生產(production)兩大類型的因素。在求解方面，Kim et al. (1998)；Min et al. (1998)是以類神經收集現場狀態搭配派工法則來訓練、建構一排程系統。Ishibuchi and Murata (1998)；Murata et al. (1996)；Neppalli et al. (1996)的研究中採用遺傳演算法來進行搜尋求解，其著重於演算法中各運算子的設計使得求解過程能更有效率，Ishibuchi and Murata (1998)；Murata et al. (1994)為了避免限定演算的搜尋方向，在其研究中的權重是以隨機方式產生。Chou and Lee (1999)；Rajendran and Ziegler (1999)；Danneberg et al. (1999)；Rajendran and Ziegler (2003)；Allahverdi (2003)；Lin and Liao (2003)各利用不同法則的啟發式演算法求解流程式排程的問題。Chang and Lo (2001)以零工式排程環境，以 GA 和 TS 啟發式演算法解決多目標排程問題，此多目標函數結合了質性與量性指標，成功解決多目標排程問題。Lee (2001)[46]求解具有最小化交期懲罰函數、存貨成本以及加工成本為績效目標之多機雙階製造系統的排程問題，其利用許多種求解方法並比較其優劣，而其中以雙階段的禁忌搜尋法之求解表現較佳。Esquivel et al. (2002)利用優先順序列表決定最小化多目標函數中製距、提早完成時間及加權完成時間中各項權重，並以提升轉移演算法。(Enhance devolutionary algorithms)求解。Chang et al. (2002)針對多目標流程式排程問題，運用 Gradual-Priority Weighting (GPW)制訂各項績效目標權重，並使用遺傳演算法求解。Framinan et al. (2002)根據製距及流程時間最小化作為績效目標，且使用 posteriori heuristic 制訂權重，以 NEH(Nawaz Ensore Ham, NEH)啟發式解法求解。Ghrayeb (2003)利用遺傳演算法以模糊的觀點出發，求解模糊製距(FM)不確定性及積分值最小化作為績效目標的排程問題。Ishibuchi et al. (2003)以製距、最大延遲最小化為目標，運用局部搜尋多目標遺傳演算法(MOGLS) 及多目標演化尋優法求解。Allahverdi (2004)以製距跟最大延遲時間為目標，實驗三組在不同的權重下的結果。Birman and Mosheiov (2004)以 Johnson 演算法來求解最大提早完成時間、最大延遲及交期成本。Ravindran et al. (2005)以 CR 法為基的啟發式演算法來求解總流程時間與製距，主要在測試不同的主次要關係。Gupta and Sivakumar (2005)以平均週期時間、平均延遲時間與機器使用率為目標，利用間斷事件

模擬的方法來求解。Loukil et al. (2005)利用模擬退火法來求解單機排程、平行機、流程式排程，其考量的目標權重都為自訂。Varadharajan et al. (2005)利用模擬退火法來求解以製距及總流程時間為目標的問題。Low et al. (2006)提出一啟發式的法則來解決彈性製造系統的平均流程時間、平均延遲數目與平均機器延遲時間。Martin Josef Geiger (2007)利用鄰域搜尋法來求解以製距、總完成時間、最大延遲時間、總延遲時間、延遲訂單數及總機器延遲時間為目標的排程問題。Petrovic et al. (2007)以最小製距、最小延遲工作數及最小懲罰成本為目標，利用 GA 來解決此排程問題。

本研究整理多目標排程相關文獻，其包含應用的排程問題形態、求解方法、考量目標、權重製定，整理如下表 2.3：

表 2.3 多目標排程文獻整理

作者	排程型態	求解方法	考量之目標	權重制訂
Itoh et al.(1993)	零工式排程	TLAS	最小化平均延遲時間 最小化平均流程時間	設定為 0.5
Daniels(1994)	單機排程	派工法則	最小化總流程時間 最小化最大延遲 最小化延遲數目	依照各目標 成本制訂
Murata et al. (1996)	流程式排程	遺傳演算法	最小化製距 最小化總延遲 最小化總流程時間	隨機方式決定
Kim et al. (1998) Min et al. (1998)	彈性製造系統	競爭式類神經訓練機器、工件、儲位以及搬運車選擇之派工法則搭配組合	最小化總流程時間 最小化平均延遲時間、最小化平均流程時間、加工機器平均使用率、搬運車平均使用率、最小化製距、系統平均工單數、平均在製品	依照各單一目標設定水準值，再予以評估。
Chou and Lee(1999)	流程式排程	啟發式演算法	加權總流程時間 製距	自訂權重， 相加為 1
Rajendran and Ziegler(1999)	流程式排程	啟發式演算法	加權總流程時間 加權延遲工作	直接加總
Chang and Lo (2001)	零工式排程	GA/TS	作業順序 (job-sequence) 最小化製程時間 交期滿足 機器利用率	層級分析法 (AHP) 訂定 權重
Kacem et al.(2002)	彈性零工式排程	AL/CGA	最大機器利用率 總機器利用率、製距	權重設定為 1：1：1

作者	排程型態	求解方法	考量之目標	權重制訂
Esquivel et al.(2002)	零工式排程	提升轉移演算法 (Enhance devolutionary algorithms)	製距 提早完成時間 加權完成時間	優先順序列表決定
Chang et al.(2002)	流程式排程	GA	製距 總流程時間 總延遲 最大延遲	運用 gradual-priority weighting 制訂權重
Framinan et al.(2002)	流程式排程	NEH 啟發式解法	製距 流程時間	以 posteriori heuristic 制訂權重
Ghrayeb (2003)	零工式排程	遺傳演算法	模糊製距的不確定性，模糊製距的積分值	自訂權重
Ishibuchi et al.(2003)	流程式排程	局部搜尋多目標遺傳演算法、多目標演化尋優法	製距 最大延遲	pseudoweight vector
Allahverdi (2003)	流程式排程	啟發式演算法	加權製距和平均流程時間	設定為 0.1,0.9
Lin and Liao(2003)	流程式排程	啟發式演算法	加權最大延遲	根據各成本設定權重
Allahverdi (2004)	流程式排程	DCH/SAH/MNEH /PH	製距 最大延遲	實驗三組： 0.25 : 0.75 0.5 : 0.5 0.75 : 0.25
Birman and Mosheiov (2004)	流程式排程	Johnson 演算法	最大提早完成 最大延遲 交期成本	自訂權重
Ravindran et al. (2005)	流程式排程	CR 法為基的啟發式演算法	總流程時間 製距	測試不同 主次要關係
Gupta and Sivakumar (2005)	單機排程	間斷事件模擬方法	平均週期時間 平均延遲時間 機器使用率	自訂權重
Loukil et al. (2005)	單機排程、平行機、流程式排程	模擬退火法	平均權重完工時間 平均延遲時間、平均提早完成時間、製距 最大延遲時間、最大提早完成時間、延遲 訂單數	自訂權重
Varadharajan et al. (2005)	流程式排程	模擬退火法	製距 總流程時間	製距： 0.1666 總流程時間： 0.8334
Low et al. (2006)	彈性製造	啟發式演算法	平均流程時間	權重為

作者	排程型態 系統	求解方法	考量之目標	權重制訂
			平均延遲數目 平均機器延遲時間	1:1:1
Martin Josef Geiger (2007)	流程式 排程	鄰域搜尋法	製距、總完成時間、 最大延遲時間、總延 遲時間、延遲訂單數 總機器延遲時間	測試 12 組 績效指標組 合，每種組 合內權重相 等
Petrovic et al. (2007)	零工式 排程	GA	最小製距、 最小延遲工作數、 最小懲罰成本	自訂權重

資料來源：本研究整理

## 2.3 遺傳演算法

遺傳演算法 (Genetic algorithm, GA) 為 Holland 於 1975 年所發表的一種應用於適應性系統 (adaptive system) 的搜尋機制，其應用原理是利用計算機的計算速度優勢，仿效自然生態運作「物競天擇、適者生存」的方式，藉由演算法的汰換機制，淘汰較差的族群與部分群體間交配、突變來求解最佳化問題。一般遺傳演算法運作的流程大致如圖 2.1。

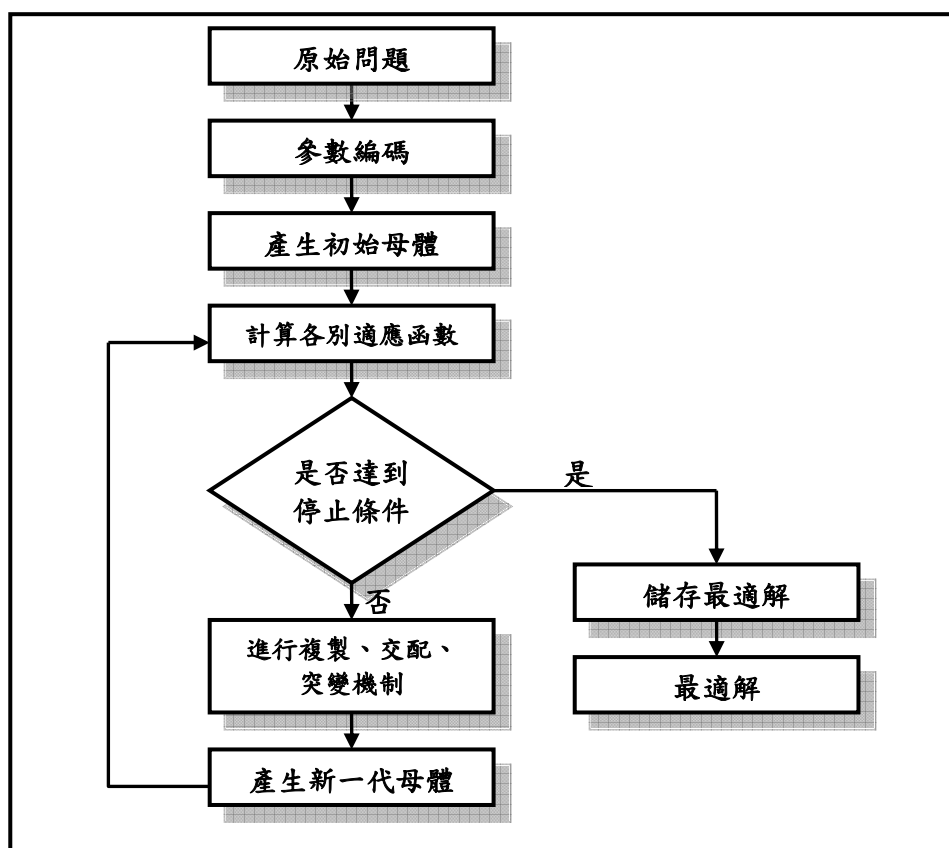


圖 2.1 一般遺傳演算法運作流程



Michalewicz (1994) 整理出運作遺傳演算法的五個基礎步驟：

- 1、以基因型態表示問題的特徵或解答：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。
- 2、創造任意數目的初始解答：在遺傳演算法開始運作之前，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 (1989) 則提出產生初始狀態的方法會影響演算法的搜尋績效。
- 3、評估功能的建立-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。
- 4、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。Murat (1994) 以 10 種不同的交配方式對於流程式排程問題進行電腦模擬測試，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 (1994) 以 4 種不同的突變方式來進行試驗。

5、參數的設定：在遺傳演算法的運算過程中，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 (1989) 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。

### 2.3.1 編碼

在 Cheng (1997) 的研究報告中，曾調查使用遺傳演算法求解 JSP 時，常見的表示方法。說明如下：

#### 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  $3 \times 3$  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  $3 \times 3$  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 ( $m_1, m_2, m_3$ ) :  $X_{231} \quad X_{232} \quad X_{233} = 1 \quad 1 \quad 0$

然後再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 2.2）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形成一循環狀（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。

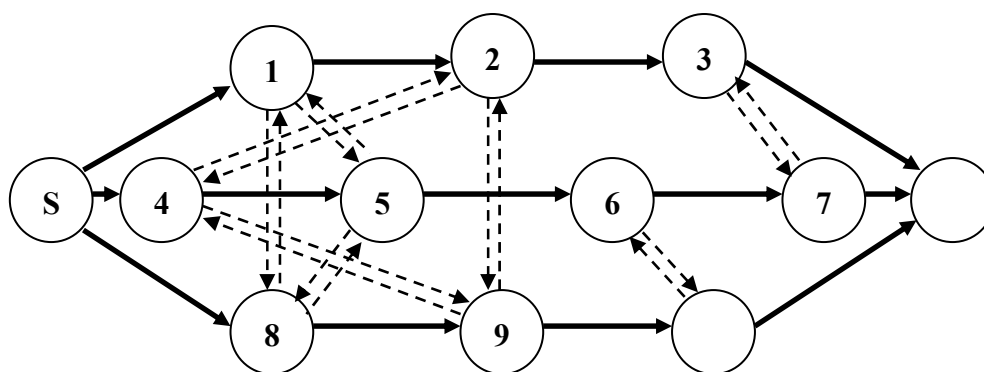


圖 2.2 分支圖

## 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 0~1 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  $3 \times 3$  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。

### 2.3.2 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 Fang (1994) 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，隨機產生一個切點進行交配。

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 ]

在吳信儀 (1996) 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 位於切點之外重覆基因與個體 B 位於切點之外重覆基因互調。

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 7 \* | 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 7 6 | 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 3 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 ]

### 2.3.3 遺傳演算法於排程問題之應用

排程問題在生產管理是相當重要的研究領域。大都利用啟發式演算法解決問題，達到最適或次佳解。Petty et al. (1987) 提出分散式遺傳演算法，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；Kim et al. (1994) 以 GA 為基礎發展一啟發式搜尋技術解決 Job shop 的排程問題；Pinedo et al. (1995) 指出，遺傳演算法可以被應用在結構未知的問題上；Wellman et al. (1995) 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。Kumar 及 Srinivasan (1996) 依據不同情境下，並且從七種不同法則中採用不同派工法則進行排程；Murata et al. (1996) 以製距最小為目標，評估 GA 分別結合局部搜尋法、模擬退火法在 Flow Shop 排程問題上的表現；Norman 及 Bean (1999) 利用



隨機法則，發展出一套方法，並應用在汽車工業。Liaw (2000) 利用混合式遺傳演算法(HGA)，即傳統遺傳演算法結合禁忌搜尋法，求解開放式 (open shop) 排程；Park et al. (2003) 分別利用單一遺傳演算法以及平行式遺傳演算法，並與傳統遺傳演算法比較。

表 2.4 遺傳演算法之特性與優缺點歸納表

<p><b>特 性</b></p>	<p><b>1. 決策變數以染色體形式表示</b> 將決策變數以染色體方式表示之，因此求解問題不受問題目標函數的連續性或可微分性之限制，有別於傳統數學規劃受限之處。</p> <p><b>2. 適應性函數評估</b> 遺傳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，如：微分。</p> <p><b>3. 天擇、演化機制</b> 在每代族群中，弱勢族群易被取代(天擇)，族群個體須不斷提升適合度(演化)，提高存活率，經此演化過程，各族群探索求解空間，形成多方向探索，而非傳統數理方式的既定方向探索，如梯度(gradient direction)搜尋。</p>
<p><b>優 點</b></p>	<p><b>1. 多點同步搜尋</b> 遺傳演算法同時考慮搜尋空間上多個點而不是單一個點，從族群的方向探索求解空間，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><b>2. 使用適應函數</b> 遺傳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，且用編碼方式來求解，因此可以使用各種型態的適應函數，並可節省計算資源避免繁複的數學運算。</p> <p><b>3. 機率式的搜尋</b> 遺傳演算法是使用隨機規則(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><b>缺 點</b></p>	<p><b>1. 運算子的設計問題</b> 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><b>2. 缺乏數學理論模型</b> 遺傳演算法雖成功應用到許多領域，尤其是最佳化問題，但其本身尚缺數學理論模型來驗證其數理的可行性。</p> <p><b>3. 重複搜尋的問題。</b> 因為遺傳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>

資料來源：阮(2007)

基本上遺傳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，有其他搜尋演算法所缺乏的優點。但是在實際應用時，遺傳演算法在不同的問題上仍有一些缺點，尚待克服。本研究將遺傳演算法的特徵及其優缺點整理如表 2.4，而根據所整理出的缺點，本研究擬以禁忌搜尋法來強化原先遺傳演算法不足之處。

## 2.4 禁忌搜尋法

### 2.4.1 禁忌搜尋法簡介

禁忌搜尋法為 Glover 於 1977 年所提出，是一種可以用來處理組合爆炸問題的演算法。Glover (1989) 指出禁忌搜尋法具有三個主要特性：(1)使用彈性記憶結構 (flexible memory structure)，較其它固定記憶 (如分枝界限法) 或無記憶結構 (如模擬退火法) 更能充分利用歷史搜尋資訊。(2)應用記憶彈性結構的一個關聯控制機制，透過對條件的限制與釋放，來控制搜尋過程。(3)從短期到長期，合併不同時間間距的記憶功能，以實行強化與多變的搜尋策略。

Glover (1990) 中，指出禁忌搜尋法主要的組成要素有：

1. 起始解 (starting solution)：由最原始的可行解中，產生一啟發解作為搜尋的起始點。
2. 鄰域解 (neighbor solution)：不屬於記憶架構內的紀錄，並符合問題限制之可行解。而鄰域解的移動取法有兩種交換式變動 (swap move) 與插入式變動 (insert move)，因為一個插入式變動是由兩次交換式變動所造成，所以插入式變動對目前的解所造成的變動程度較交換式高，但必須視問題的型態作最佳的選取。
3. 移動路徑 (move)：在目前的鄰域解中，選取評估值最高者作為改善之移動路徑。若此鄰域解已在禁忌串列中，且又不符合凌駕準，則選取次佳之鄰域解作為改善移動的路徑；若此鄰域解符合凌駕準則，則其不受禁忌串列的限制。
4. 記憶架構 (memory structure)：記憶結構亦可稱為禁忌串列 (tabu list)，記憶結構又可分為「短期記憶」與「長期記憶」，短期的架構只記錄該次搜尋前的數次記憶，長期記憶則是記錄從開始運

作以來所有的搜尋過程。記憶期數的大小必須依照問題的特性和複雜度決定，Glover (1990) 建議可使用魔術數字 7 作為禁忌串列的尺寸。

5. 凌駕準則 (Aspiration criterion)：考慮一鄰域解，若此一移動所得之鄰域解之評估值比截至目前為止搜尋過的最佳解還要好，若其恰巧在禁忌串列的限制中，此時應破除禁忌串列的限制，接受此一移動。
6. 停止條件 (stop cirterion)：終止搜尋進行的條件，一般最常是以一預設最大循環次數，當到搜尋循環達此一次數及終止搜尋。

在長期階段使用強化性(intensification)與多樣性(diversification)將搜尋帶入新的區域以求出更佳解。所謂的強化性與多樣性乃是指當搜尋終止後，由選取最佳解或是最後一次的可行解，清除所有禁忌串列重新開始進行搜尋，其目的是為了增加搜尋時跳脫區域最佳解的機會。短期記憶的功能是避免下一次移動時，發生重複選取的現象，而長期記憶是記錄所有移動決策及其發生過的次數，計算其頻率的記憶 (frequency base memory)，使其能提供資訊來補足短期記憶的不足。而禁忌搜尋法運作的流程大致如圖 2.3。

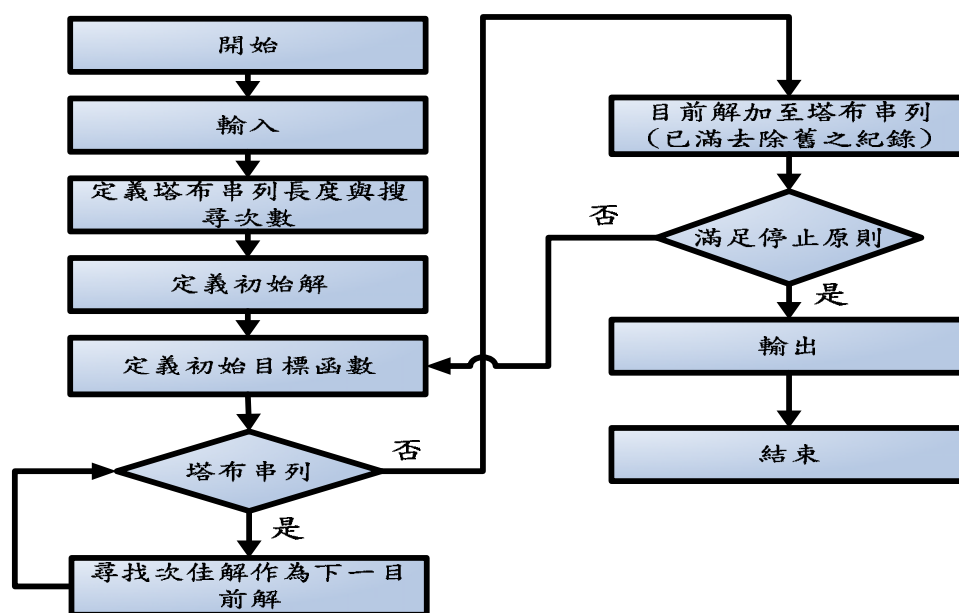


圖 2.3 禁忌搜尋法運作流程

## 2.4.2 禁忌搜尋法在排程問題之應用

Wesley (1995) 以 14 種派工法則求出起始解，再利用禁忌搜尋法求解 Job shop 排程問題。Adenso (1996) 利用禁忌搜尋法結合模擬退火法求解流程式排程問題，利用模擬退火法中接受較差解的機制，避免求解過程中掉入局部最佳解的情形。Liaw (2000) 的研究中利用禁忌搜尋法結合遺傳演算法求解流程式排程問題，以最小化製距為目標，然後利用 Tabu 搜尋法對每一個體解其關鍵路徑 (critical path) 進行鄰域搜尋修正改善。Scrichet al. (2004) 在彈性零工式生產排程問題上，以最小延遲時間為目標，先以派工法則先求出一初始解，再以禁忌搜尋法進行鄰域搜尋，並驗證出此求解機制具有高效率的求解品質。Shi 及 Pan (2005) 以禁忌搜尋法為基礎，針對零工式生產問題設計出更具效率的演算方法。Saidi (2007) 利用禁忌搜尋法在彈性零工式生產排程問題中，以最短製距為績效考量，成功求解出最佳的作業排序與作業加工機器指派。

## 2.5 蜂群優化演算法

### 2.5.1 蜂群優化演算法之簡介

在自然界中，許多生物展現許多不可思議的社會行為與自我組織的智慧，例如：螞蟻群落、候鳥遷徙與覓食、魚群為了逃避捕食者所產生的群流效應等。這些行為簡單個體所組成的群落中，並沒有領導者更沒有集中式的管理，靠的只是個體在環境裡與其他個體互動行為的簡單規則。而蜂群優化演算法(MBO)也算其中之一。蜂群優化演算法(MBO)在2001年由H.A. Abbass (2001)所提出，是藉由觀察蜂群的婚姻行為所建立的尋找最佳解的一種演算法。

蜜蜂巢中由蜂后(Queens)、雄蜂(Drones)、工蜂(Workers)與幼蟲(Broods)所組成，藉由蜂后與雄蜂的交配行為，來產生下一代蜂卵。再經由不同工蜂的照顧(區域搜尋)，使蜂卵變成幼蟲且逐漸茁壯。如果新的幼蟲在經過工蜂的照顧後，能力(目標值)比原本的蜂后好，即馬上取代原本的蜂后。蜂群優化演算法(MBO)的運作流程如下圖2.4。

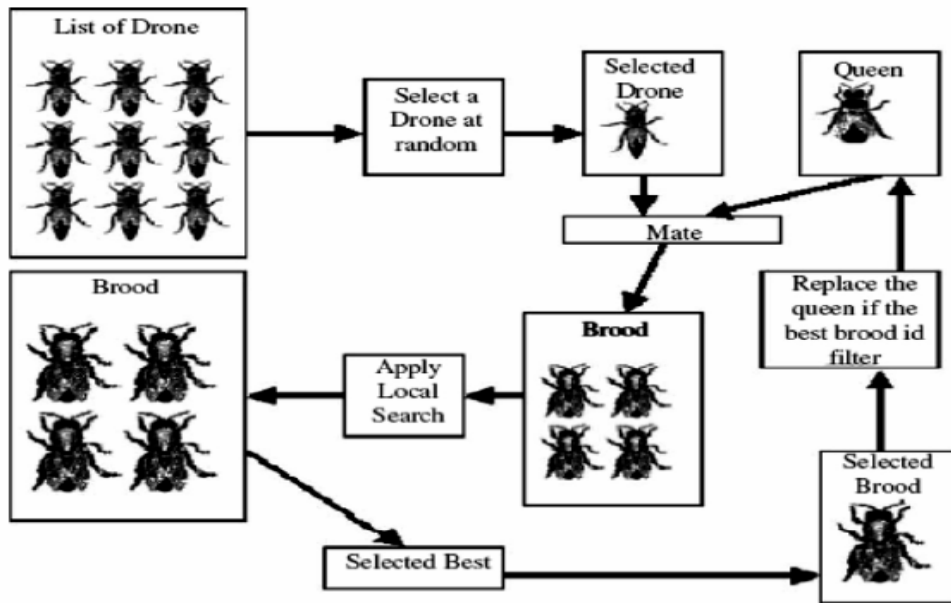


圖 2.4 蜂群優化演算法運作流程

### 2.5.2 蜂群優化演算法之應用

H.A. Abbass (2001) 首先利用蜂群優化演算法非常成功的解決50組的3-SAT(satisfiability problems)問題。H.A. Abbass and J. Teo (2001) 利用模擬退火的觀念來修正蜂群優化演算法，在3-SAT(satisfiability problems)問題中，比較跟之前雄蜂的行為與求解效率。Omid Bozorg Haddad (2006) 利用蜂群優化演算法來解決水庫資源調度的問題，效果明顯得比GA來的好。Babak Amiri(2007)利用蜂群優化演算法來解決分群的問題，與GA、TS、ACO、SA比較，結果明顯得比其他演算法好。

### 第三章 系統架構設計

#### 3.1 系統架構原理

在多廠區訂單指派與排程的問題中，於總公司接獲外部訂單後，因有多家製造廠可供選擇，每家製造廠提供的產能不同、製程的能力不同、製造品質也不同的情況下，如何選擇一家適合該訂單的製造廠來生產，是一件相當重要的問題。然而，一般很少將廠內的生產計劃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。因此在指派的過程中，常會發生產能不平衡的狀態，為解決此一問題和提升多廠間整體性的生產優勢，本研究提出一個整合訂單指派與生產排程的評估機制，其系統架構如下圖 3.1 所示。

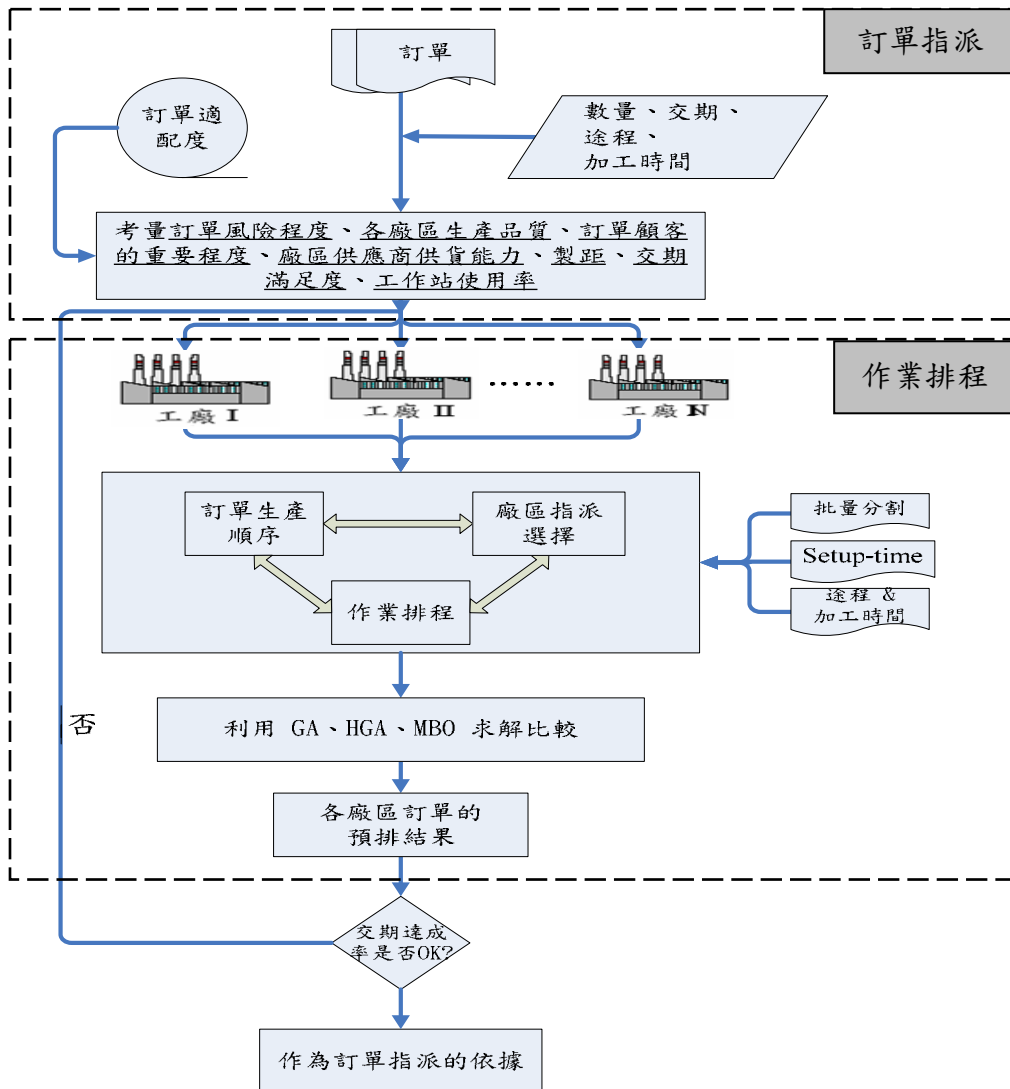


圖 3.1 系統流程示意圖

本研究所提出的系統架構，目的在於整體系統求解的最佳化，並縮短定單交期時間，提高工廠的定單達交率。最後在求解問題時，採用遺傳演算法(GA)、混合式遺傳演算法(HGA)、蜂群優化演算法(MBO)求解比較。

總公司接獲的定單做定單指派到各廠區的動作，定單在做指派與排程時應該要考慮許多的目標因素。除了一般考量的量性因素：交期、機台設備使用率、製距等之外，還要再把質性的因素給納入。在本研究中所指的質性因素乃是不能明確加以量化或是不需精確數量化的因素，例如：各廠區的生產品質、各廠區的供應商能力、定單的利潤、各廠區的核心產品、定單對廠區的適配度等，如表 3.1 所示。

表 3.1 質性與量性因素表

質性因素	量性因素
訂單顧客重要程度	製距時間
市場因素	交期滿足度
公司政策因素	機台使用率
廠區供應商供貨能力	訂單延遲數目
訂單顧客的潛在訂單	延遲時間
訂單的風險程度	等待時間
生產品質	總成本
訂單對廠區的適配度	

本研究將質性與量性的因素都納入規劃排程中，利用 AHP 算出訂單的指派權重順序與訂單對廠區的適配度，用來決定出訂單指派貢獻值。若訂單出現轉換廠區生產製造時，也將由多目標限制適應函數直接反映出來，不需制定懲罰函數來回饋到適應函數中。本研究依據質性與量性的函數來決定出多目標限制適應函數。本研究的多目標限制適應函數架構如圖 3.2 所示。

本研究中在排程的規劃階段，除了利用遺傳演算法及蜂群優化演算法來進行整體搜尋(Global search)求解外，還再將遺傳演算法結合禁忌搜尋法(Tabu search)來做局部的修正(local improvement)，以求能搜尋到最佳的指派與排程結果。

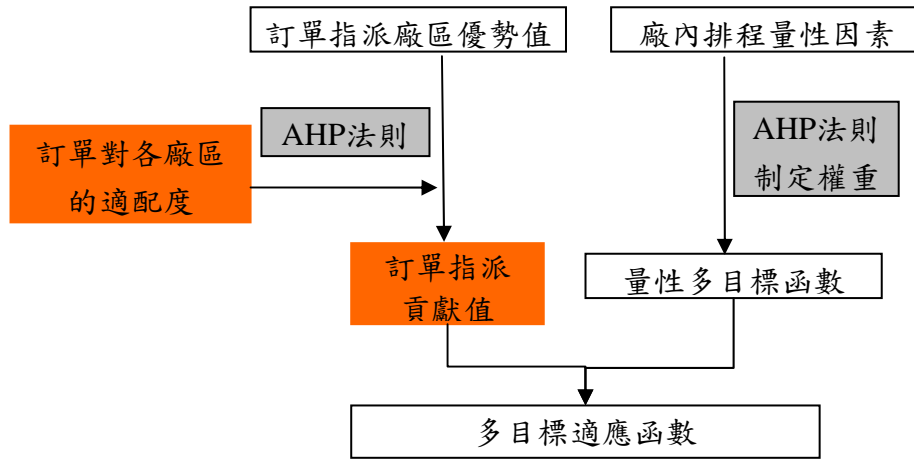


圖 3.2 多目標限制適應函數架構圖

### 3.2 訂單貢獻度之質性因素模式架構

所謂的**訂單貢獻度**是指在考慮質性因素下，一張訂單產品在指派到各製造廠生產時，該張訂單產品提供製造廠在生產製造、營運績效上提升的程度。本研究所提出的**訂單指派貢獻值**是結合**訂單的利潤**、**訂單指派廠區優勢值**考量的質性因素與**訂單對廠區適配度**考量的質性因素，評估運算後的結果。

由於訂單的加工作業有可能因為指派廠的機台產能無法負荷交期限或是該訂單作業經由批量分割機制，而將一部分的批量移轉至其他廠區生產製造。此時，移轉至其他廠區的批量訂單會因為不是在當初指派的廠區製造生產，造成該批量訂單的指派權重與訂單適配度而有所不同，也會造成在**訂單指派貢獻值**上的變動。

所以，我們將以**訂單原始指派的廠區所得的最大貢獻值**當作分母，將**(每項訂單作業分割批量的生產利潤)\*(分割的批量在該廠區製造的優勢值)\*(訂單作業在製造生產廠區的適配度)**加總後當做分子，將其正規化。就得出在本週期中公司接獲所有訂單的**訂單指派貢獻值**。其**訂單指派貢獻值**運算式如下：



$$O_{Contri_i} = \frac{\sum_{i=1} \sum_{j=1} (P_i \times O_{fit(ij)} \times O_{adv(ij)})}{O_{Max}}$$

訂單貢獻度=(訂單產品的利潤)\*(訂單對廠區的適配度)\*(訂單指派廠區的優勢值)

其中，

$O_{Contri_i}$ ：訂單  $i$  對製造廠區的貢獻度

$O_{Max}$ ：訂單  $i$  在最初指派廠區時得到的最大貢獻度

$P_i$ ：訂單  $i$  在製造廠區加工的利潤

$O_{fit(ij)}$ ：訂單  $i$  中的作業  $j$  在該製造廠所得的適配度

$O_{adv(ij)}$ ：訂單  $i$  中的作業  $j$  在該製造廠所得的順序權重

本研究中訂單貢獻度考量的訂單產品的利潤，是希望藉由訂單的批量分割到不同廠區生產的利潤變化，能更加明顯表現出該訂單產品對廠區的貢獻程度。

在訂單指派廠區優勢值這部分，對於決定哪張訂單該到哪個製造廠生產加工，是規劃人員在做訂單指派時，因應每個製造廠所面臨到不同的環境、技術以及市場，做出每張訂單指派廠區的權重以及順序的決定。而這些因素是最容易直接反應在公司營運績效及現場作業排程上，例如：

- (1) 廠區生產品質：如該張訂單在其市場中的定位將是主要關鍵，如：關鍵零組件。則該張訂單產品的生產良率將顯得十分重要，因為其能使產品擁有更好的競爭優勢。換句話說，此訂單在生產品質因素下應該有較優先的製造順序。
- (2) 各廠供應商能力：供應商的供貨能力，將決定原物料來源的穩定性。原物料、關鍵零組件的供貨穩定性愈高，製造廠停工待料的機會愈少，影響到訂單交期的機會也就愈小。

- (3) 顧客重要程度：不同顧客的重要性必然會有程度上的差異，有可能是因為製造廠上、下游彼此間有策略聯盟或是因為彼此之間有著長期合作的關係。
- (4) 市場因素：假若該張訂單產品在市場上的競爭者眾多，則產品完工的時效性就會顯的十分重要，因為能使產品有更好的競爭優勢。
- (5) 每個顧客未來潛在的訂單：未來每個顧客的訂單回流的可能，也應納入此階段中應考量的因素之一。
- (6) 公司政策因素：考量到訂單是否符合廠區的策略方向與營運方針上的因素，使訂單產品指派到該廠區生產時，不會因為與營運方針不符，而使得製造廠營運與生產績效下降。
- (7) 訂單的風險程度：代表生產此訂單所面臨的風險，例如：是否會臨時插單、抽單，或者改變產品設計等等，這些都會使得原本的廠內排程造成一定程度的影響，也應納入訂單指派廠區這部分來作評估考量。

本研究中將利用 AHP 法來評估訂單在各個質性因素下的重要性，評估出訂單在指派廠區時，影響指派最大的前幾個因素，進而計算出訂單在質性因素下的對於指派廠區的權重優先順序。

而在訂單對廠區適配度這部分探討評估的是，由於規劃人員根據上述因素在指派訂單時，並未考量到每張訂單對於每個廠區營運發展的中、長期影響。可能在短期績效上，該訂單對該廠區有著較高的指派權重，但對於廠區中、長期的發展卻遠不如其他的廠區。這時就會衡量是否將訂單指派到其他廠區。所以，規劃人員在作規劃指派時，除了考量指派廠區權重順序，還要將訂單對廠區的適配程度給考量進去。故本研究將在訂單指派時，將針對訂單有著高適配度的製造廠，會給予優先指派的權重順序。

在本研究中，訂單適配度將其區分成對廠區有短、中、長期的影響，就短期來說像訂單對於現場機台設備使用率的提升、現場排程績效的提升。而在中、長期的影響就是以企業、廠區發展的角度來切入

探討評估，例如：

(1) 訂單對廠區形象、名譽的提升：

對廠區而言，若承接某些大廠的訂單，成為其代為製造的工廠時，受惠於該大廠在市場上所建立的品牌形象，則對製造廠區而言在市場上更容易建立起知名度。對於廠區有著形象上、名譽上的提升。則此張訂單對於該廠區有著比其他廠區更好的優先指派適配度。

(2) 各廠區的核心產品因素：

以各廠區的核心產品因素而言，在每間製造廠中，都會有其各自仰賴的核心產品。則生產核心產品比起生產非核心產品，在技術上都較為純熟，不易失誤。

例如：訂單 1 雖然在廠 I、廠 II、廠 III 都能製造生產，可是對於廠 I 而言，訂單 1 的產品為該廠的核心產品，基於廠 I 對於核心產品的生產製造技術純熟度與提升產品的競爭優勢的考量下，會優先考慮將訂單 1 指派給廠 I 製造生產。

(3) 訂單產品對於廠區在技術上的提升、改善與突破。

以訂單產品對於廠區的製造技術有所提升、改善與突破的因素而言，訂單產品在生產時可能需要用到新的生產技術或者是需要更高的生產良率。製造廠為了要能生產此訂單產品，必須要根據產品的特性、製造流程來加以修正與更新製造廠在技術上的不足，使製造廠在技術上有所改善提升，甚至突破。那麼此訂單產品對於該製造廠的發展有著重大的貢獻。

由於訂單對廠區在短期上的影響程度將由廠內的一些量性的績效來評估得到。因此，本研究中將採取訂單對廠區發展的中、長期影響程度的三個因素下去作評估。如圖 3.3

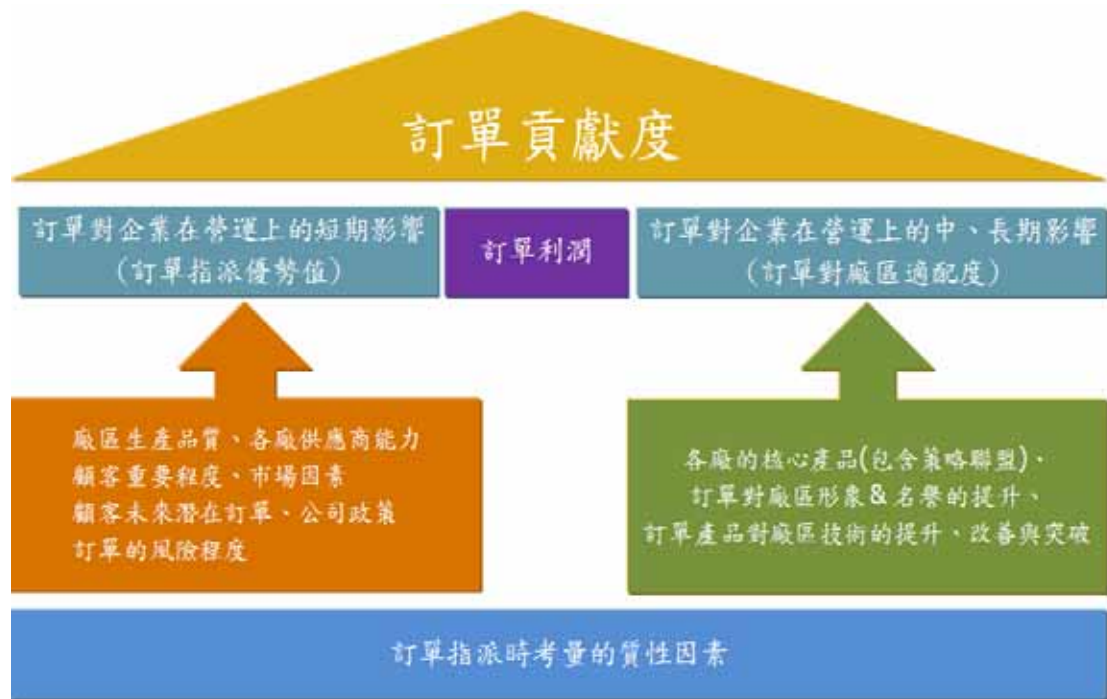


圖 3.3 訂單貢獻度之架構圖

### 3.3 多廠指派與排程之架構

本研究架構一套非線性(non-linear)數學模式，模擬多廠區生產指派與排程規劃之架構，透過每代的訂單分割至不同製造廠生產，造成每代訂單指派順序演化，達到整體系統最佳化。模式基本假設如下：

#### 符號說明

$p$ ：訂單編號 ( $p=1 \dots P$ )

$t$ ：生產時段 ( $t=1 \dots T$ )

$i$ ：訂單生產階段編號 ( $i=1 \dots I$ )

$j$ ：訂單生產階段之廠區編號 ( $j=1 \dots J^i$ )

$m$ ：各廠區之工作站機台編號 ( $m=1 \dots M_{j^i}$ )

#### 參數設定

$P_{(i,j)mp,t}$ ：訂單  $p$  在生產階段  $i$ ，廠區  $j$  之現場機台  $m$ ，生產時段  $t$  之單位作業加工時間

$S_{(i,j)mp,t}$ ：訂單  $p$  在生產階段  $i$ ，廠區  $j$  之現場機台  $m$ ，生產時段  $t$  之作業

設定時間

$Q_{(i,j)mp}$  : 訂單  $p$  在生產階段  $i$ ，廠區  $j$  之現場機台  $m$ ，生產時段  $t$  之加工數量

$cap_{(i,j)t}$  : 生產階段  $i$ ，廠區  $j$ ，生產時段  $t$  之生產產能

$cap_{(i,j)m}$  : 生產階段  $i$ ，廠區  $j$  之現場機台  $m$  之單機產能 (每週)

$DD_p$  : 訂單  $p$  之交期

$\alpha_1$  : 工作站使用率之權重值

$\alpha_2$  : 交期之權重值

$\alpha_3$  : 製距之權重值

$W_1$  : 量性因素權重值

$W_2$  : 訂單貢獻度之質性因素權重值

$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1, W_1 + W_2 = 1$

### 變數設定

$L_{(i,j)p}$  : 訂單  $p$  在生產階段  $i$ ，廠區  $j$  之單位加工分割批量

$l_{(i,j)np}$  : 訂單  $p$  在生產階段  $i$ ，廠區  $j$  之批量分割數 ( $l_{(i,j)np} = \frac{Q_{(i,j)pt}}{L_{(i,j)p}}$ )

( $n=1 \dots N$ )

$T_{(i,j)mp}$  : 訂單  $p$  在生產階段  $i$ ，廠區  $j$  之現場機台  $m$ ，生產時段  $t$  之開始時間

$C_{(i,j)mp}$  : 訂單  $p$  在生產階段  $i$ ，廠區  $j$  之現場機台  $m$ ，生產時段  $t$  之完工時間

$U(C_{(i,j)mp})$  : 訂單  $p$  在生產階段  $i$ ，廠區  $j$  之現場機台  $m$ ，生產時段  $t$  之交期滿足度

### 目標函式 (Objective function)

$$\begin{aligned}
& \left. \begin{aligned}
& \alpha_1 \cdot \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J^i} \sum_{m=1}^{M_{j^i}} \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^P \left( \frac{S_{(i,j)mpt} + (L_{(i,j)p} \cdot l_{(i,j)np} \cdot P_{(i,j)mpt})}{C_{(i,j)mpt}} \cdot \frac{1}{\sum_{m=1}^{M_{j^i}} m} \right) + \\
& \alpha_2 \cdot \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J^i} \sum_{m=1}^{M_{j^i}} \sum_{p=1}^P \left( \frac{U(C_{(i,j)mpt})}{P} \right) + \alpha_3 \cdot \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J^i} \sum_{m=1}^{M_{j^i}} \sum_{p=1}^P \left( \frac{\min \{C_{(i,j)mpt} - T_{(i,j)mpt}\}}{C_{(i,j)mpt}} \right)
\end{aligned} \right) + \\
& W_2 \cdot \left( \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J^i} (P_i \times O_{fit(ij)} \times O_{adv(ij)})}{O_{Max}} \right)
\end{aligned}$$

MAX.  $W_1 \cdot (\alpha_1 \cdot (\text{平均工作站使用率}) + \alpha_2 \cdot (\text{平均訂單交期滿足率}) + \alpha_3 \cdot (\text{製距績效評估})) + W_2 \cdot (\text{訂單指派貢獻值})$

### 目標函式說明

本研究所設計的適應性函數是由製造現場中的績效衡量指標與訂單指派的貢獻值兩個部分所結合得到。而在訂單指派貢獻值這部分，則是利用 AHP 法所求得訂單指派廠區權重順序與訂單對廠區配適度計算轉換而來。

### 限制條件 (Constraints)

#### (1) 交期限制

$$C_{(i,j)mpt} - T_{(i,j)mpt} \leq DD_p \quad \forall i, j, m, p, t \dots\dots\dots(\text{式 3.1})$$

表示該訂單的作業完工時間減去作業開始時間要小於訂單之交期。

#### (2) 批量加工時間限制

$$\{C_{(i,j)mpt} - T_{(i,j)mpt}\}_{MAX} \geq S_{(i,j)mpt} + (T_{(i,j)mpt} + L_{(i,j)p} \cdot l_{(i,j)np} \cdot P_{(i,j)mpt}) \quad \forall i, j, m, p, t \quad (\text{式 3.2})$$

表示訂單加工時，受限機台批量加工時間，必須滿足其限制條件。

#### (3) 相同作業，不同機台 (conjunctive constraints)

$$T_{(i',j')mpt} \geq S_{(i,j)mpt} + (T_{(i,j)mpt} + L_{(i,j)p} \cdot l_{(i,j)np} \cdot P_{(i,j)mpt}) \quad \forall i, j, m, p, t \dots\dots\dots (\text{式 3.3})$$

(4) 不同作業，相同機台 (disjunctive constraints)

$$T_{(i,j)mpt} \geq S_{(i',j')mpt} + (T_{(i',j')mpt} + L_{(i,j)p} \cdot l_{(i,j)np} \cdot P_{(i',j')mpt}) \quad \forall i, j, m, p, t \dots\dots (\text{式 3.4})$$

表示訂單作業加工上的途程順序的限制。

(5) 產能限制

$$S_{(i,j)mpt} + (T_{(i,j)mpt} + L_{(i,j)p} \cdot l_{(i,j)np} \cdot P_{(i,j)mpt}) \leq cap_{(i,j)m} \cdot m \quad \forall i, j, m, p, t \dots\dots (\text{式 3.5})$$

表示訂單加工批量必須不能超過廠區機台的產能限制。

(6) 批量限制

$$L_{(i,j)p} \cdot l_{(i,j)np} \leq Q_{(i,j)mpt} \quad \forall i, j, m, p, t \dots\dots\dots (\text{式 3.6})$$

說明批量必須不能超過廠區機台作業的上限。

(7) 非負限制式

$$T_{(i,j)mpt} \geq 0 \quad \forall i, j, m, p, t \dots\dots\dots (\text{式 3.7})$$

代表開始生產時間的非負限制。

### 3.4 多廠作業排程規劃

為了能更貼近現實環境的生產模式，本研究允許各訂單有一動態的批量分割機制。在加工每一作業之前，先將各訂單的總批量分割成數個子批，使訂單能同時在多廠機器加工，藉此能有效運用多廠機器，發揮其功用。

### 3.4.1 排程演算法

本研究考慮批量分割，如圖 3.4。欲加工的訂單按照其途程順序在第一個工作中心加工之前，會有一動態批量分割機制均勻地分割訂單的總批量，而子批數也就等於此訂單加工時在工作中心需佔有的機器數，子批數上限為此工作中心擁有的各廠區中的總機器數，待所有子批均加工完畢，批量分割機制再一次分割訂單，做為下一途程加工批量大小與需佔機器數的依據，批量分割的機制在每項作業之間均需執行一次，直到此訂單加工完畢。

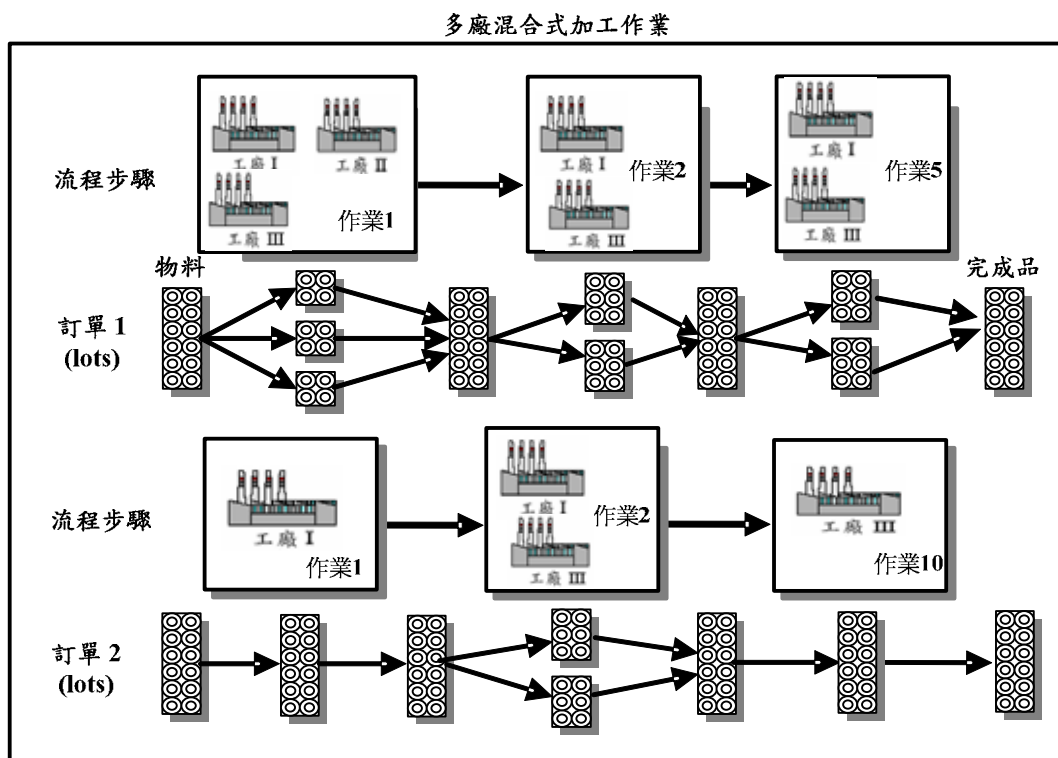


圖 3.4 多廠混合式生產系統示意圖

本研究中對於每張訂單而言，只有唯一的途程，每一作業的單位加工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。這些訂單的生產方式是以接單生產 (make-to-order) 的方式進行，以反應產品在市場上的快速變化並具生產彈性。

本研究排程模式為混合式生產型態，並考慮為數眾多的多廠區機器排程問題，基本假設如下：



1. 生產系統不只生產單一產品，而是生產多種不同產品。
2. 有多個工作中心，每個工作中心代表一個加工途程。
3. 當時間開始時，所有訂單皆已準備就緒。
4. 每一工作中心對每一產品有上機批量限制的下限。如果批量不足，解決方法為逐一減少佔有機器的數目，直至切割出的批量大小達到下限。
5. 訂單總批量大小均超過上機批量限制。
6. 每個批量在每個工作中心只加工一次。
7. 每部機器同一時間內最多只能處理一批量。
8. 批量在加工過程中不能被中斷。
9. 在加工機器上，某些時段已有加工作業在其上加工中。
10. 需等待作業的分割批量在前一個工作中心全部加工完成後，才能到下一個工作中心進行加工，運送時間忽略不計。
11. 在具有多部機器的工作中心中，每部機器皆被視為相同機器。
12. 每個批量在每一工作中心中，只需經過其中任一部機器加工處理。

訂單經過前述批量分割機制後，便可得知欲佔有的各廠機器數（假設為  $M$  台機器）。逐一判斷各廠區的機器，其空閒時區能否容納此批量加工時間，若否，則找尋機器中下一空閒時區，直至可被排入，最後，為了減少機器閒置時間，挑選出空閒時區最早的  $M$  台機器，將批量作業分別排入此  $M$  台機器中，作業排程流程如圖 3.5。排程演算法步驟如下：

步驟一：欲排之作業經過動態批量分割機制，將零件訂單分割為數個子批。

步驟二：判斷分割出的批量大小是否達到上機批量限制的下限。若無達到，則再執行一次步驟一。若有，則得到加工此作業需要  $M$  台各廠區機器的資訊。

步驟三：如果欲排之批量作業是其訂單加工途程中的第一個作業，則

執行步驟四，否則執行步驟八。

步驟四：若執行此批量作業之各廠區加工機器目前無安排其他作業，則直接將此批量作業排入。否則執行步驟五。

步驟五：尋找各廠加工機器中的最早空閒時間區段。

步驟六：依據各廠加工機器之空閒狀態與此批量作業的開始時間，計算此批量作業的結束時間。

步驟七：判斷批量作業之結束時間與各廠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，執行步驟六。若無衝突產生，則此批量作業完成排程。

步驟八：若執行此批量作業之各廠加工機器目前無安排其他作業，則依據途程中的前一作業的結束時間作為該批量作業的開始時間。計算此批量作業的結束時間完成此批量作業之排程。否則執行步驟九。

步驟九：以途程中的前一作業的結束時間為起點，尋找各廠加工機器中的最早空閒時間區段。

步驟十：判斷各廠加工機器之空閒時間狀態以及途程前一作業之完成時間，計算此批量作業的開始時間與批量作業的結束時間。

步驟十一：判斷批量作業的結束時間與各廠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，執行步驟十。若無衝突產生，則執行步驟十二。

步驟十二：判斷所有的各廠加工機器是否均完成批量作業的排程。若尚有加工機器未完成批量作業排程，則尋找下一未完成排程的各廠加工機器，執行步驟三。若均完成，執行步驟十三。

步驟十三：選定批量作業開始時間最早的 M 台各廠加工機器，並將 M 台各廠加工機器中最早的批量作業開始時間作為該作業開始時間，最晚的批量作業結束時間作為該作業結束時間，則此作業完成排程。

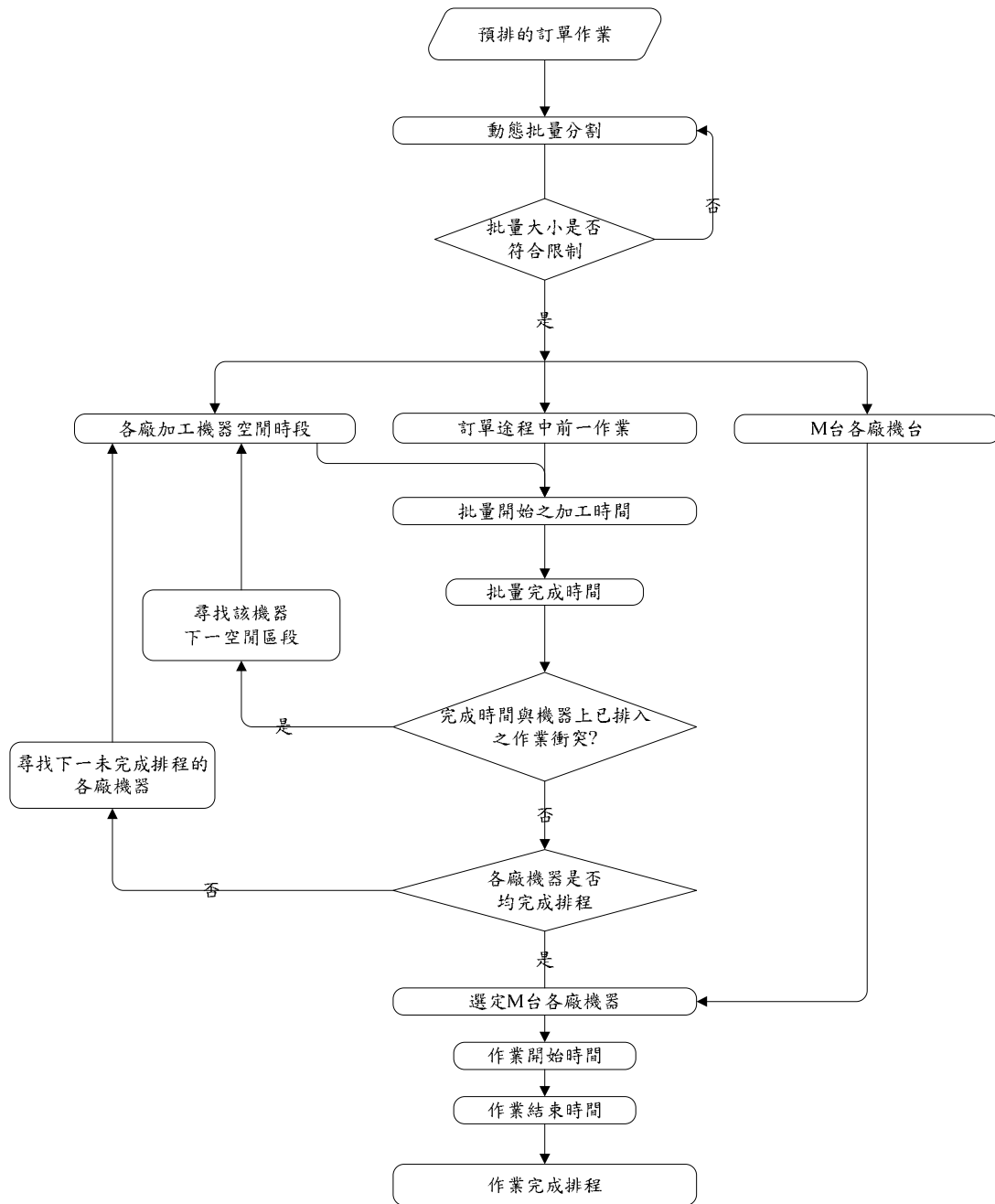


圖 3.5 作業排程流程

### 3.5 量性因素模式架構

在量性因素的考量方面，將所有的量性因素轉換為單一多目標函數，各目標間的權重藉由 AHP 法則來制定。在本研究演算法搜尋求解的過程中，不單是利用一項指標來評估一個體解的優劣，相對的是強調如何在多個相衝突的目標中折衷求得一最適解，為了能正確利用經由 AHP 法則制定的權重值，在適應函數的設計中每一項目標評估

值都應被正規化後再加權計算。本研究在量性因素方面將考量排程製距、訂單的交期滿足度及工作站使用率三項衡量指標。

### 3.5.1 製距績效評估

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。首先由個體解排程結果求出此次排程製距，再將製距評估值正規化，製距評估值正規化的計算方式如式 3.8

$$\frac{\min MS}{MS_x} \quad \text{式(3.8)}$$

其中，

$\min MS$ ：到目前為止，搜尋過程中最小的製距

$MS_x$ ：個體解  $x$  的製距評估值

在搜尋求解的過程中，當找到一個體解的製距比  $\min MS$  小，則  $\min MS$  就會被取代，以上述方式來正規化製距評估值會造成同一個體在不同族代的適應函數值不相同的現象發生。舉例來說，在第  $n$  代中， $\min MS$  等於 80 且某一個體的製距為 100，製距評估值正規化後為  $80/100=0.8$ ，而如果在第  $(n+1)$  代，搜尋到一新個體的製距為 70，若前一個體有被保留至  $(n+1)$  代的族群中，則此個體在  $(n+1)$  代中的正規化製距評估值等於  $70/100=0.7$ ，會造成其適應函數值降低的現象。

雖然在演算的過程中，會發生同一個體在不同代中有不同的適應函數值。但是以相對的角度而言，在同一代中的個體適應函數值高者恆高，低者恆低，對於演算法中的機制不會造成明顯的影響。

### 3.5.2 交期滿足度評估

本研究中將交期定義於模糊集合上，如圖 3.6。個體解的交期滿足度評估方式為在該次排程結果中，先將每張訂單完成時間利用模糊隸屬函數求算出交期滿足度，再將該次排程中所有訂單的交期滿足度取平均值即為所求。公式如下所示：

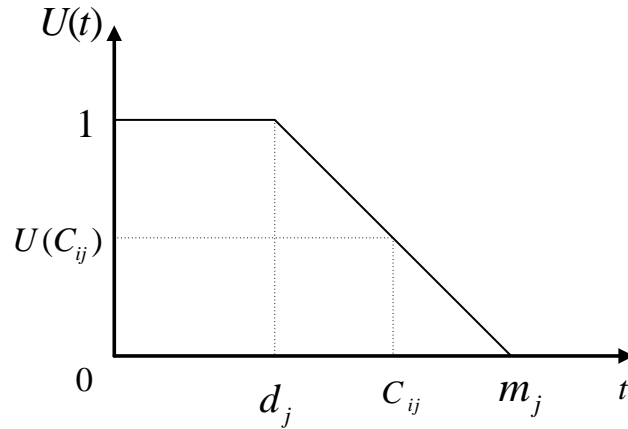


圖 3.6 交期之模糊隸屬函數

$$\left\{ \begin{array}{ll} U(C_{ij}) = 1 & , C_{ij} \leq d_j \\ U(C_{ij}) = \frac{m_j - C_{ij}}{m_j - d_j} & , d_j \leq C_{ij} \leq m_j \\ U(C_{ij}) = 0 & , m_j \leq C_{ij} \end{array} \right. \quad \text{式 (3.9)}$$

$$D_i = \frac{\sum_{j=1}^n U(C_{ij})}{n} \quad \text{式 (3.10)}$$

其中，

$n$ ：該次排程之訂單數目

$U(C_{ij})$ ：個體解  $i$  的第  $j$  張訂單之交期滿足度

$C_{ij}$ ：個體解  $i$  的第  $j$  張訂單完成時間

$d_j$ ：訂單  $j$  之限定交期

$m_j$ ：訂單  $j$  之交期上限

$D_i$ ：個體解  $i$  之交期評估值

### 3.5.3 工作站使用率評估

排程規劃時除了製距、交期的評估之外，工作站使用率也是常見的績效衡量指標。關於工作站使用率的評估方式是先個別加總每一工作站上每項作業的加工時間，再除以機器上最後一項作業的完成時間，可得到每一工作站個別之使用率，再將所有工作站使用率取平均值即為所求。

### 3.6 遺傳演算法之運作

本節將說明研究中關於遺傳演算法的設計及其運算過程。

#### 3.6.1 編碼表示法

本研究中遺傳演算法個體分為上半部與下半部基因，編碼方式如下：

1. 基因數目等於所有訂單作業數總和的兩倍。
2. 個體中上半部的基因，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。
3. 下半部基因的數目，與上半部相等，每一基因代表一百分比，也就是一作業在其加工途程所指定的工作中心中佔有的多廠機器數的百分比。而基因的排列方式與上半部基因相同。上下半部的基因兩兩相對，也就是一作業對應了兩個基因。編碼的示意圖如圖 3.7。

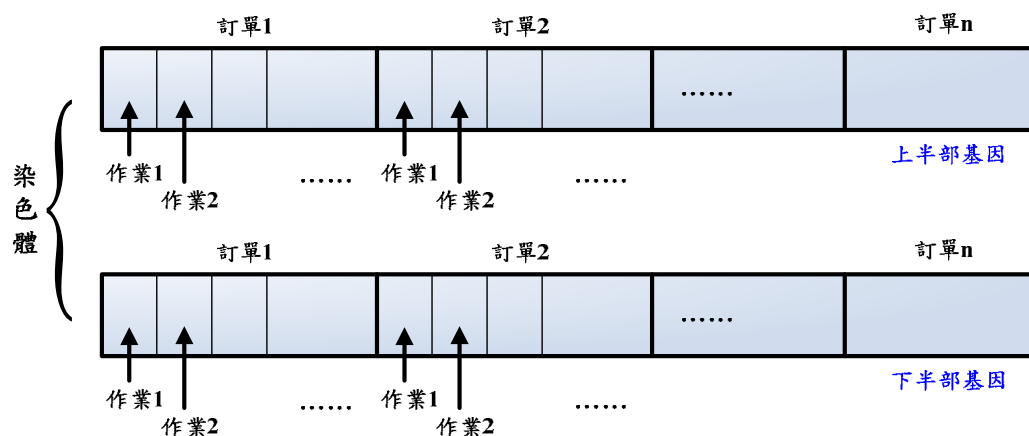


圖 3.7 遺傳演算法之編碼表示法示意圖

#### 3.6.2 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  $N$

個作業，亦即每一個體有  $2N$  個基因，對於上半部基因來說，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。

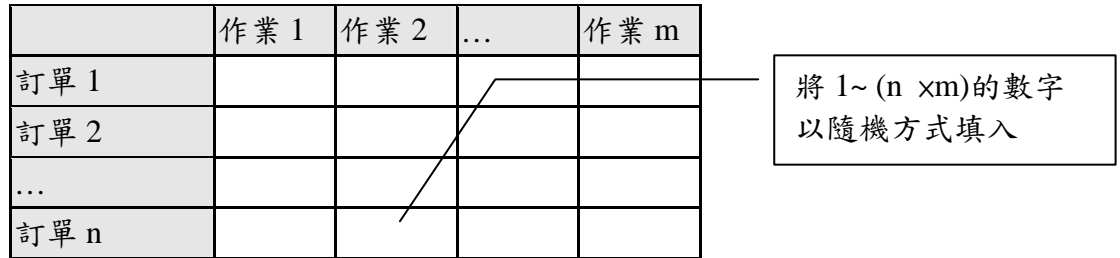


圖 3.8 上半部基因初始族群示意圖

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  $[5, 8, 6, 10, 12]$ ，我們發現訂單 1 中的作業 3 因為加工途程的限制必須在作業 2 之後方可開始加工，但作業基因優先於作業 2，此個體為一不理解的，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 8 與 6 的互換之後的個體即為一理解。

下半部基因代表的是百分比數值，設計上給予  $1\sim 10$  十個數字，1 代表佔有工作中心 10% 的機器數，2 代表佔有工作中心 20% 的機器數，依此類推。初始族群產生方式為在每一基因上隨機產生  $1\sim 10$  中的一個數字，如圖 3.9。

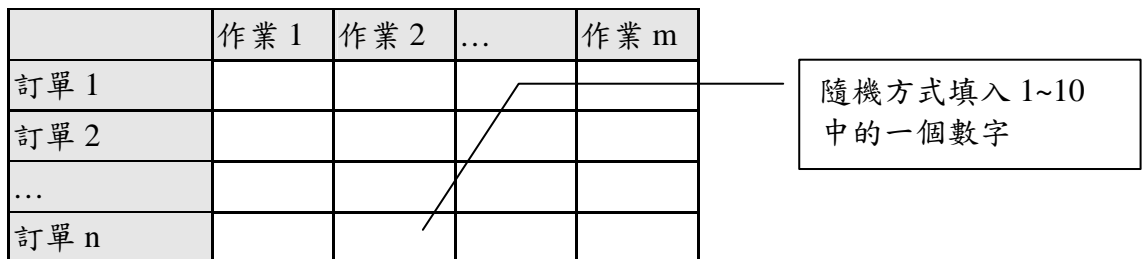


圖 3.9 下半部基因初始族群示意圖

在下半部基因的設計上，產生一動態批量分割機制。佔有的機器數多寡便決定了訂單作業分割批量的大小，佔有的機器數愈多，批量愈小，相對的佔有的機器數愈少，批量愈大。因本研究考慮上機批量

限制的關係，上述產生初始族群的方法也會有不理解的現象。例如，訂單 1 的總批量為 240，其作業 1 指定的工作中心有十台機器，上機批量限制為 90，而作業 1 的基因為[3]，代表作業 1 需佔有工作中心 40%的加工機器，也就是 4 台機器，所以每台機器上的加工批量為  $240/3=80$ ，沒有達到上機批量限制，此個體為一不理解的，修正的方式是將基因碼逐次減 1，直到達到上機批量。上例中，將 3 減 1 得到基因碼為 2，加工批量變為 120，此個體即為一理解。

### 3.6.3 交配運算子設計

由於染色體中包含了訂單之作業排程的優先順序與在其加工途程所指定的工作中心中佔有的多廠機器數的百分比兩項資訊，因此一般常用排序問題之交配運算子已無法使用，本研究引用 Sivrikaya-Serifođlu, F. 與 Ulusoy, G (1999) 所提出的 MCUOX(Multi-Component Uniform Order-Based Crossover Operator) 交配方法並加以改良，使遺傳演算法運用於多廠區排程模式的搜尋求解能更有效率，交配的步驟如下：

步驟一：在育種選擇策略選出的母體中，隨機選擇二條染色體作為父代。

步驟二：隨機選取此二父代染色體其中之一。

步驟三：由上半部基因的第一個基因開始搜尋，將被選取的父代中還未被指派至子代的作業排程優先順序數字，填入子代染色體空白的上半部基因中。

步驟四：從該優先順序數字在二條父代染色體中所對應的下半部基因百分比數字，隨機選擇一個作為此作業佔有的多廠機器數百分比，填入相同位置的下半部基因中。

步驟五：重複步驟二～四直到所有子代染色體中的基因被填滿數字，子代染色體便產生。

舉例來說，如圖 3.10。假設從育種選擇選出的母體中，隨機挑出了二條染色體，指定其為父代 1 與父代 2，隨機選擇一父代，假設選到父代 1，然後從父代 1 上半部基因的第一個基因開始，將未被指派



的數字(數字 4)，填入子代空白的上半部基因(第一位置)中，然後隨機選擇該數字在二父代中對應的下半部基因百分比數字(數字 1 與 7)，得到此作業的下半部基因數字為 7；重複上述步驟，假設第二次選到父代 2，從父代 2 上半部基因中，將未被指派的數字(數字 2)，填入子代空白的上半部基因(第二位置)中，隨機選擇數字 2 在二父代中對應的下半部基因百分比數字(數字 2 與 6)，得到此作業的下半部基因數字為 6；重覆上述步驟直到所有基因填滿數字，子代染色體便產生。

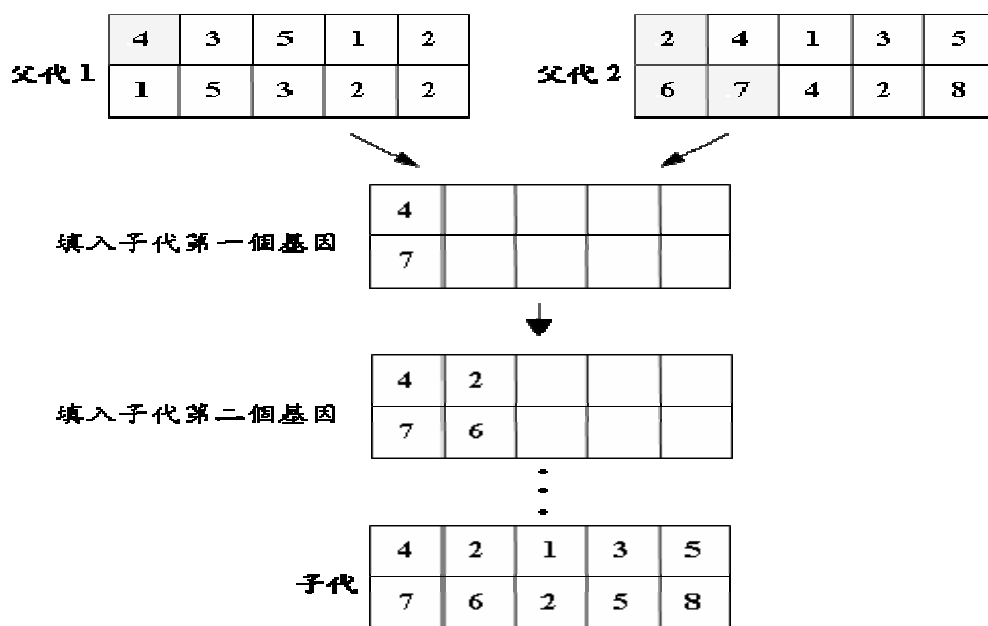


圖 3.10 交配示意圖

### 3.6.4 突變運算子設定

在突變運算子的設計上是以考量每一基因為主，不同於以往大部分的研究著重於考慮每一染色體的突變機率，本研究對每一基因均給予突變機率來決定是否需要進行突變，希望藉此能拓展遺傳演算法的搜尋空間，使其搜尋能更有效率；另外由於多廠區排程問題的特殊型態，需考量作業排程的優先順序與其佔有的多廠區機器數目，因此本研究採取以下突變方法。

新產生的子代染色體中的上半部基因，若依突變機率決定要突

變，則隨機選擇同一染色體中的另一上半部基因，二基因中的數字互換，而在此二基因對應的下半部基因中，則重新隨機選擇百分比數字填入，若選到與原先相同的數字，一樣將此數字填入下半部基因中。下圖所示即為此染色體上半部基因中的第二位置依突變機率決定要突變，再隨機選擇第四位置，兩位置的上半部基因數字交換，代表第二位置的作業與第四位置的作業排程順序互換，而其對應的下半部基因位置的數字也重新隨機產生，由 5,2 變為 7,4，代表作業佔有的多廠區機器數目也重新選擇。如圖 3.11。

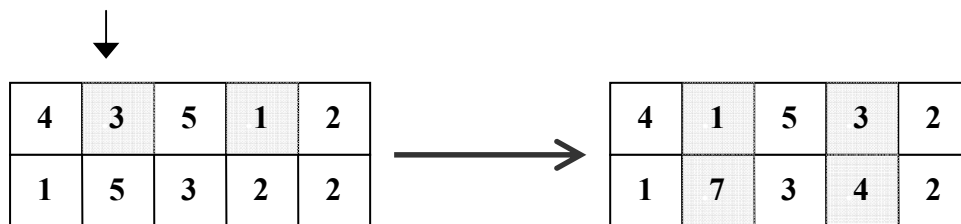


圖 3.11 突變示意圖

### 3.6.5 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 (roulette wheel) 來進行此一機制。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，如式 3.11

$$P(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_i f(x_i)} \quad \text{式 (3.11)}$$

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發生停滯。

基於上述，本研究在育種選擇機制上採用另一種方式，以競賽法(tournament selection)當作育種的機制，在每一代的演化過程中，首先隨機選取兩個或更多個物種，具有最大適應函數值的物種即被選中送至交配池中。由於競賽法所需的計算量較少，且可以藉由一次選取物種個數的多寡來控制競爭的速度，因此採用競爭式選擇。

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，本研究也將採用精華保留策略，讓系統的搜尋過程更有效率。

### 3.7 混合式遺傳演算法之運作

傳統遺傳演算法是透過編碼將問題的解答以基因形式來表達，再依據生物演化「適者生存」的原理進行交配與突變等運算；而禁忌搜尋法則主要利用彈性記憶（禁忌串列）讓搜尋過程有跳離區域最佳解的機會。在遺傳演算法與禁忌搜尋法各有其求解的獨特優點之下，本研究將以混合式遺傳演算法（傳統遺傳演算法結合禁忌搜尋法），來求解預排階段的排程解，其中是以傳統 GA 先求出一個解，再由禁忌搜尋法來進行鄰域搜尋，然後將「最佳解」、「次佳解」以及「最差解」進行禁忌搜尋，除了讓最佳解有搜尋到更佳解的機會，最差解也有跳脫區域的機會。

本研究將採用短期記憶結構的禁忌搜尋法對之前遺傳演算法所得的排程解進行鄰域搜尋，以提升系統搜尋的效率，執行禁忌搜尋時所使用的目標函數與遺傳演算法中的適應性函數相同，關於禁忌搜尋的步驟如下：

步驟一：由個體 I 中每一訂單以隨機的方式抽選一作業來進行禁忌搜尋，被抽選到的作業順序元素為 S。

步驟二：設定禁忌串列的大小為 M 及搜尋次數 Z。

設定最佳排程順序  $S^*$  為目前個體的作業順序。

設定最佳目標函數  $G(S^*)=G(I)$ 。

設定  $S_1=S$ 。

設定  $z=1$ 。

步驟三：搜尋  $S_z$  的鄰域， $S^1, S^2, \dots, S^{N-1}$ ，將  $S^1, S^2, \dots, S^{N-1}$ ，回填至個體  $I$  中，檢驗其是否有違反順序限制，若有則進行調整，否則並計算其目標函數值  $G(S^1), G(S^2), \dots, G(S^{N-1})$ ； $N$  為排列順序中的元素個數。

步驟四：從  $G(S^1), G(S^2), \dots, G(S^{N-1})$  選取不屬於禁忌串列中之元素對的最佳目標函數值  $G(S_z^*)$ 。如果  $G(S^*) < G(S_z^*)$ ，則令  $S^*=S_z^*$ 。

步驟五：以 FIFO 的方式更新禁忌串列； $z = z+1$ ，如果  $z = Z$  則停止。

步驟六：將最初的個體  $S$  以  $S^*$  替代，進行下一族群的遺傳演算法運作。

舉例說明：假設問題為下列的 Job shop 排程問題，而目前染色體基因  $I$ ，如表 3.2，其適應性函數  $G(I)=10$ 。

表 3.2 各訂單作業之基因

	作業 1	作業 2	作業 3	作業 4	作業 5	作業 6
訂單 1	1	6	11	16	21	25
訂單 2	2	7	12	17	22	
訂單 3	3	8	13	18	23	26
訂單 4	4	9	14	19	24	27
訂單 5	5	10	15	20		

\*灰色表示被選中者

1. 訂單 1~5 被選中的作業之順序元素

$$S = [6, 12, 3, 14, 20] = S_1$$

2. 搜尋  $S_1$  的鄰域，並將其回填至原個體  $I$  中，計算其目標函數值。

設定搜尋次數  $Z=7$ ，禁忌串列  $M=3$ ， $G(S^*)=10$

當  $z=1$

表 3.3  $S_1$  的鄰域

鄰域解	12, 6, 3, 14, 20	6, 3, 12, 14, 20	6, 12, 14, 3, 20	6, 12, 3, 20, 14
目標函數	9.5*	8	8	6

此時，禁忌串列= $\{(6, 12)\}$

當將鄰域解(12, 6, 3, 14, 20)回傳至原個體時，訂單 1、2 的作業中的順序分別為： $(1, 12, 11, 16, 21)$ 與 $(2, 7, 6, 17, 22)$ 皆違反訂單加工途程的限制必需將其調整為： $(1, 11, 12, 16, 21)$ 與 $(2, 6, 7, 17, 22)$

1. 當  $z=2$

表 3.4  $S_2$  的鄰域

鄰域解	6, 12, 3, 14, 20	12, 3, 6, 14, 20	12, 6, 14, 3, 20	12, 6, 3, 20, 14
目標函數	10	9.8*	9	8

雖然鄰域解 1 的目標函數最高，但其是由  $(6, 12)$  互換所得，而  $(6, 12)$  是目前禁忌串列中的元素對，不能選取，所以選取第 2 個鄰域解，此時，禁忌串列為 $\{(6, 12), (3, 6)\}$ 。

2. 當  $z=3$

表 3.5  $S_3$  的鄰域

鄰域解	3, 12, 6, 14, 20	12, 6, 3, 14, 20	12, 3, 14, 6, 20	12, 3, 6, 20, 14
目標函數	9.8*	9.5	7	9

此時禁忌串列為 $\{(6, 12), (3, 6), (12, 3)\}$ ，而因為此鄰域解的目標函數  $12 > 10$  (原個體的適應性函數)，所以原個體將會被替換。

3. 當  $z=4$

表 3.6  $S_4$  的鄰域

鄰域解	12, 3, 6, 14, 20	3, 6, 12, 14, 20	3, 12, 14, 6, 20	3, 12, 6, 20, 14
目標函數	9.8	9	8	11*

此時禁忌串列為 $\{(3, 6), (12, 3), (14, 20)\}$ ，持續進行至 $z=7$ 。

結合禁忌搜尋後的混合式遺傳演算法運作流程如圖 3.12。本節中混合式遺傳演算法的設計理念，主要是藉由傳統 GA 交配、突變及育種選擇等運算子，使得求解過程可以搜尋出與原族群差異較大的個體，讓系統保有開發(explore)的功能。另一方面，當每獲得一排程解時，利用 TS 搜尋在此基因型態下的鄰域解，提供系統有精鍊(refine)的功能。

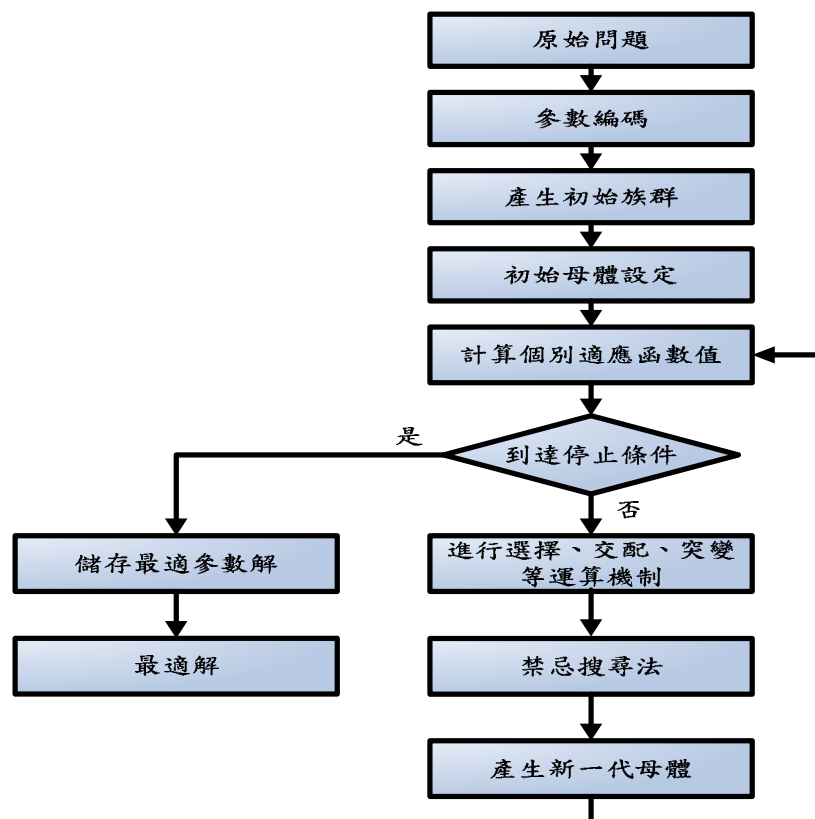


圖 3.12 混合式 GA 運作流程圖

### 3.8 蜂群優化演算法之運作

步驟一：設定演算法參數：

MBO 當中，有需使用者自行設定之參數，分別為蜂后之數量 ( $Q$ )、雄蜂數目 ( $D$ )、工蜂數目 ( $w$ )、受精囊容量 ( $S$ ) 以及產卵數目 ( $b$ )。

步驟二：隨機產生序列初始解：

隨機產生多組的雄蜂序列後，對雄蜂群進行編碼，以每張訂單的

加工作業進行編碼，分為上、下半部基因，稱之為「染色體」。其交配後產生子代時須進行解碼，染色體編碼如圖 3.13。

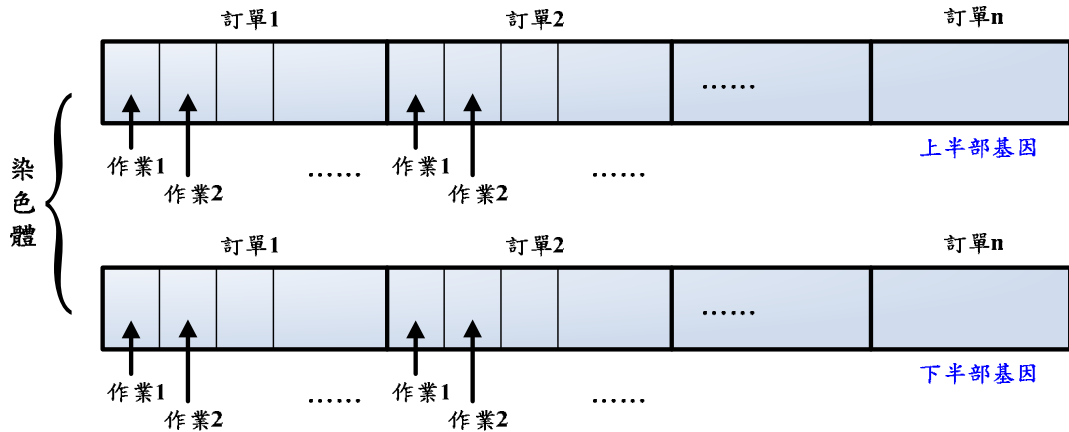


圖 3.13 蜂群優化演算法之編碼表示法示意圖

### 步驟三：產生蜂后

將隨機產生之初始解群，分別把解碼過的多組參數數值一一帶入多目標限制函式去計算目標值，其中擁有最大的目標值即為蜂后。

### 步驟四：交配飛行

交配飛行可分為以下幾個階段。每隻蜂后在飛行中與雄蜂交配，且有機率讓雄蜂之基因進入蜂后之儲精囊。交配飛行將在蜂后體力接近於 0 或者儲精囊滿的時候結束，且蜂后将返回巢穴準備產卵。雄蜂序列為隨機產生，利用模擬退火觀念，讓雄蜂之精液( $D_i$ )與蜂后( $Q$ )比對，產生一定機率進入蜂后儲精囊，機率公式如公式(3.12)。 $-|f(Q)-f(D_i)|$ 代表其中計算出雄蜂與蜂后目標值差距之絕對值。起始速度、起始能量與  $r$  為 $[0.5, 1]$ 之間的隨機數值。 $Speed(t)$ 與  $Energy(t)$ 為蜂后在時間點  $t$  的速度與能量。隨著時間，速度與能量會依據公式(3.13)與(3.14)之方式下降。 $Step$ 為每個時間點能量下降之數值，起始數值利用公式(3.15)求得。

$$\exp(-|f(Q)-f(D_i)|/Speed(t)) > r \quad \text{式 (3.12)}$$

$$Speed(t+1) = \alpha \times Speed(t) \quad \text{式 (3.13)}$$

$$Energy(t+1) = Energy(t) - step \quad \text{式 (3.14)}$$

$$Step = \frac{0.5 \times \text{Initial energy}}{S} \quad \text{式 (3.15)}$$

在交配飛行結束後，進入儲精囊之雄蜂精液依據順序排序，而蜂后將利用儲精囊進行產卵動作。

#### 步驟五：產卵過程

所有蜂后完成交配飛行後，進行產卵過程，利用輪盤法選擇一隻蜂后，與該蜂后之儲精囊內雄蜂之基因交配，產生蜂卵  $b_i$ 。產卵機制為隨機選擇任一雄蜂基因與蜂后進行交配。產出之蜂卵累積至總數目  $b$  後，即停止產卵。

#### 步驟六：工蜂照料蜂卵

產卵過程後，利用工蜂照料蜂卵進而改進其蜂卵之基因。在蜂群優化演算法中，每隻工蜂代表的是一種區域搜尋的方法。藉由每隻工蜂對蜂卵照料的效率(fitness value)，利用輪盤法挑出其中一隻工蜂對所有的蜂卵進行照料的動作(區域搜尋)。在每一迭代後，都會有一隻工蜂的 fitness value 因而增加或減少。在下一迭代，再依照工蜂的 fitness value 使用輪盤法來挑選工蜂進行區域搜尋的動作。

在本研究中利用從每張訂單隨機挑出一項作業進行鄰域搜尋，當作蜂群優化演算法中區域搜尋的方法(如表 3.7、表 3.8)，因為此方法於本研究中效率較佳。故排除了工蜂競爭的行為，只利用一隻工蜂來進行區域搜尋。

表 3.7 各訂單作業之基因

	作業 1	作業 2	作業 3	作業 4	作業 5	作業 6
訂單 1	1	6	11	16	21	25
訂單 2	2	7	12	17	22	
訂單 3	3	8	13	18	23	26
訂單 4	4	9	14	19	24	27
訂單 5	5	10	15	20		

\*灰色表示被選中者



訂單 1~5 被選中的作業之順序元素  $S=[6, 12, 3, 14, 20]$ 。開始搜尋鄰域，並將其回填至原個體中，計算其目標函數值。

表 3.8 鄰域解搜尋

鄰域解	12, 6, 3, 14, 20	6, 3, 12, 14, 20	6, 12, 14, 3, 20	6, 12, 3, 20, 14
目標函數	9.5*	8	8	6

此時我們會將鄰域搜尋得到最大目標函數值的基因回傳至原各體中。當將鄰域解(12, 6, 3, 14, 20)回傳至原個體時，訂單 1、2 的作業中的順序分別為： $(1, 12, 11, 16, 21)$ 與 $(2, 7, 6, 17, 22)$ 皆違反訂單加工途程的限制必需將其調整為： $(1, 11, 12, 16, 21)$ 與 $(2, 6, 7, 17, 22)$

步驟七：更新及取代蜂后

依據目標值將蜂卵進行排序，依序比對各蜂后之目標值，如有較差之蜂后數值差於蜂卵，該蜂卵取代該蜂后，並將最差之蜂后淘汰。此過程後，將所有之蜂卵全部放棄。

步驟八：終止搜尋

在所設定的疊代中，疊代次數到達即終止，將目前最佳的染色體轉碼並列出目前最佳目標值，為終止條件。如未終止回到步驟 4。蜂群優化演算法的步驟流程示意如下圖 3.14。

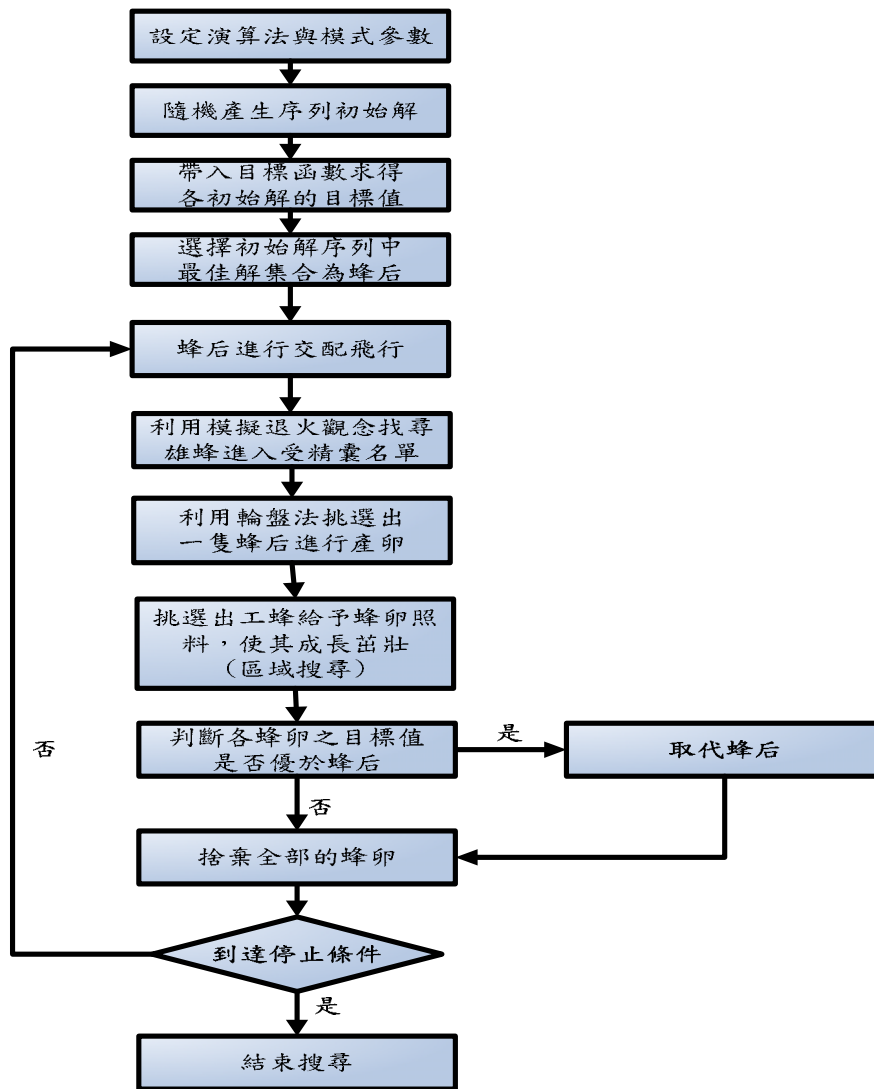


圖 3.14 蜂群優化演算法步驟圖

## 第四章 系統實證

### 4.1 實證問題說明

在本研究實證中，多廠區混合式工廠的排程環境假設為：一間企業有三間製造廠，每間製造廠各有一條生產線，每條生產線有 10 個不同的工作站。其中每樣產品都必須經過固定的前兩項加工作業才能進行之後的加工作業。本次排程規劃週期共有 10 張訂單，每張訂單均代表一項產品。而在製造廠中，每項作業前都需有機器的整備時間與上機製造的批量限制，如果切割出的批量數沒有大於此限制，代表加工此批量不符合經濟效益；而訂單之交期為一線性模糊的三角模糊數，每張訂單的作業數也不相同。訂單資料如下表 4.1 所示。

表 4.1 訂單資料

訂單	訂單利潤	作業數	加工 工作中心	機器整備 時間 (單位時間)	單位加工 時間 (單位時間)	交期時間 (單位時間)
1	240	1	1	15	1.26	14880
		2	2	38	0.93	
		3	5	50	18.3	
		4	6	90	6.7	
		5	9	60	17.5	
		6	3	35	12.5	
		7	8	140	10.8	
		8	10	25	16.7	
2	170	1	1	15	1.26	15840
		2	2	38	0.93	
		3	10	25	27.1	
		4	5	20	20	
		5	3	15	16.5	
		6	4	25	18.8	
		7	7	50	20	
		8	9	15	22.4	
3	500	1	1	15	1.26	15840

訂單	訂單利潤	作業數	加工 工作中心	機器整備 時間 (單位時間)	單位加工 時間 (單位時間)	交期時間 (單位時間)
		2	2	38	0.93	
		3	5	20	10.5	
		4	4	110	9	
		5	6	200	3.5	
		6	7	25	8	
		7	10	125	12	
4	280	1	1	15	1.26	12000
		2	2	38	0.93	
		3	8	50	7.9	
		4	7	15	12.1	
		5	6	150	7.1	
		6	4	170	13.6	
		7	9	65	12.9	
		8	3	25	11.4	
5	180	1	1	15	1.26	14400
		2	2	38	0.93	
		3	3	15	16.7	
		4	5	20	21.1	
		5	9	15	21.1	
		6	7	10	20	
6	270	1	1	15	1.26	15360
		2	2	38	0.93	
		3	3	160	12.6	
		4	6	80	6.7	
		5	5	25	12.6	
		6	10	55	17.8	
		7	7	15	14.1	
		8	8	150	8.9	
7	310	1	1	15	1.26	14400
		2	2	38	0.93	
		3	5	15	9.7	
		4	9	25	12.9	
		5	3	35	14.2	
		6	10	20	13.5	

訂單	訂單利潤	作業數	加工 工作中心	機器整備 時間 (單位時間)	單位加工 時間 (單位時間)	交期時間 (單位時間)
		7	7	10	14.8	
8	340	1	1	15	1.26	16320
		2	2	38	0.93	
		3	6	175	8.2	
		4	8	50	8.8	
		5	9	30	10	
		6	4	90	10	
		7	5	75	8.2	
		8	10	40	12.9	
9	420	1	1	15	1.26	15360
		2	2	38	0.93	
		3	4	75	4.3	
		4	3	15	9	
		5	9	65	9.5	
		6	7	100	3.3	
		7	6	200	7.1	
		8	5	160	10.5	
10	210	1	1	15	1.26	13920
		2	2	38	0.93	
		3	10	20	12.4	
		4	7	60	10.5	
		5	5	50	14.3	
		6	4	25	7.6	
		7	8	30	19	

## 4.2 質性資料評估

在考量質性因素方面，在本章實證例子中，訂單指派廠區優勢值方面將考量：廠區生產品質(F1)、廠區供應商能力(F2)、訂單顧客重要程度(F3)、訂單風險程度(F4)四項因素來評估訂單指派廠區順序權重，其運算的結果如下表 4.2。再利用訂單間的重要性來修正指派廠區的優勢權重值，如表 4.3。修正前後的訂單指派廠區優勢權重如表 4.4。而在訂單指派適配度方面將考量：訂單產品在市場上的定位，對公司形象、名聲的提升(F5)、訂單產品對於廠區在技術上的改進、突破(F6)、產品訂單為廠區的核心產品(F7)，其運算後的結果如下表 4.5。其中 AHP 的運算的流程、結果，請見附錄一、附錄二、附錄三。

而在量性因素上，以排程的製距、訂單交期滿足度以及工作站使用率作為評估指標。而適應函數中質性與量性以及各質性因素、量性因素之權重必須由規劃人員評判各因素之重要性做配對比較，關於質性因素也是由規劃人員依據各因素來對訂單作兩兩配對比較，如下表 4.6、表 4.7。最後計算出各訂單在質性因素下的加權值，求出訂單指派合適的廠區。

表 4.2 訂單指派廠區順序權重優勢值

	廠 I	廠 II	廠 III
訂單 1	<b>0.5275</b>	0.2982	0.1743
訂單 2	0.2844	<b>0.4105</b>	0.3051
訂單 3	0.3442	<b>0.4598</b>	0.1960
訂單 4	0.2650	<b>0.4919</b>	0.2431
訂單 5	0.2803	0.3086	<b>0.4831</b>
訂單 6	0.2841	0.3558	<b>0.3601</b>
訂單 7	0.2525	<b>0.4934</b>	0.2541
訂單 8	<b>0.4482</b>	0.3988	0.1530
訂單 9	0.2424	0.3377	<b>0.4199</b>
訂單 10	<b>0.4482</b>	0.3988	0.1530

表 4.3 訂單相對重要程度

	Order1	Order2	Order3	Order4	Order5	Order6	Order7	Order8	Order9	Order10	評估值
Order1	1	4	3	2	5	3	4	1/2	2	5	0.1838
Order2	1/4	1	1/2	1/3	3	1/2	2	1/5	1/3	2	0.0498
Order3	1/3	2	1	1/3	4	1/2	3	1/4	1/2	3	0.0713
Order4	1/2	3	3	1	5	2	4	1/2	2	4	0.1451
Order5	1/5	1/3	1/4	1/5	1	1/4	1/2	1/7	1/4	1/2	0.0232
Order6	1/3	2	2	1/2	4	1	3	1/4	1/2	4	0.0878
Order7	1/4	1/2	1/3	1/4	2	1/3	1	1/5	1/4	2	0.0372
Order8	2	5	4	2	7	4	5	1	3	5	0.2514
Order9	1/2	3	2	1/2	4	2	4	1/3	1	4	0.1146
Order10	1/5	1/2	1/3	1/4	2	1/4	2	1/5	1/4	1	0.0358

表 4.4 訂單於各廠間修正前、修正後之優勢值

	廠 I	廠 II	廠 III	修正值	廠 I	廠 II	廠 III
訂單 1	0.5275	0.2982	0.1743	0.1838	<b>0.09695</b>	0.05480	0.03203
訂單 2	0.2844	<b>0.4105</b>	0.3051	0.0498	0.01416	<b>0.02044</b>	0.01519
訂單 3	0.3442	<b>0.4598</b>	0.1960	0.0713	0.02454	<b>0.03278</b>	0.01397
訂單 4	0.2650	<b>0.4919</b>	0.2431	0.1451	0.03845	<b>0.07137</b>	0.03527
訂單 5	0.2803	0.3086	<b>0.4831</b>	0.0232	0.00650	0.0071	<b>0.01120</b>
訂單 6	0.2841	0.3558	<b>0.3601</b>	0.0878	0.02494	0.03123	<b>0.03161</b>
訂單 7	0.2525	<b>0.4934</b>	0.2541	0.0372	0.00939	<b>0.01835</b>	0.00945
訂單 8	<b>0.4482</b>	0.3988	0.1530	0.2514	<b>0.11267</b>	0.10025	0.03846
訂單 9	0.2424	0.3377	<b>0.4199</b>	0.1146	0.02777	0.0387	<b>0.04812</b>
訂單 10	<b>0.4482</b>	0.3988	0.1530	0.0358	<b>0.01604</b>	0.01427	0.00547

表 4.5 訂單於各廠區間的適配度

	廠 I	廠 II	廠 III	訂單適配度
訂單 1	0.3155	0.4468	0.2377	II > I > III
訂單 2	0.3459	0.3349	0.3192	I > II > III
訂單 3	0.4895	0.3830	0.1275	I > II > III
訂單 4	0.3771	0.4590	0.1639	II > I > III
訂單 5	0.2718	0.2310	0.4972	III > I > II
訂單 6	0.3300	0.4327	0.2373	II > I > III
訂單 7	0.3228	0.3325	0.3447	III > I > II
訂單 8	0.3639	0.4519	0.1842	II > I > III
訂單 9	0.5102	0.2303	0.2595	I > III > II
訂單 10	0.2254	0.4758	0.2988	II > III > I

表 4.6 質性與量性之權重值

	質性因素	量性因素	$\lambda=1.995$	評估值
質性因素	1	1/3	0.3148	0.25
量性因素	3	1	0.9492	0.75

表 4.7 量性因素之權重值

量性因素	製距	工作站使用率	交期滿足	$\lambda=3.0537$	評估值
製距	1	5	1/3	0.3916	0.28
工作站使用率	1/5	1	1/7	0.1005	0.07
交期滿足	3	7	1	0.9146	0.65

### 4.3 基本參數設定

在進行演算法運作之前，我們先就本機制中的相關參數進行介紹。在遺傳演算法的基本參數設定方面，母體大小為 20 條個體，個體中的基因編碼在 3.6.1 節中已提及；而在突變機率的制定上，因本研究考慮每一基因的突變，因此給予較小的突變機率，以符合突變的原則。其他相關設定如表 4.8、表 4.9 及表 4.10 所示：



表 4.8 遺傳演算法中參數之設定值

參數	參數值
群體大小	20
演算代數	100
交配方式	MCUOX 之改良
突變機率	0.008
精華保留個體數	1

表 4.9 混合式遺傳演算法中參數之設定值

參數	參數值
群體大小	20
演算代數	100
交配方式	MCUOX 之改良
突變機率	0.008
精華保留個體數	1
禁忌搜尋次數	4

表 4.10 蜂群優化演算法中參數之設定值

參數	參數值
蜂后數量	4
雄蜂數量	25
工蜂數量	1
蜂卵數量	20
蜂后儲精囊大小	30
演算代數	100

#### 4.4 (混合式)遺傳演算法與蜂群優化演算法之比較

依照上述實證的例子，各演算法的運算結果彙製成下列整體之最適適應函數值趨勢圖，如圖 4.1、圖 4.5 以及圖 4.9。

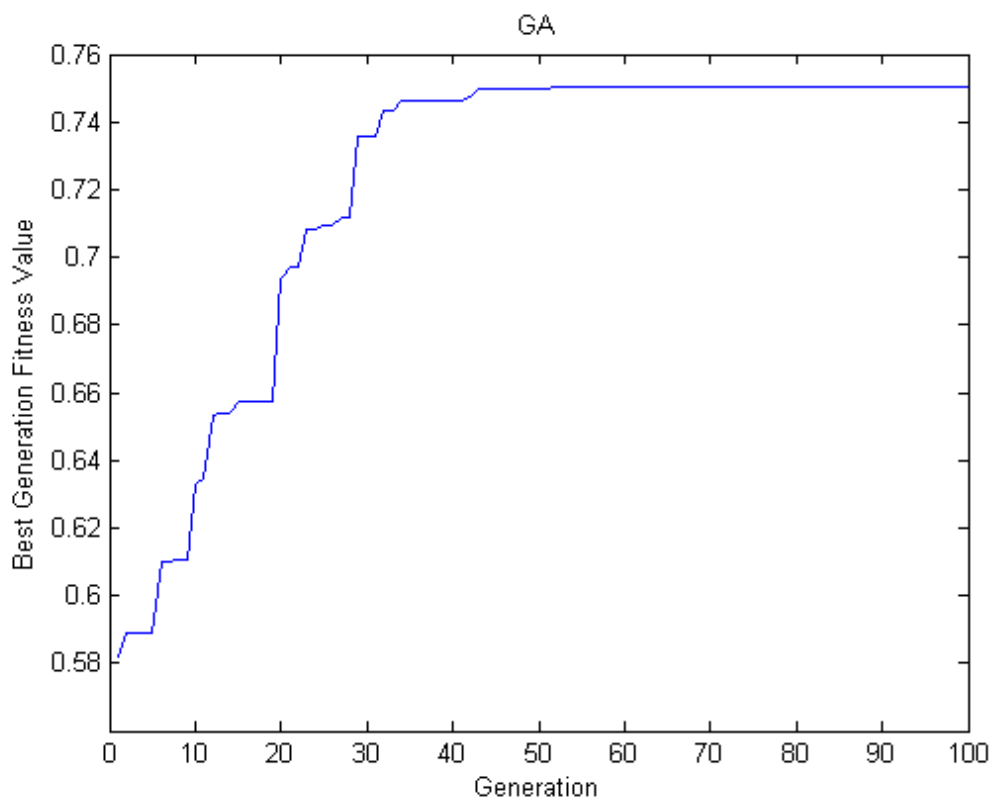


圖 4.1 GA 適應函數趨勢圖

表 4.11 工作站使用率(GA)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
廠一	0.948425	0.594151	0.516114	0.661689	0.766386	0.351705	0.590633	0.449969	0.733479	0.513872
廠二	0.827671	0.540137	0.386691	0.610763	0.766386	0.452048	0.72659	0.210007	0.653147	0.513872
廠三	0.588944	0.671116	0.927491	0.373868	0.766386	0.242054	0.440532	0.238062	0.306386	0.585023

平均機器使用率：0.56512

表 4.12 訂單交期滿足度(GA)

訂單編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
交期	14880	15840	15840	12000	14400	15360	14400	16320	15360	13920	
完工時間	19163	15897	14364	20464	13634	14984	15167	16149	14738	14400	
交期滿足度	0	0.98309	1	0	1	1	0.77188	1	1	0.85729	<b>0.76123</b>

訂單指派貢獻值：0.583862

最佳適應函數：0.748923

表 4.13 最適排程結果(GA)

	作業		作業		作業		作業		作業		作業		
	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	
廠一	M1	5-1	6-1	1-1	2-1	7-1	9-1						
		0	121	121	298.5	382	487.6	487.6	564	564	699.3	699.3	880.6
		3-1	10-1										
		880.6	1525.6	1525.6	1619								
	M2	6-2	8-2	9-2	3-2								
		298.5	394.8	564	741	880.6	1309.6	1525.6	2028.6				
	M3	9-4	5-3	2-5	7-5	1-6	4-8						
		2250.1	4147.6	4147.6	5658.1	5658.1	6598.1	6598.1	8077.1	13569.5	15087	17246.5	20463.5
	M4	9-3	3-4	2-6	4-6	8-6	10-6						
		1309.6	2250.1	3789.3	5326	6598.1	8208.6	8208.6	9534.6	9605.1	10768.5	10768.5	12389.5
M5	7-3	3-3	2-4	6-5	5-4	1-3							
	1025.3	2032.6	2032.6	3789.3	3789.3	4929.3	5845.8	6988.1	6988.1	8260.8	8260.8	9741.5	
	10-5	8-7	9-8										
	9741.5	10759.2	10768.5	11722.8	13214.7	14738							
M6	6-4	1-4	9-7										
	3956.8	5845.8	9741.5	11439.5	12154	13214.7							
M7	4-4	3-6	9-6	5-6	7-7								
	3806.6	5508.1	7276	11301	11658.7	12154	12430.5	13633.8	13633.8	15166.5			
M8	4-3	8-4	10-7	1-7									
	1544.6	3806.6	3806.6	4820.6	12389.5	14399.5	15087	17819					
M9	7-4	5-5	2-8										
	2032.6	6056.6	8260.8	12073.8	12073.8	15896.8							
M10	2-3	10-3	6-6	7-6	3-7	1-8							
	1153	2697	2697	3571.6	6988.1	8608.5	8608.5	10010.2	11301	14363.5	17819	19163.3	
廠二	M1	5-1	8-1	7-1	9-1	2-1	1-1						
		0	121	121	564	564	699.3	699.3	880.6	880.6	957	957	1062.6
		4-1	10-1										
		1062.6	1246.6	1525.6	1619								
	M2	6-2	8-2	2-2	4-2	10-2							
		298.5	394.8	564	741	957	1153	1246.6	1544.6	1619	1852		
	M3	9-4	2-5	7-5	1-6								
		2250.1	4147.6	5658.1	6598.1	6598.1	8077.1	13569.5	15087				
	M4	9-3	3-4	2-6	4-6	8-6							
		1309.6	2250.1	3789.3	5326	6598.1	8208.6	8208.6	9534.6	9605.1	10768.5		
M5	7-3	3-3	2-4	6-4	5-4	1-3							
	1025.3	2032.6	2032.6	3789.3	3789.3	4929.3	5845.8	6988.1	6988.1	8260.8	8260.8	9741.5	

	作業		作業		作業		作業		作業		作業	
	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束
	10-5		8-7		9-8							
	9741.5	10759.2	10768.5	11722.8	13214.7	14738						
<b>M6</b>	8-3		3-5		9-7							
	741	3704	5326	7276	12154	13214.7						
<b>M7</b>	4-4		10-4		9-6		6-7		5-6		7-7	
	3806.6	5508.1	5508.1	7773.1	8113.1	8608.5	8608.5	12430.5	12430.5	13633.8	13633.8	15166.5
<b>M8</b>	8-4		10-7									
	3806.6	4820.6	12389.5	14399.5								
<b>M9</b>	9-5		8-5		1-5		4-7					
	4147.6	6175.1	6175.1	9605.1	11439.5	13569.5	13569.5	17246.5				
<b>M10</b>	2-3		10-3		6-6		7-6		3-7		1-8	
	1153	2697	2697	3571.6	6988.1	8608.5	8608.5	10010.2	11301	14363.5	17819	19163.3
<b>M1</b>	6-1		7-1		9-1		2-1		1-1		4-1	
	121	298.5	564	699.3	699.3	880.6	880.6	957	957	1062.6	1062.6	1246.6
	10-1											
	1525.6	1619										
<b>M2</b>	6-2		5-2		7-2		1-2					
	298.5	394.8	394.8	599.8	699.3	1025.3	1062.6	1323.6				
<b>M3</b>	6-3		5-3		2-5		7-5					
	394.8	3956.8	4147.6	5658.1	5658.1	6598.1	6598.1	8077.1				
<b>M4</b>	3-4		4-6		8-6							
	3789.3	5326	8208.6	9534.6	9605.1	10768.5						
<b>M5</b>	7-3		3-3		2-4		6-5		5-4		1-3	
	1025.3	2032.6	2032.6	3789.3	3789.3	4929.3	5845.8	6988.1	6988.1	8260.8	8260.8	9741.5
	10-5		8-7		9-8							
	9741.5	10759.2	10768.5	11722.8	13214.7	14738						
<b>M6</b>	4-5		9-7									
	5508.1	7646.1	12154	13214.7								
<b>M7</b>	2-7		9-6		5-6		7-7					
	8208.6	11658.7	11658.7	12154	12430.5	13633.8	13633.8	15166.5				
<b>M8</b>	8-4		6-8									
	3806.6	4820.6	12430.5	14983.5								
<b>M9</b>	9-5		1-5									
	4147.6	6175.1	11439.5	13569.5								
<b>M10</b>	2-3		10-3		6-6		7-6		8-8		1-8	
	1153	2697	2697	3571.6	6988.1	8608.5	8608.5	10010.2	11722.8	16148.8	17819	19163.3

廠  
三

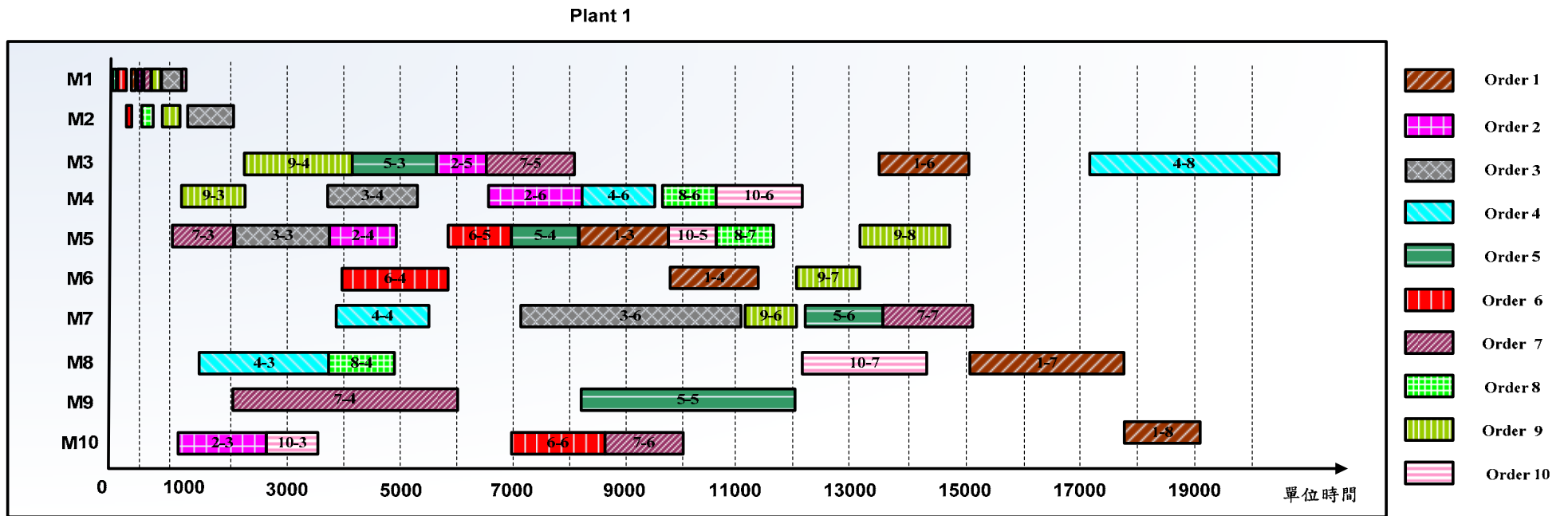


圖 4.2 GA-廠 I 之生產排程結果

Plant 2

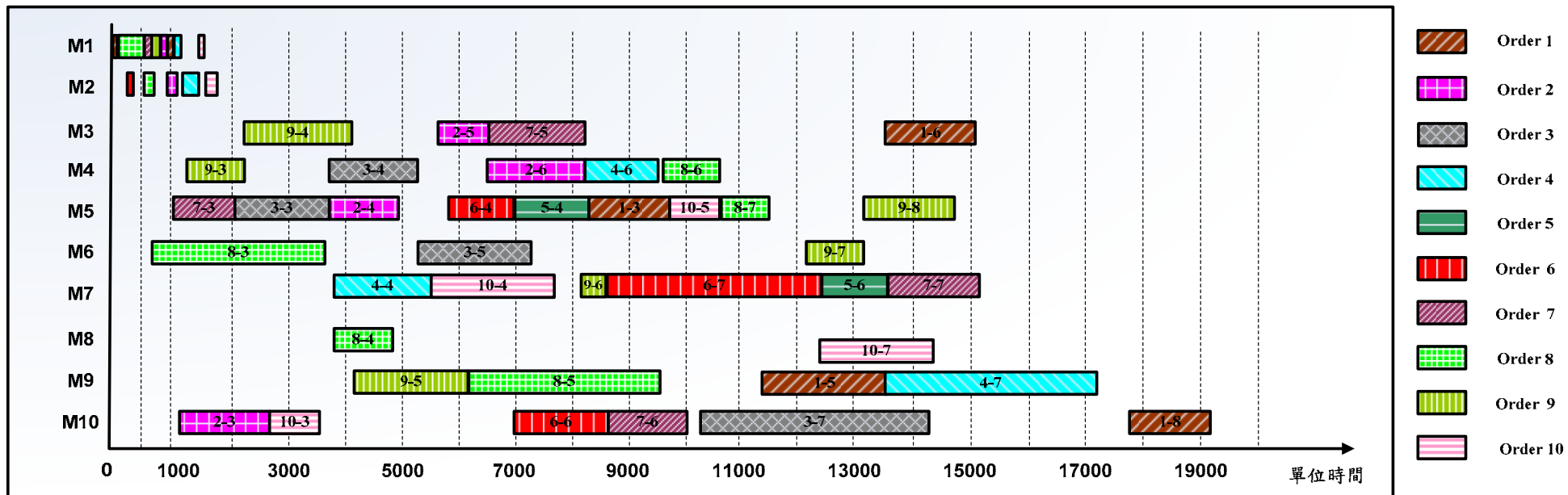


圖 4.3 GA-廠 II 之生產排程結果

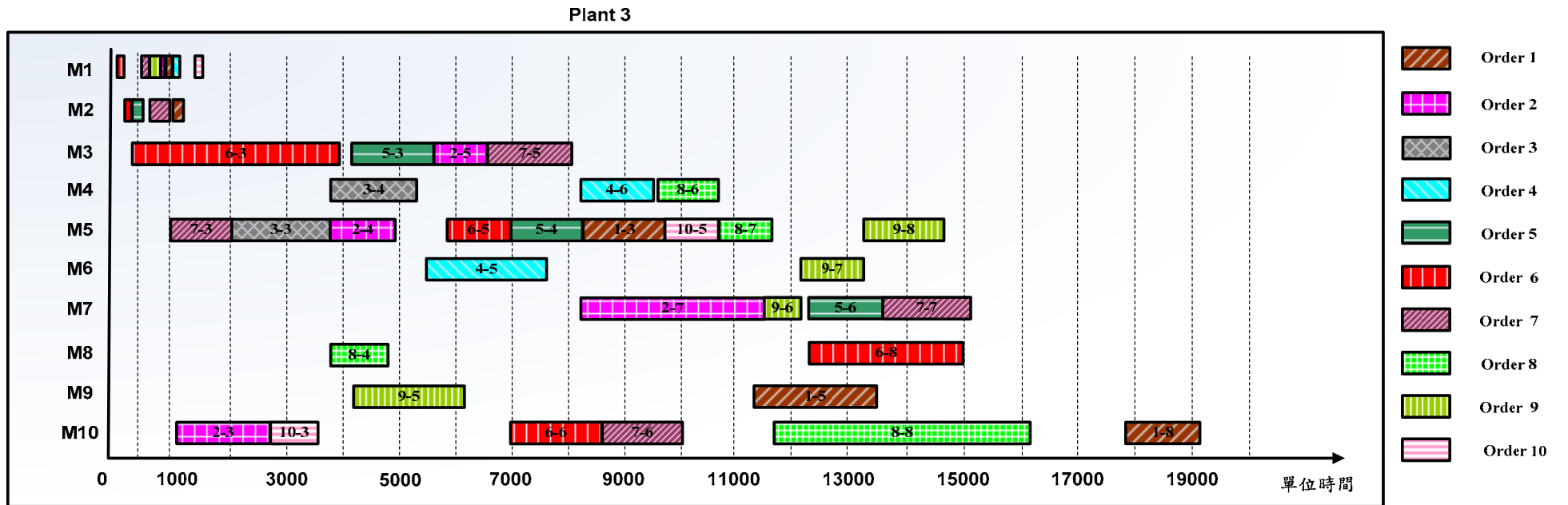


圖 4.4 GA-廠 III 之生產排程結果

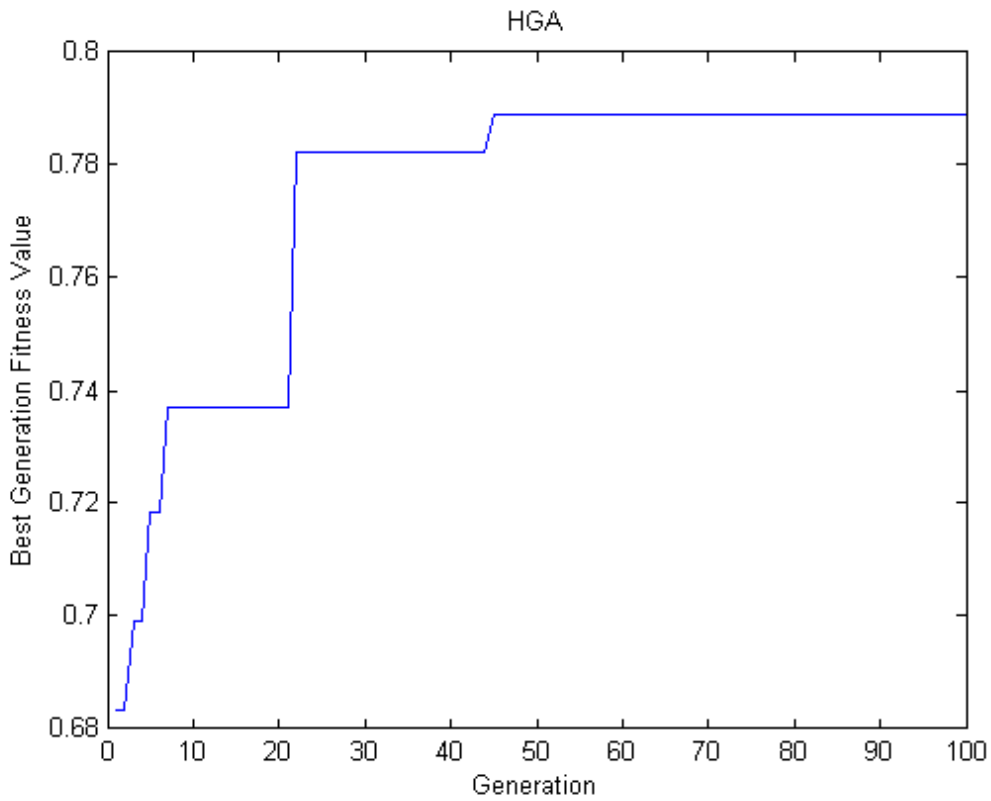


圖 4.5 HGA 適應函數趨勢圖

表 4.14 工作站使用率(HGA)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
廠一	1	0.69479	0.50136	0.63223	0.85713	0.49152	0.71169	0.47973	0.68003	0.65939
廠二	0.86603	0.46019	0.52095	0.37715	0.80543	0.49152	0.66153	0.32491	0.68003	0.65939
廠三	0.8338	0.53478	0.38085	0.50247	0.69434	0.23182	0.50219	0.10669	0.38173	0.41411

平均工作站使用率：0.57126

表 4.15 訂單交期滿足度(HGA)

訂單編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
交期	14880	15840	15840	12000	14400	15360	14400	16320	15360	13920	
完工時間	17835	9925.7	14541	17024	14215	15112	13012	16274	13367	12559	
交期滿足度	0.1206	1	1	0	1	1	1	1	1	1	<b>0.81206</b>

訂單指派貢獻度：0.629791

最佳適應函數：0.79103



表 4.16 最適排程結果(HGA)

		作業		作業		作業		作業		作業		作業	
		開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束
廠一	<b>M1</b>	2-1		4-1		9-1		7-1		8-1		3-1	
		0	76.3	76.3	444.3	444.3	625.6	625.6	1031.7	1031.7	1179.3	1179.3	1824.3
	<b>M2</b>	2-2		4-2		6-2		1-2		7-2		9-2	
		76.3	141.6	444.3	543.6	543.6	640	640	901	1031.7	1194.7	1194.7	1623.7
		3-2											
		1824.3	2327.3										
	<b>M3</b>	6-3		2-5		7-5		1-6		4-8			
		640	4202	4202	5612	7299.7	8778.7	14113	15125	15951	17024		
	<b>M4</b>	9-3		2-6		3-4		8-6					
		1623.7	3504.7	5612	6685.7	7597.3	9134	9134	12624				
	<b>M5</b>	7-3		2-4		6-5		5-4		1-3		9-8	
		1194.7	2202	2202	3912	4831.7	6545.2	6545.2	10363	10363	11844	11844	13367
		8-7											
	13367	14799											
<b>M6</b>	8-3		6-4		4-5		3-5		9-7		1-4		
	1533.3	3014.8	4202	4831.7	5077.7	5790.3	9134	10109	10137	11728	11844	12693	
<b>M7</b>	4-4		2-7		9-6		3-6		7-7		5-6		
	1674.7	5077.7	6685.7	7835.7	8651.3	10137	10137	11479	11479	13012	13012	14215	
<b>M8</b>	4-3		8-4		10-7		6-8		1-7				
	543.6	1674.7	3014.8	4535.8	11219	12559	12559	15112	15125	16491			
<b>M9</b>	7-4		8-5		9-5		2-8		5-5		1-5		
	2202	3543.3	4535.8	6250.8	7299.7	8651.3	8651.3	9925.7	10363	12270	12693	14113	
	4-7												
	14113	15951											
<b>M10</b>	2-3		10-3		6-6		7-6		3-7		8-8		
	141.6	1685.7	1685.7	2997.7	6545.2	8165.5	8778.7	10180	11479	14541	14799	16274	
	1-8												
	16491	17835											
廠二	<b>M1</b>	2-1		1-1		6-1		9-1		10-1		8-1	
		0	76.3	76.3	234.8	234.8	412.3	444.3	625.6	625.6	905.6	1031.7	1179.3
	<b>M2</b>	2-2		4-2		6-2		7-2		10-2			
		76.3	141.6	444.3	543.6	543.6	640	1031.7	1194.7	1194.7	1427.7		
	<b>M3</b>	5-3		9-4		7-5		1-6		4-8			
	1072.7	2583.2	3504.7	7299.7	7299.7	8778.7	14113	15125	15951	17024			
<b>M4</b>	2-6		3-4		10-6								
	5612	6685.7	7597.3	9134	9598.2	11219							

	作業		作業		作業		作業		作業		作業	
	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束
<b>M5</b>	7-3		2-4		6-5		10-5		1-3		9-8	
	1194.7	2202	2202	3912	4831.7	6545.2	6545.2	9598.2	10363	11844	11844	13367
	8-7											
	13367	14799										
<b>M6</b>	8-3		6-4		4-5		3-5		9-7		1-4	
	1533.3	3014.8	4202	4831.7	5077.7	5790.3	9134	10109	10137	11728	11844	12693
<b>M7</b>	10-4		2-7		6-7		3-6		7-7		5-6	
	2997.7	5262.7	6685.7	7835.7	8165.5	10077	10137	11479	11479	13012	13012	14215
<b>M8</b>	4-3		8-4		10-7		1-7					
	543.6	1674.7	3014.8	4535.8	11219	12559	15125	16491				
<b>M9</b>	7-4		8-5		9-5		2-8		5-5		1-5	
	2202	3543.3	4535.8	6250.8	7299.7	8651.3	8651.3	9925.7	10363	12270	12693	14113
	4-7											
	14113	15951										
<b>M10</b>	2-3		10-3		6-6		7-6		3-7		8-8	
	141.67	1685.7	1685.7	2997.7	6545.2	8165.5	8778.7	10180	11479	14541	14799	16274
	1-8											
	16491	17835										
<b>M1</b>	2-1		1-1		6-1		9-1		5-1		8-1	
	0	76.3	76.3	234.8	234.8	412.3	444.3	625.6	625.6	867.6	1031.7	1179.3
<b>M2</b>	2-2		4-2		6-2		5-2		8-2			
	76.3	141.6	444.3	543.6	543.6	640	867.6	1072.7	1179.3	1533.3		
<b>M3</b>	5-3		2-5		7-5		1-6		4-8			
	1072.7	2583.2	4202	5612	7299.7	8778.7	14113	15125	15951	17024		
<b>M4</b>	2-6		3-4		4-6							
	5612	6685.7	7597.3	9134	9134	13112						
<b>M5</b>	7-3		3-3		1-3		9-8					
廠	1194.7	2202	2327.3	7597.3	10363	11844	11844	13367				
三	6-4		4-5									
	4202	4831.7	5077.7	5790.3								
<b>M7</b>	2-7		6-7		3-6		7-7		5-6			
	6685.7	7835.7	8165.5	10077	10137	11479	11479	13012	13012	14215		
<b>M8</b>	10-7											
	11219	12559										
<b>M9</b>	7-4		9-5		2-8		1-5					
	2202	3543.3	7299.7	8651.3	8651.3	9925.7	12693	14113				
<b>M10</b>	2-3		6-6		7-6		8-8		1-8			
	141.6	1685.7	6545.2	8165.5	8778.7	10180	14799	16274	16491	17835		

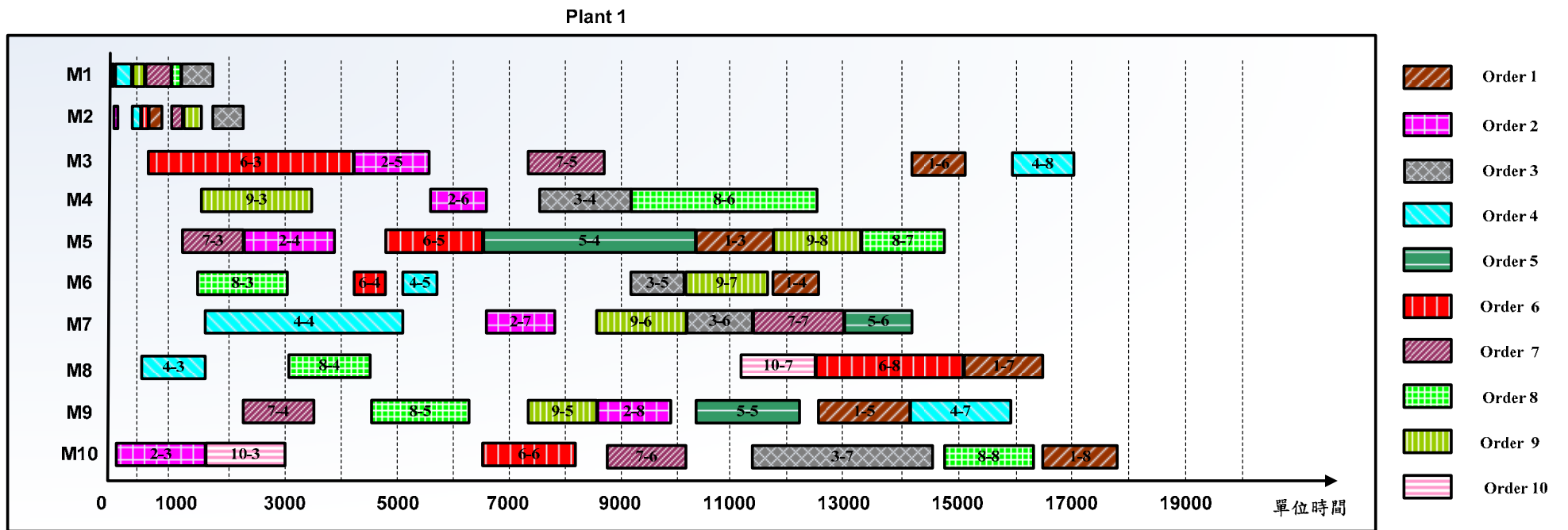


圖 4.6 HGA-廠 I 之生產排程結果

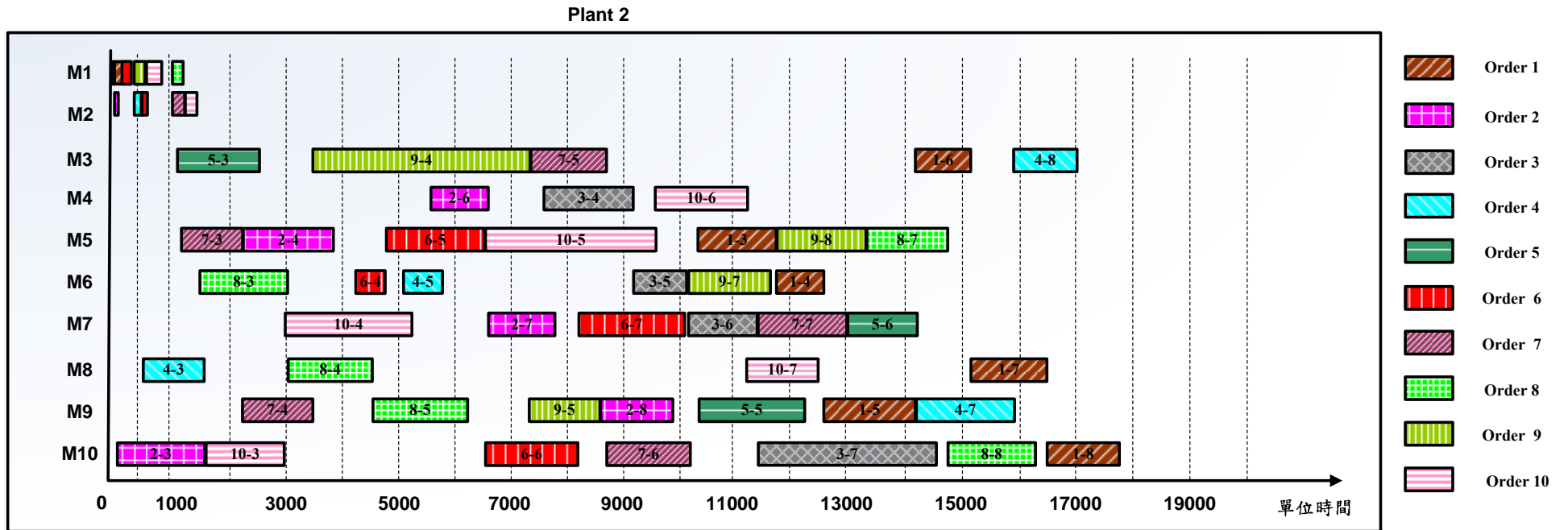


圖 4.7 HGA-廠 II 之生產排程結果

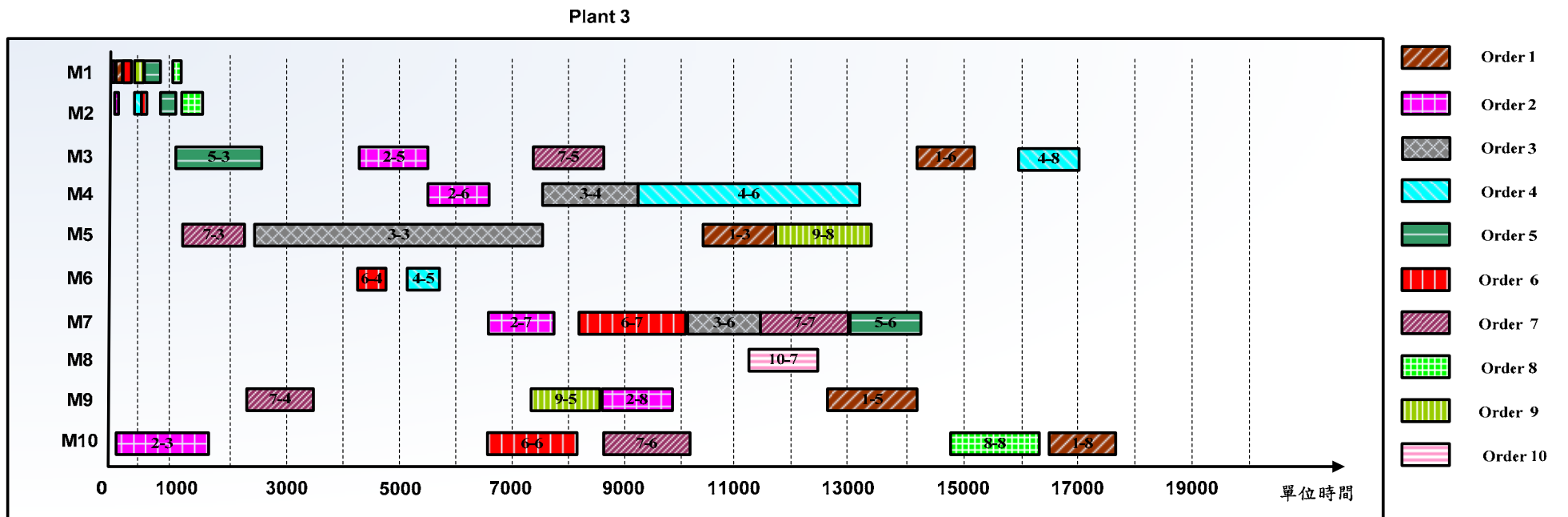


圖 4.8 HGA-廠 III 之生產排程結果

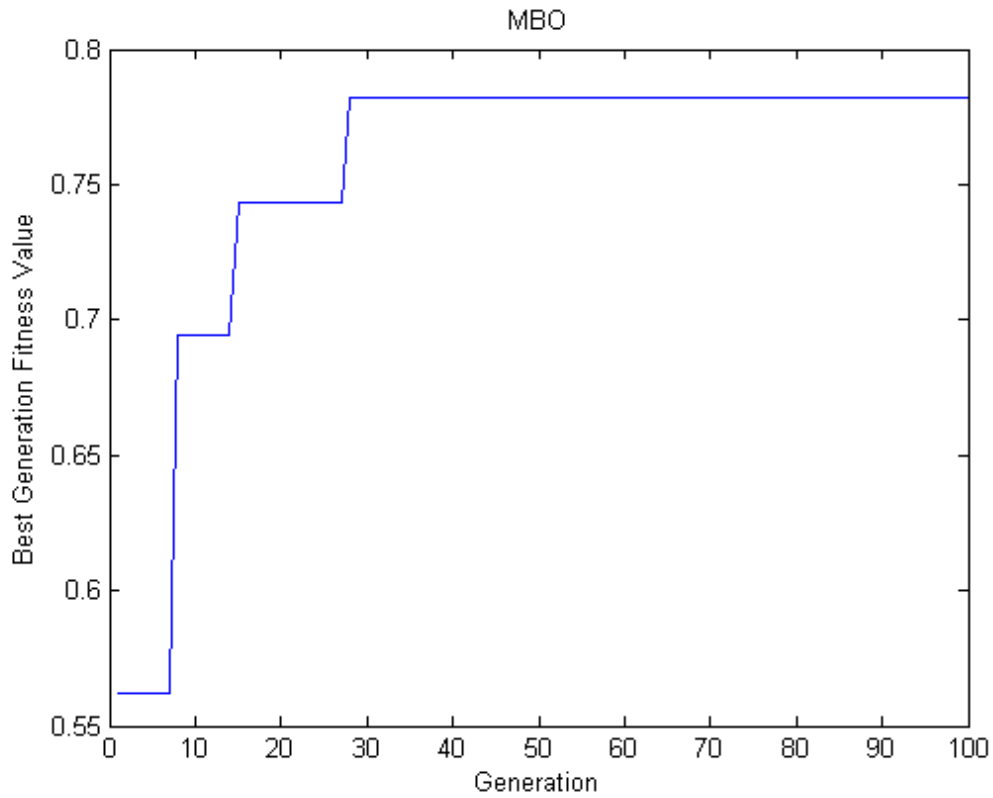


圖 4.9 MBO 適應函數趨勢圖

表 4.17 工作站使用率(MBO)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
廠一	1	0.714355	0.725733	0.734519	0.80299	0.518729	0.526347	0.336791	0.718112	0.701176
廠二	0.921599	0.670763	0.385497	0.425512	0.80299	0.312937	0.526347	0.336791	0.694393	0.698289
廠三	0.601076	0.425297	0.452601	0.30041	0.522297	0.384607	0.537291	0.250395	0.481078	0.526083

平均工作站使用率：0.567834

表 4.18 訂單交期滿足度(MBO)

訂單編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
交期	14880	15840	15840	12000	14400	15360	14400	16320	15360	13920	
完工時間	10998	16135	8182.2	15275	12109	15811	16767	16518	15921	11335	
交期滿足度	1	0.9123	1	0.0254	1	0.8658	0.2956	0.9411	0.8329	1	<b>0.78731</b>

訂單指派貢獻度 0.66876

最佳適應函數值：0.7908

表 4.19 最適排程結果(MBO)

	作業		作業		作業		作業		作業		作業		
	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	
廠一	<b>M1</b>	<b>8-1</b>	<b>6-1</b>	<b>10-1</b>	<b>3-1</b>	<b>9-1</b>	<b>4-1</b>						
		0	443	443	798	798	891.3	891.3	1213.8	1213.8	1395.1	1395.1	1517.8
	<b>M2</b>	<b>1-2</b>	<b>8-2</b>	<b>5-2</b>	<b>6-2</b>	<b>10-2</b>	<b>3-2</b>						
		273	403.5	443	620	620	722.5	798	894.3	894.3	1127.3	1213.8	1381.5
		<b>9-2</b>	<b>4-2</b>										
		1395.1	1609.6	1609.6	1709								
	<b>M3</b>	<b>6-3</b>	<b>9-4</b>	<b>7-5</b>	<b>4-8</b>								
		894.3	2675.3	2675.3	6470.3	6592.1	11029.2	14202.3	15274.7				
	<b>M4</b>	<b>9-3</b>	<b>4-6</b>	<b>10-6</b>	<b>2-6</b>	<b>8-6</b>							
		1609.6	2236.6	4148.8	8126.8	8126.8	8667.1	8976.1	10586.7	11710.2	12873.5		
<b>M5</b>	<b>1-3</b>	<b>7-3</b>	<b>5-4</b>	<b>2-4</b>	<b>10-5</b>	<b>6-5</b>							
	403.5	1884.1	1884.1	3395.1	3743.5	5016.1	5016.1	6156.1	6156.1	7682.6	7682.6	8825	
	<b>8-7</b>	<b>9-8</b>											
	12873.5	14305	14398	15921.3									
<b>M6</b>	<b>1-4</b>	<b>6-4</b>	<b>4-5</b>	<b>3-5</b>	<b>8-3</b>	<b>9-7</b>							
	1884.1	2450.1	2675.3	3079.8	3079.8	4148.8	4148.8	4798.8	4798.8	7761.8	12807	14398	
<b>M7</b>	<b>10-4</b>	<b>4-4</b>	<b>3-6</b>	<b>2-7</b>	<b>9-6</b>	<b>6-7</b>							
	2002	2757	2757	3079.8	4798.8	6140.5	10586.7	12311.7	12311.7	12807	13686	14960	
	<b>7-7</b>												
	15234.2	16766.8											
<b>M8</b>	<b>4-3</b>	<b>1-7</b>	<b>8-4</b>	<b>10-7</b>	<b>6-8</b>								
	1709	2463	7615.1	8981.1	8981.1	9995.1	9995.1	11335.2	14960	15811			
<b>M9</b>	<b>1-5</b>	<b>7-4</b>	<b>5-5</b>	<b>8-5</b>	<b>2-8</b>								
	2450.1	4580.1	4580.1	6592.1	6592.1	8498.6	9995.1	11710.2	12311.7	16134.7			
<b>M10</b>	<b>10-3</b>	<b>2-3</b>	<b>3-7</b>	<b>1-8</b>	<b>7-6</b>								
	1127.3	2002	2002	3546	6140.5	8182.1	8981.1	10997.7	11029.2	15234.2			
廠二	<b>M1</b>	<b>2-1</b>	<b>1-1</b>	<b>7-1</b>	<b>10-1</b>	<b>3-1</b>	<b>9-1</b>						
		0	114.5	114.5	273	273	679	798	891.3	891.3	1213.8	1213.8	1395.1
		<b>4-1</b>											
		1395.1	1517.8										
	<b>M2</b>	<b>1-2</b>	<b>8-2</b>	<b>6-2</b>	<b>2-2</b>	<b>7-2</b>	<b>3-2</b>						
		273	403.5	443	620	798	894.3	894.3	992.3	992.3	1155.3	1213.8	1381.5
	<b>9-2</b>	<b>4-2</b>											
	1395.1	1609.6	1609.6	1709									
<b>M3</b>	<b>6-3</b>	<b>1-6</b>	<b>4-8</b>										
	894.3	2675.3	4580.1	7615.1	14202.3	15274.7							

	作業		作業		作業		作業		作業		作業	
	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束	開始	結束
<b>M4</b>	9-3		3-4		10-6		2-6		8-6			
	1609.6	2236.6	3640.8	4148.8	8126.8	8667.1	8976.1	10586.7	11710.2	12873.5		
<b>M5</b>	1-3		7-3		5-4		2-4		10-5		6-5	
	403.5	1884.1	1884.1	3395.1	3743.5	5016.1	5016.1	6156.1	6156.1	7682.6	7682.6	8825
	8-7		9-8									
	12873.5	14305	14398	15921.3								
<b>M6</b>	1-4		6-4		4-5		3-5		9-7			
	1884.1	2450.1	2675.3	3079.8	3079.8	4148.8	4148.8	4798.8	12807	14398		
<b>M7</b>	10-4		4-4		3-6		2-7		9-6		6-7	
	2002	2757	2757	3079.8	4798.8	6140.5	10586.7	12311.7	12311.7	12807	13686	14960
	7-7											
	15234.2	16766.8										
<b>M8</b>	4-3		1-7		8-4		10-7		6-8			
	1709	2463	7615.1	8981.1	8981.1	9995.1	9995.1	11335.2	14960	15811		
<b>M9</b>	1-5		9-5		4-7							
	2450.1	4580.1	6470.3	10525.3	10525.3	14202.3						
<b>M10</b>	10-3		2-3		3-7		6-6		8-8			
	1127.3	2002	2002	3546	6140.5	8182.1	8825	13686	14305	16518		
<b>M1</b>	2-1		1-1		5-1		10-1		9-1		4-1	
	0	114.5	114.5	273	273	515	798	891.3	1213.8	1395.1	1395.1	1517.8
<b>M2</b>	5-2		6-2		2-2		7-2		3-2		4-2	
	620	722.5	798	894.3	894.3	992.3	992.3	1155.3	1213.8	1381.5	1609.6	1709
<b>M3</b>	5-3		2-5		4-8							
	722.5	3743.5	6156.1	8976.1	14202.3	15274.7						
<b>M4</b>	9-3		3-4		10-6		8-6					
	1609.6	2236.6	3640.8	4148.8	8126.8	8667.1	11710.2	12873.5				
<b>M5</b>	1-3		3-3		5-4		2-4		6-5		9-8	
	403.5	1884.1	1884.1	3640.8	3743.5	5016.1	5016.1	6156.1	7682.6	8825	14398	15921.3
<b>M6</b>	1-4		6-4		3-5							
	1884.1	2450.1	2675.3	3079.8	4148.8	4798.8						
<b>M7</b>	10-4		3-6		5-6		9-6		6-7		7-7	
	2002	2757	4798.8	6140.5	8498.6	12108.7	12311.7	12807	13686	14960	15234.2	16766.8
<b>M8</b>	4-3		8-4		10-7		6-8					
	1709	2463	8981.1	9995.1	9995.1	11335.2	14960	15811				
<b>M9</b>	7-4		5-5		8-5							
	4580.1	6592.1	6592.1	8498.6	9995.1	11710.2						
<b>M10</b>	10-3		2-3		3-7		1-8		8-8			
	1127.3	2002	2002	3546	6140.5	8182.1	8981.1	10997.7	14305	16518		

廠  
三



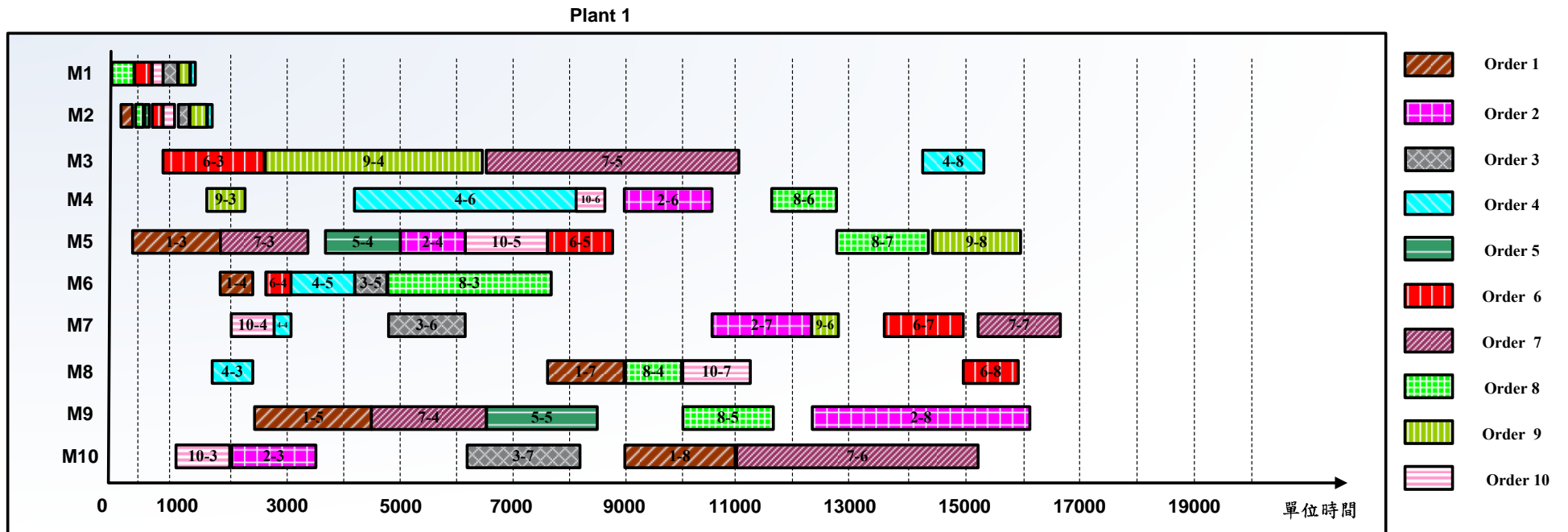


圖 4.10 MBO-廠 I 之生產排程結果

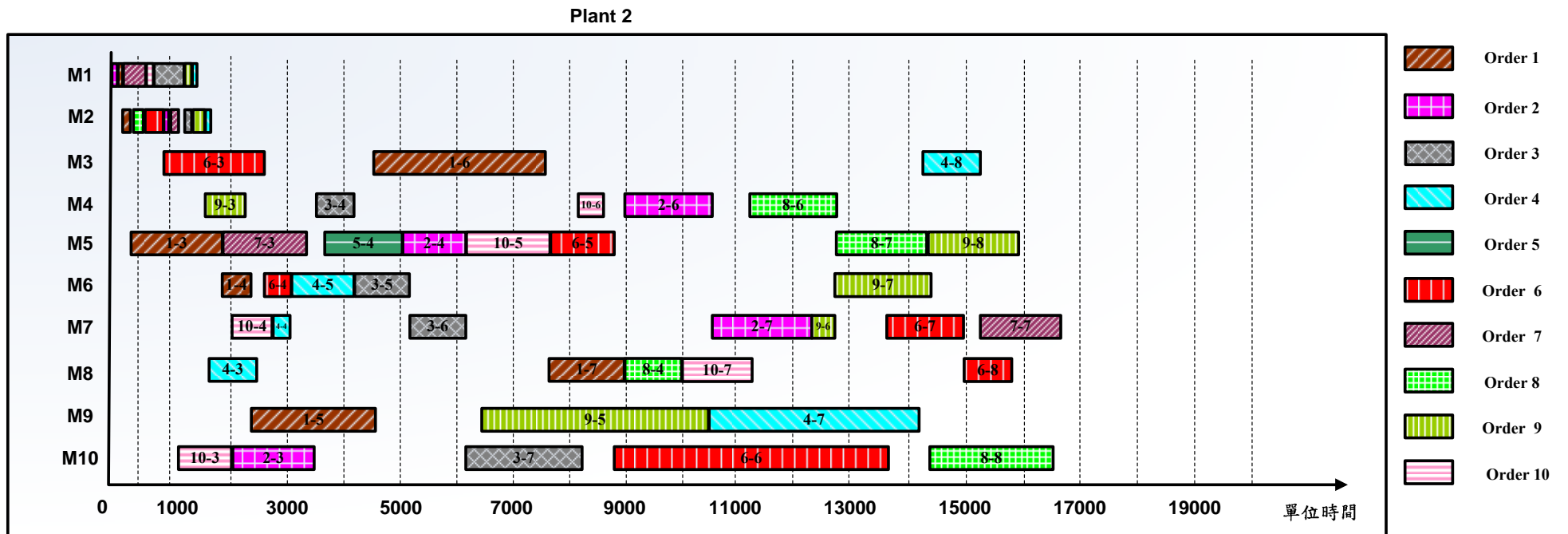


圖 4.11 MBO-廠 II 之生產排程結果

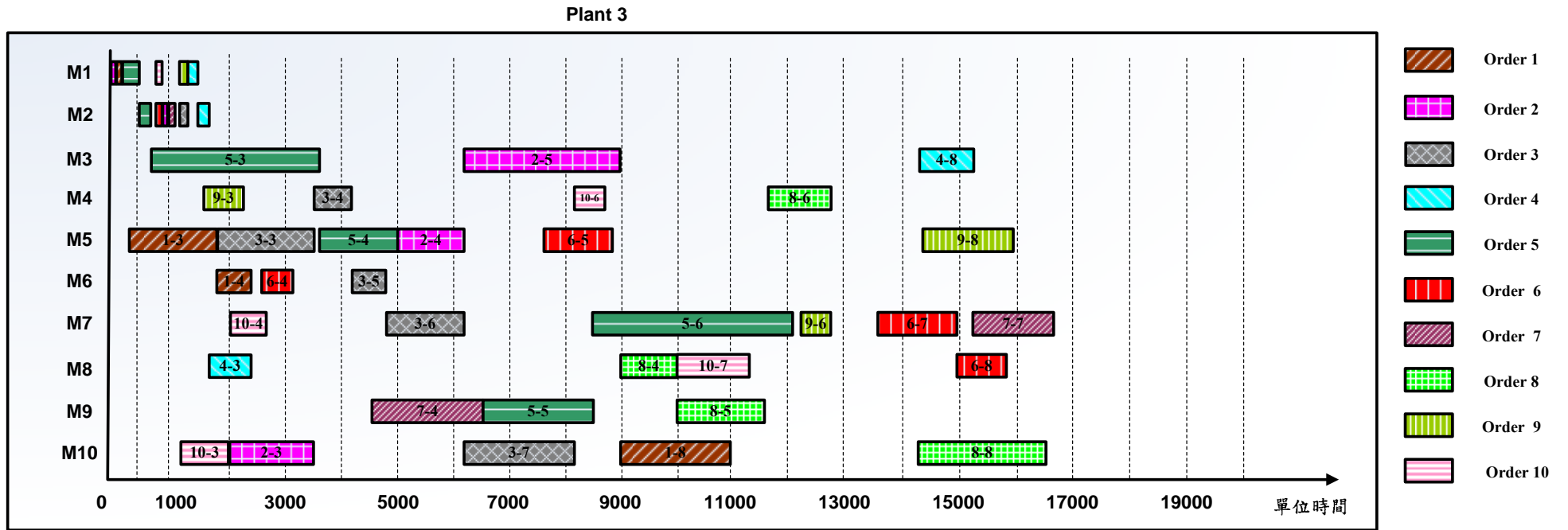


圖 4.12 MBO-廠 III 之生產排程結果

## 4.5 本章小結

可知蜂群優化演算法(MBO)與混合式遺傳演算法(HGA)應用於多廠區排程時，在訂單指派貢獻度或是在廠內排程績效上，所得到的結果都要比傳統遺傳演算法(GA)來的好。而 HGA 與 MBO 在本研究所設計的目標函數中的表現很接近，但兩者的結果都要比傳統 GA 好，證明蜂群優化演算法(MBO)適合用來解決多廠區訂單指派與排程規劃的問題。

## 第五章 結論與未來研究方向

### 5.1 研究總結

由上述系統實證結果可知，當我們將混合式遺傳演算法(HGA)與蜂群優化演算法(MBO)應用於多廠區排程時，所得到的結果差異要比傳統遺傳演算法(GA)較佳，因此我們可推測出以下幾點結論：

1. 以混合式遺傳演算法與蜂群優化演算法求解多廠區生產指派與排程問題時，效能表現上都比傳統遺傳演算法來的較好。
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，並以整體最佳化為理論基礎，與兩階段考量方式不同，整體化考量的效果明顯較好。
3. 在一般多目標排程的研究，都是以現場製造的績效，例如製距、使用率等做為評估因子，本研究除了考量現場績效，另外也將訂單貢獻度納入考量。
4. 排程演算法設計中考慮訂單作業的動態批量分割，使一作業同時在各廠區機器上處理，能有效地縮短總生產時間，發揮各廠區工作站的功用。

### 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] 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」,東海大學工業工程研究所碩士論文,1996。
- [2] 林我聰,現場排程專家系統-應用個體導向技術建立之研究,資訊與電腦公司出版,1994。
- [3] 阮亦群,「多目標與限制驅導式零工式生產排程之探討」,東海大學工業工程與經營資訊所,碩士論文,2007
- [4] Adenso, D., “An SA/TA mixture algorithm for the scheduling tardiness problem” , European Journal of Operation Research, Vol. 88, pp516-524, 1996.
- [5] Allahverdi, A., “The two- and m-machine flowshop scheduling problems with bicriteria of makespan and mean flowtime” , European Journal of Operational Research, 147, pp.373-396, 2003.
- [6] Allahverdi, A., “A new heuristic for m-machine flowshop scheduling problem with bicriteria of makespan and maximum tardiness” , Computers and Operations Research, 31, pp.157-180, 2004.
- [7] Baker, K.R., Introduction to Sequencing and Scheduling, John Wiley & Sons, New York, 1974.
- [8] Baker, R.K., “Sequence rules and due-date assignments in a job shop” , Management Science, 30, pp.1093-1104, 1984.
- [9] Birman, M. and Mosheiov, G., “A note on a due-date assignment on a two-machine flow-shop” , Computers and Operations Research, 31, pp.473-480, 2004.
- [10] Brown, J.R. and Ozgur, C.O., “Priority class scheduling: product scheduling for multi-objective environment” , Production Planning and Control, 8, pp.762-770, 1997.
- [11] Bullinger, H.-J., Faehnrich, K.-P., Laubscher, H.-P., “Planning and multi-site production – an object-oriented model” , Int. J. Production Economics, 51, (1997), 19-35.
- [12] Chan, F.T.S., Chung, S.H., Wadhwa, S., “A hybrid genetic algorithm for production and distribution” , Omega, 33, pp.345-355, 2005.
- [13] Chang, P.T., Lo, Y. T., “Modelling of job-shop scheduling with multiple quantitative and qualitative objectives and a GA/TS mixture approach” , International Journal of Computer Integrated Manufacturing, v 14, n 4, July/August, 2001, p 367-384.

- [14] Chang, P.-C., Hsieh, J.-C. and Lin, S.-G., “The development of gradual-priority weighting approach for the multi-objective flowshop scheduling problem” , International Journal of Production Economics, 79, pp.171-183, 2002.
- [15] Cheng, R. and Gen, M., “Parallel machine scheduling problems using mimetic algorithms” , Computer and Industrial Engineering, Vol. 33, No. 3-4, pp761-764, 1997.
- [16] Chou, F.D. and Lee, C.E., “Two-machine flowshop scheduling with bicriteria problem” , Computers & Industrial Engineering, 36, pp.549-564, 1999.
- [17] Croce, F.D., Tadei, R. and Volta, G., “A genetic algorithm for the job shop problem” , Computers Ops.res. 22:1 (1995) 15-24.
- [18] Daniels, R.L., “Incorporating performance information into multi-objective scheduling” , European Journal of Operational Research, 77, pp.272-286, 1994.
- [19] Esquivel, S., Ferrero, S., Gallard, R., Salto, C., Alfonso, H. and Schutz, M., “Enhanced evolutionary algorithms for single and multiobjective optimization in the job shop scheduling problem” , Knowledge-Based Systems, 15, pp.13-25, 2002.
- [20] Fang, H. L., “Genetic Algorithm in timetabling and scheduling” , Ph. D. dissertation, Department of Artificial Intelligent, University of Edinburgh, 1994.
- [21] Fathian, M., Amiri, B., Maroosi, A., “Application of honey-bee mating optimization algorithm on clustering” , Applied Mathematics and Computation. Vol. 190, 2, pp.1502-1513, 2007.
- [22] Forgy, T. C., “Varying the probability of mutation in the genetic algorithm” , Proceedings of the 3rd International Conference on Genetic algorithms, pp104-109, 1989.
- [23] Framinan, J.M., Leisten, R. and Ruiz-Usano, R., “Efficient heuristics for flowshop sequencing with the objectives of makespan and flowtime minimization” , European Journal of Operational Research, 141, pp.559-569, 2002.
- [24] Ghrayeb, O.A., “A bi-criteria optimization: minimizing the integral value and spread of the fuzzy makespan of job shop scheduling problems” , Applied Soft Computing Journal, 2, pp.197-210, 2003.
- [25] Glover, F., “Tabu search-part I” , ORSA Journal on Computing, Vol. 1, No. 3, pp190-206, 1989.
- [26] Glover, F., “Tabu search-part II” , ORSA Journal on Computing, Vol. 2, No. 1, pp4-32, 1990.

- [27] Glover, F., “Tabu search : a tutorial ” , Interface, Vol. 20, No. 4, pp.74-94, 1990.
- [28] Gnoni, M.G., Iavagnilio, R., Mossa, G., Mummolo, G., Di Leva, A., “Production planning of a multi-site manufacturing system by hybrid modelling: A case study from the automotive industry” , Int. J. Production Economics 85 (2003) 251-262.
- [29] Goldberg, D.E., “Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning” , Addison-Wesley Publishing Co., 1989.
- [30] Guinet, A., “Multi-site planning: A transshipment problem” , Int. J. Production Economics 74, pp.21-32, 2001.
- [31] Gupta, Amit Kumar, “Single machine scheduling with multiple objectives in semiconductor manufacturing”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 26, No. 9-10, pp. 50-958, 2005.
- [32] H.A. Abbass “MBO: Marriage in Honey Bees Optimization – A Haplometrosis Polygynous Swarming Approach” , The Congress on Evolutionary Computation (CEC2001), Seoul, Korea, pp.207-214, May 2001.
- [33] H.A. Abbass “A Single Queen Single Worker Honey Bees Approach to 3-SAT” , The Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO2001, San Francisco, USA, 2001.
- [34] H.A. Abbass and J. Teo “A True Annealing Approach to the Marriage in Honey-Bees Optimization Algorithm” , The Inaugural workshop on Artificial Life, AL'01, Adelaide, Dec. 2001.
- [35] Haddad, O.B., Afshar, A., Marino, M.A., “Honey-Bees Mating Optimization (HBMO) Algorithm: A New Heuristic Approach for Water Resources Optimization” , Water Resources Management, Vol. 20, No. 5., pp. 661-680, (22 October 2006).
- [36] Ishibuchi, H. and Murata, T., “A multi-objective genetic local search algorithm and its application to flowshop scheduling” , IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics-Part C: Application and Review, 28, pp.392-403, 1998.
- [37] Ishibuchi, H., Yoshida, T. and Murata, T., “Balance between genetic search and local search in memetic algorithms for multiobjective permutation flowshop scheduling” , IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 7, pp.204-223, 2003.
- [38] Itoh, K, Huang, D. and Enkawa, T., “Twofold look-ahead search for multi-criterion job shop scheduling” , International Journal of Production Research, 31, pp.2215-2234, 1993.



- [39] Jolayemi, J.K., Olorunniwo, F.O., “A deterministic model for planning production quantities in a multi-plant, multi-warehouse environment with extensible capacities” , *Int. J. Production Economis*, 87, (2004), 99 – 113.
- [40] Kacem, I., Hammadi, S. and Borne, P., “Approach by localization and multiobjective evolutionary optimization for flexible job-shop scheduling problems” , *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 32, pp.1-13, 2002.
- [41] Kanyalkar, A.P. and Adil, G.K., “Aggregate and detailed production planning integrating procurement and distribution plans in a multi-site environment” , *International Journal of Production Research*, 43(20), 4431-4454, 2005.
- [42] 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.
- [43] Kim, C.-O., Min, H.-S. and Yih, Y., “Integration of inductive learning and neural networks for multi-objective FMS scheduling” , *International Journal of Production Research*, 36, pp.2497-2509, 1998.
- [44] Kim, D.W., Na, D.G. and Chen, F., “Unrelated parallel machine scheduling with setup times and a total weighted tardiness objective” , *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 19, pp.173-181, 2003.
- [45] Kumar, N.S.H. and Srinivasan, G., “A genetic algorithm for job shop scheduling- A case study” , *Computers in Industry* 31 (1996) 155-160.
- [46] Lee, I., “Artificial intelligence search methods for multi-machine two-stage scheduling with due date penalty, inventory, and machining costs” , *Computers and Operations Research*, 28, pp.835-852, 2001.
- [47] Levis, A.A., Papageorgiou, L.G., “A hierarchical solution approach for multi-site capacity planning under uncertainty in the pharmaceutical industry” , *Computers and Chemical Engineering* 28 (2004) 707 – 725.
- [48] Leung, S.C.H., Wu, Y., Lai, K.K., “Multi-site aggregate production planning with multiple objectives: a goal programming approach” , *Production Planning & Control* 14: 5(2003) 425 – 436.
- [49] Leung, S.C.H., Tsang, S.O.S., Ng, W.L., Wu, Y., “A robust optimization model for multi-site production planning problem in an uncertain enviroment” , *European Journal of Operational Research*, vol. 181, issue 1, 224-238, 2007.
- [50] Liaw, C. F., “A hybrid genetic algorithm for the open shop scheduling problem” , *Proceedings of the CIIE National Conference*, pp36-41, 1998.

- [51] Liaw, C.-F., “A hybrid genetic algorithm for the open shop scheduling problem” , *European Journal of Operational Research*, 124, (2000), 28-42.
- [52] Lin, H.-T and Liao, C.-J., “A case study in a two-stage hybrid flow shop with setup time and dedicated machines” , *International Journal of Production Economics*, 86, pp.133-143, 2003.
- [53] Loukil, T., Teghem, J., and Tuyttens, D., “Solving multi-objective production scheduling problems using metaheuristics”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 161, pp. 42-61, 2005.
- [54] Low, Chinyao, Wu, Tai-Hsi, and Hsu, Chih-Ming, “Mathematical modelling of multi-objective job shop scheduling with dependent setups and re-entrant operations”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. No. 27, pp. 181-189, 2005.
- [55] Mellor, P., “A review of job shop scheduling ” , *Operational Research Quarterly*, Vol. 17, No. 2, pp161-170, 1966.
- [56] Min, H. S., Yih, Y. and Kim, C.-O., “A competitive neural network approach to multi-objective FMS scheduling” , *International Journal of Production Research*, 36, pp.1749-1765, 1998.
- [57] Michalewicz, Z., *Genetic Algorithm + Data Structures = Evolution Programs*, Springer-Verg Berlin Heidelberg, 1994.
- [58] Moon, C., Kim, J., Hur, S., “Integrated process planning and scheduling with minimizing total tardiness in multi-plants supply chain” , *Computers & Industrial Engineering*, 43, 2002, 331-349.
- [59] Moon, C., Seo, Y., “Evolutionary algorithm for advanced process planning and scheduling in a multi-plant” , *Computers and Industrial Engineering*, v.48 n.2, p.311-325, 2005.
- [60] Murata, T. and Ishibuchi, H., “Performance evaluation of genetic algorithms for flowshop scheduling problems,” *Proceedings the First IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, 2, pp.812-817, 1994.
- [61] Murata, T., Ishibuchi, H. and Tanaka, H., “Multi-objective genetic algorithm and its applications to flowshop scheduling” , *Computers and Industrial Engineering*, 30, pp.957-968, 1996.
- [62] Nagar, A., Haddock, J. and Heragu, S., “Multiple and bicriteria scheduling: a literature survey” , *European Journal of Operational Research*, 81, pp.88-104, 1995.
- [63] Neppalli, V.R., Chen, C.L. and Gupta, J., “Genetic algorithms for two-stage bicriteria flowshop problem” , *European Journal of Operational Research*, 95,

pp.356-373, 1996.

- [64] Norman, B.A., Bean, J.C., “A genetic algorithm methodology for complex scheduling problems” , *Naval Research Logistics* 46 (1999) 199-211.
- [65] Petrovic, D., Duenas, A., and Petrovic, S., “Decision support tool for multi-objective job shop scheduling problems with linguistically quantified decision functions” , *Decision Support Systems* 43, pp.1527-1538, 2007.
- [66] 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.
- [67] Park, B.J., Choi, H.R. and Kim, H.S., “A hybrid genetic algorithm for the job shop scheduling problems” , *Computers & Industrial Engineering* 45 (2003) 597 – 613.
- [68] Pinedo, M., *Scheduling : theory, algorithms, and systems*, pp118-141, Prentice Hall, Inc., 1995.
- [69] Pirkul, H., Jayaraman, V., “A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: formulation and efficient heuristic solution” , *Computers Ops Res.* 25:10(1998) 869-878.
- [70] Rajendran, C. and Ziegler, H., “Heuristics for scheduling in flowshops and flowline-based manufacturing cells to minimize the sum of weighted flowtime and weighted tardiness of jobs” , *Computers and Industrial Engineering*, 37, pp.671-690, 1999.
- [71] Rajendran, C. and Ziegler, H., “Scheduling to minimize the sum of weighted flowtime and weighted tardiness of jobs in a flowshop with sequence-dependent setup times” , *European Journal of Operational Research*, 149, pp.513-522, 2003.
- [72] Ravindran, D., Selvakumar, S.J., and Haq, A. Noorul, “Flow shop scheduling with multiple objective of minimizing makespan and total flow time”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 25, No. 9-10, pp. 1007-1012, 2005.
- [73] Rous, W., Dauzere-Pereas, S., Lasserre, J.B., “Planning and scheduling in a multi-site environment” , *Production Planning & Control* 10:1 (1999)19- 28.
- [74] Sauer, J., Suelmann, G., Appelrath, H.-J., “Multi-site scheduling with fuzzy concepts” , *International Journal of Approximate Reasoning* 19 (1998) 145-160.
- [75] Sambasivan, M., Schmidt, C.P., “A heuristic procedure for solving multi-plant, multi-item, multi-period capacitated lot-sizing problems” , *Asia-pacific Journal*

of Operational Research (2002) 87-105.

- [76] Satty, T. L., The Analytic Hierarchical Process, McGraw-Hill, Inc., 1977.
- [77] Sivrikaya-Serifođlu, F. and Ulusoy, G., “Parallel machine scheduling with earliness and tardiness penalties” , Computers and Operations Research, Vol. 26, No. 8, pp 773-787, 1999.
- [78] 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., 1995 INRIA/IEEE Symposium on , 3 (1995) 261 – 269.
- [79] Timpe, C.H., Kallrath, J., “Optimal planning in large multi-site production networks” , European Journal of Operational Research 126 (2000) 422-435.
- [80] Varadharajan, T.K., Rajendran, and Chandrasekharan, “A multi-objective simulated-annealing algorithm for scheduling in flowshops to minimize the makespan and total flowtime of jobs”, European Journal of Operational Research, Vol. 167, No. 3, pp. 772-795, 2005.
- [81] Vercellis, C., “Multi-plant production planning in capacitated self-configuring two-stage serial systems” , European Journal of Operational Research 119 (1999) 451-460.
- [82] Wesley, B. J.,and J. B. Chambers, “Solving the job shop scheduling problem with tabu search” , IIE Transactions, Vol.27, No. 2, pp257-263, 1995.
- [83] 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.
- [84] Yum, Y.S., “Genetic algorithms with fuzzy logic controller for preemptive and non-preemptive job-shop scheduling problems” , Computers & Industrial Engineering 43 (2002) 623 – 644.

## (附錄一) AHP 評估計算法則

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(1977)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 A.1 所示。

表 A.1 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：計算單一訂單下各質性因素的相對權重。

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 10 張訂單，三間製造廠為例說明本機制之運算過程，所考慮的質性因素分別為該廠區生產品質(F1)、廠區供應商能力(F2)、訂單顧客重要程度(F3)、訂單利潤(F4)等四項因素。首先考慮訂單 1 的各項質性因素的相對權重，可列出一矩陣如表 A.2 所示。

表 A.2 訂單 1 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	3	2	1/2	0.2842
F2	1/3	1	2	1/4	0.1453
F3	1/2	1/2	1	1/2	0.1336
F4	2	4	2	1	0.4369

接著考慮單一因素情況下各製造廠間的評估值，考量 F1 此因素中廠 I、廠 II、廠 III 三間製造廠的相關權重值。如表 A.3 所示。

表 A.3 訂單 1 在廠區生產品質(F1)下的指派廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	3	0.2987
廠二	4	1	1/2	0.4141
廠三	1/3	2	1	0.2872

之後便依序考量 F2、F3、F4 等因素下廠 I、廠 II、廠 III 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，對訂單 1 來說廠 I、廠 II、廠 III 三廠的相對競爭優勢。其計算方式如表 A.4 所示：

表 A.4 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	0.2842	0.1453	0.1336	0.4369	
廠一	0.2987	0.5396	0.5472	0.6662	0.5275
廠二	0.4141	0.2970	0.2631	0.2339	0.2982
廠三	0.2872	0.1634	0.1897	0.0999	0.1743

之後再逐步計算出其餘訂單在廠 I、廠 II、廠 III 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。其結果如表 A.5 所示。

表 A.5 訂單間相對重要程度

	Order1	Order2	Order3	Order4	Order5	Order6	Order7	Order8	Order9	Order10	評估值
Order1	1	4	3	2	5	3	4	1/2	2	5	0.1838
Order2	1/4	1	1/2	1/3	3	1/2	2	1/5	1/3	2	0.0498
Order3	1/3	2	1	1/3	4	1/2	3	1/4	1/2	3	0.0713
Order4	1/2	3	3	1	5	2	4	1/2	2	4	0.1451
Order5	1/5	1/3	1/4	1/5	1	1/4	1/2	1/7	1/4	1/2	0.0232
Order6	1/3	2	2	1/2	4	1	3	1/4	1/2	4	0.0878
Order7	1/4	1/2	1/3	1/4	2	1/3	1	1/5	1/4	2	0.0372
Order8	2	5	4	2	7	4	5	1	3	5	0.2514
Order9	1/2	3	2	1/2	4	2	4	1/3	1	4	0.1146
Order10	1/5	1/2	1/3	1/4	2	1/4	2	1/5	1/4	1	0.0358

之後便要利用表 A.5 中所求得的權重值來修正表 A.4 中所求得的訂單 1 於三間製造廠間的優勢比較值。各廠間的優勢分別如表 A.6 所示。

表 A.6 訂單於各廠間修正前、修正後之優勢值

	廠 I	廠 II	廠 III	修正值	廠 I	廠 II	廠 III
訂單 1	0.5275	0.2982	0.1743	0.1838	<b>0.09695</b>	0.05480	0.03203
訂單 2	0.2844	<b>0.4105</b>	0.3051	0.0498	0.01416	<b>0.02044</b>	0.01519
訂單 3	0.3442	<b>0.4598</b>	0.1960	0.0713	0.02454	<b>0.03278</b>	0.01397
訂單 4	0.2650	<b>0.4919</b>	0.2431	0.1451	0.03845	<b>0.07137</b>	0.03527
訂單 5	0.2803	0.3086	<b>0.4831</b>	0.0232	0.00650	0.0071	<b>0.01120</b>
訂單 6	0.2841	0.3558	<b>0.3601</b>	0.0878	0.02494	0.03123	<b>0.03161</b>
訂單 7	0.2525	<b>0.4934</b>	0.2541	0.0372	0.00939	<b>0.01835</b>	0.00945
訂單 8	<b>0.4482</b>	0.3988	0.1530	0.2514	<b>0.11267</b>	0.10025	0.03846
訂單 9	0.2424	0.3377	<b>0.4199</b>	0.1146	0.02777	0.0387	<b>0.04812</b>
訂單 10	<b>0.4482</b>	0.3988	0.1530	0.0358	<b>0.01604</b>	0.01427	0.00547



## (附錄二) 訂單指派廠區權重順序之資料評估

訂單 1 在廠區生產品質(F1)下的指派廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	3	0.2987
廠二	4	1	1/2	0.4141
廠三	1/3	2	1	0.2872

訂單 1 在訂單顧客重要程度 (F3) 下之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	3	2	0.5472
廠二	1/3	1	2	0.2631
廠三	1/2	1/2	1	0.1897

訂單 1 在廠區供應商能力(F2)下的指派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	3	0.5396
廠二	1/2	1	2	0.2970
廠三	1/3	1/2	1	0.1634

訂單 1 在訂單風險程度 (F4) 下之指派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	3	5	0.6662
廠二	1/3	1	2	0.2339
廠三	1/5	1/2	1	0.0999

訂單 1 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	3	2	1/2	0.2842
F2	1/3	1	2	1/4	0.1453
F3	1/2	1/2	1	1/2	0.1336
F4	2	4	2	1	0.4369

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	0.2842	0.1453	0.1336	0.4369	
廠一	0.2987	0.5396	0.5472	0.6662	0.5275
廠二	0.4141	0.2970	0.2631	0.2339	0.2982
廠三	0.2872	0.1634	0.1897	0.0999	0.1743

訂單 2 在廠區生產品質(F1)下的指派廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/3	1/2	0.1634
廠二	3	1	2	0.5396
廠三	2	1/2	1	0.2970

訂單 2 在訂單顧客重要程度 (F3) 下之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/3	0.1243
廠二	4	1	1/2	0.3586
廠三	3	2	1	0.5171

訂單 2 在廠區供應商能力(F2)下的指派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	3	2	0.5317
廠二	1/3	1	4	0.3220
廠三	1/2	1/4	1	0.1463

訂單 2 在訂單風險程度 (F4) 下之指派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	3	2	0.5499
廠二	1/3	1	1	0.2098
廠三	1/2	1	1	0.2402

訂單 2 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	2	3	4	0.4721
F2	1/2	1	1/2	1	0.1510
F3	1/3	2	1	1	0.1886
F4	1/4	1	2	1	0.1882

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	
廠一	0.1634	0.1243	0.5317	0.5499	0.2844
廠二	0.5396	0.3586	0.3220	0.2098	0.4105
廠三	0.2970	0.5171	0.1463	0.2402	0.3051

訂單 3 在廠區生產品質(F1)下的指派廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	5	3	0.6571
廠二	1/5	1	2	0.1963
廠三	1/3	1/2	1	0.1466

訂單 3 在訂單顧客重要程度 (F3) 下之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	3	0.4286
廠二	1	1	3	0.4286
廠三	1/3	1/3	1	0.1429

訂單 3 在廠區供應商能力(F2)下的指派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/6	3	0.0914
廠二	6	1	4	0.6910
廠三	3	1/4	1	0.2176

訂單 3 在訂單風險程度 (F4) 下之指派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/2	1/2	0.1897
廠二	2	1	3	0.5472
廠三	2	1/3	1	0.2631

訂單 3 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	1	3	1/2	0.2698
F2	1	1	2	1/2	0.2251
F3	1/3	1/2	1	2	0.2116
F4	2	2	1/2	1	0.2936

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	0.2698	0.2251	0.2116	0.2936	
廠一	0.6571	0.0914	0.4286	0.1897	0.3442
廠二	0.1963	0.6910	0.4286	0.5472	0.4598
廠三	0.1466	0.2176	0.1429	0.2631	0.1960

訂單 4 在廠區生產品質(F1)下的指派  
廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/3	1/2	0.1634
廠二	3	1	2	0.5396
廠三	2	1/2	1	0.2970

訂單 4 在訂單顧客重要程度 (F3) 下  
之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/2	0.1429
廠二	4	1	2	0.5714
廠三	2	1/2	1	0.2857

訂單 4 在廠區供應商能力(F2)下的指  
派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	3	2	0.5317
廠二	1/3	1	4	0.3220
廠三	1/2	1/4	1	0.1463

訂單 4 在訂單風險程度 (F4) 下之指  
派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	3	0.4286
廠二	1	1	3	0.4286
廠三	1/3	1/3	1	0.1429

訂單 4 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	2	3	4	0.4721
F2	1/2	1	1/2	4	0.1510
F3	1/3	2	1	1	0.1886
F4	1/4	1	2	1	0.1882

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	0.4721	0.1510	0.1886	0.1882	
廠一	0.1634	0.5317	0.1429	0.4286	0.2650
廠二	0.5396	0.3220	0.5714	0.4286	0.4919
廠三	0.2970	0.1463	0.2857	0.1429	0.2431

訂單 5 在廠區生產品質(F1)下的指派  
廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/2	1/3	0.1677
廠二	2	1	2	0.4836
廠三	3	1/2	1	0.3487

訂單 5 在訂單顧客重要程度 (F3) 下  
之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	1	0.3333
廠二	1	1	1	0.3333
廠三	1	1	1	0.3333

訂單 5 在廠區供應商能力(F2)下的指  
派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/3	1/6	0.1
廠二	3	1	1/2	0.3
廠三	6	2	1	0.6

訂單 5 在訂單風險程度 (F4) 下之指  
派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	1/3	0.2385
廠二	1/2	1	1/4	0.1365
廠三	3	4	1	0.6250

訂單 5 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	1	3	1/2	0.2698
F2	1	1	2	1/2	0.2251
F3	1/3	1/2	1	2	0.2116
F4	2	2	1/2	1	0.2936

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	0.2698	0.2251	0.2116	0.2936	
廠一	0.1677	0.1	0.3333	0.2385	0.2803
廠二	0.4836	0.3	0.3333	0.1365	0.3086
廠三	0.3487	0.6	0.3333	0.6250	0.4831

訂單 6 在廠區生產品質(F1)下的指派  
廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/3	0.1243
廠二	4	1	1/2	0.3586
廠三	3	2	1	0.5171

訂單 6 在訂單顧客重要程度 (F3) 下  
之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	3	2	0.5317
廠二	1/3	1	4	0.3220
廠三	1/2	1/4	1	0.1463

訂單 6 在廠區供應商能力(F2)下的  
指派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/2	0.1429
廠二	4	1	2	0.5714
廠三	2	1/2	1	0.2857

訂單 6 在訂單風險程度 (F4) 下之指  
派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	3	2	0.5499
廠二	1/3	1	1	0.2098
廠三	1/2	1	1	0.2402

訂單 6 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	2	3	4	0.4721
F2	1/2	1	1/2	1	0.1510
F3	1/3	2	1	1	0.1886
F4	1/4	1	2	1	0.1882

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	
廠一	0.1243	0.1429	0.5317	0.5499	0.2841
廠二	0.3586	0.5714	0.3220	0.2098	0.3558
廠三	0.5171	0.2857	0.1463	0.2402	0.3601

訂單 7 在廠區生產品質(F1)下的指派  
廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/2	1/3	0.1677
廠二	2	1	2	0.4836
廠三	3	1/2	1	0.3487

訂單 7 在訂單顧客重要程度 (F3) 下  
之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	2	0.2184
廠二	4	1	3	0.6301
廠三	1/2	1/3	1	0.1515

訂單 7 在廠區供應商能力(F2)下的指  
派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/2	0.1429
廠二	4	1	2	0.5714
廠三	2	1/2	1	0.2857

訂單 7 在訂單風險程度 (F4) 下之指  
派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	7	0.6153
廠二	1/2	1	3	0.2922
廠三	1/7	1/3	1	0.0925

訂單 7 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	1	3	2	0.3564
F2	1	1	2	2	0.3257
F3	1/3	1/2	1	1/2	0.1243
F4	1/2	1/2	2	1	0.1936

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	0.3654	0.3257	0.1243	0.1936	
廠一	0.1677	0.1429	0.2184	0.6153	0.2525
廠二	0.4836	0.5714	0.6301	0.2922	0.4934
廠三	0.3487	0.2857	0.1515	0.0925	0.2541

訂單 8 在廠區生產品質(F1)下的指派  
廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	3	0.4286
廠二	1	1	3	0.4286
廠三	1/3	1/3	1	0.1429

訂單 8 在訂單顧客重要程度 (F3) 下  
之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	3	0.5278
廠二	1/2	1	3	0.3325
廠三	1/3	1/3	1	0.1396

訂單 8 在廠區供應商能力(F2)下的指  
派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/2	4	0.3764
廠二	2	1	2	0.4742
廠三	1/4	1/2	1	0.1494

訂單 8 在訂單風險程度 (F4) 下之指  
派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	3	0.5396
廠二	1/2	1	1/3	0.1634
廠三	1/3	3	1	0.2970

訂單 8 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	2	1/3	5	0.2838
F2	1/2	1	3	4	0.3445
F3	3	1/3	1	4	0.3138
F4	1/5	1/4	1/4	1	0.0580

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	0.2838	0.3445	0.3138	0.0580	
廠一	0.4286	0.3764	0.5278	0.5396	0.4482
廠二	0.4286	0.4742	0.3325	0.1634	0.3988
廠三	0.1429	0.1494	0.1396	0.2970	0.1530



訂單 9 在廠區生產品質(F1)下的指派  
廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/3	0.1243
廠二	4	1	1/2	0.3586
廠三	3	2	1	0.5171

訂單 9 在訂單顧客重要程度 (F3) 下  
之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/3	1/3	0.1307
廠二	3	1	1/4	0.2470
廠三	3	4	1	0.6223

訂單 9 在廠區供應商能力(F2)下的指  
派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/2	0.1429
廠二	4	1	2	0.5714
廠三	2	1/2	1	0.2857

訂單 9 在訂單風險程度 (F4) 下之指  
派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	5	7	0.7306
廠二	1/5	1	3	0.1884
廠三	1/7	1/3	1	0.0810

訂單 9 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	2	3	4	0.4721
F2	1/2	1	1/2	1	0.1510
F3	1/3	2	1	1	0.1886
F4	1/4	1	2	1	0.1882

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	0.4721	0.1510	0.1886	0.1882	
廠一	0.1243	0.1429	0.1307	0.7306	0.2424
廠二	0.3586	0.5714	0.2470	0.1884	0.3377
廠三	0.5171	0.2857	0.6223	0.0810	0.4199

訂單 10 在廠區生產品質(F1)下的指派廠權重

F1	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	3	0.4286
廠二	1	1	3	0.4286
廠三	1/3	1/3	1	0.1429

訂單 10 在訂單顧客重要程度 (F3) 下之指派廠權重

F3	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	3	0.5278
廠二	1/2	1	3	0.3325
廠三	1/3	1/3	1	0.1396

訂單 10 在廠區供應商能力(F2)下的指派廠權重

F2	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/2	4	0.3764
廠二	2	1	2	0.4742
廠三	1/4	1/2	1	0.1494

訂單 10 在訂單風險程度 (F4) 下之指派廠權重

F4	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	3	0.5396
廠二	1/2	1	1/3	0.1634
廠三	1/3	3	1	0.2970

訂單 10 中四個因素之權重

因素	F1	F2	F3	F4	評估值
F1	1	2	1/3	5	0.2838
F2	1/2	1	3	4	0.3445
F3	3	1/3	1	4	0.3138
F4	1/5	1/4	1/4	1	0.0580

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	0.2838	0.3445	0.3138	0.0580	
廠一	0.4286	0.3764	0.5278	0.5396	0.4482
廠二	0.4286	0.4742	0.3325	0.1634	0.3988
廠三	0.1429	0.1494	0.1396	0.2970	0.1530

## (附錄三) 訂單對廠區的適配度資料評估

訂單 1 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	3	0.2987
廠二	4	1	1/2	0.4141
廠三	1/3	2	1	0.2872

訂單 1 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	3	0.5278
廠二	1/2	1	3	0.3325
廠三	1/3	1/3	1	0.1396

訂單 1 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/2	0.1429
廠二	4	1	2	0.5714
廠三	2	1/2	1	0.2857

訂單 1 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	2	1/3	0.2984
F6	1/2	1	3	0.3793
F7	3	1/3	1	0.3313

訂單 1 在考量三因素後之適配度權重

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.2984	0.3793	0.3313	
廠一	0.2987	0.1429	0.5278	0.3155
廠二	0.4142	0.5714	0.3325	0.4468
廠三	0.2872	0.2857	0.1396	0.2377

訂單 2 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	1	0.3333
廠二	1	1	1	0.3333
廠三	1	1	1	0.3333

訂單 2 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/2	0.1429
廠二	4	1	2	0.5714
廠三	2	1/2	1	0.2857

訂單 2 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	3	0.5396
廠二	1/2	1	1/3	0.1634
廠三	1/3	3	1	0.2970

訂單 2 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	5	3	0.6571
F6	1/5	1	2	0.1963
F7	1/3	1/2	1	0.1466

訂單 2 在考量三因素後之適配度

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.6571	0.1963	0.1466	
廠一	0.3333	0.5396	0.1429	0.3459
廠二	0.3333	0.1634	0.5714	0.3349
廠三	0.3333	0.2970	0.2857	0.3192

訂單 3 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	7	0.6153
廠二	1/2	1	3	0.2922
廠三	1/7	1/3	1	0.0925

訂單 3 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	3	2	0.5317
廠二	1/3	1	4	0.3220
廠三	1/2	1/4	1	0.1463

訂單 3 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/2	4	0.3764
廠二	2	1	2	0.4742
廠三	1/4	1/2	1	0.1494

訂單 3 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	1/2	4	0.3764
F6	2	1	2	0.4742
F7	1/4	1/2	1	0.1494

訂單 3 在考量三因素後之適配度權重

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.3764	0.4742	0.1494	
廠一	0.6153	0.3764	0.5317	0.4895
廠二	0.2922	0.4742	0.3220	0.3830
廠三	0.0925	0.1494	0.1463	0.1275

訂單 4 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/2	4	0.3764
廠二	2	1	2	0.4742
廠三	1/4	1/2	1	0.1494

訂單 4 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	3	0.4286
廠二	1	1	3	0.4286
廠三	1/3	1/3	1	0.1429

訂單 4 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/2	0.1429
廠二	4	1	2	0.5714
廠三	2	1/2	1	0.2857

訂單 4 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	2	1/3	0.2385
F6	1/2	1	1/4	0.1365
F7	3	4	1	0.6250

訂單 4 在考量三因素後之適配度權重

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.2385	0.1365	0.6250	
廠一	0.3764	0.1429	0.4286	0.3771
廠二	0.4742	0.5714	0.4286	0.4590
廠三	0.1494	0.2857	0.1429	0.1639

訂單 5 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	1/3	0.2385
廠二	1/2	1	1/4	0.1365
廠三	3	4	1	0.6250

訂單 5 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	1/3	0.1243
廠二	4	1	1/2	0.3586
廠三	3	2	1	0.5171

訂單 5 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	3	0.5278
廠二	1/2	1	3	0.3325
廠三	1/3	1/3	1	0.1396

訂單 5 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	3	2	0.5499
F6	1/3	1	1	0.2098
F7	1/2	1	1	0.2402

訂單 5 在考量三因素後之適配度權重

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.5499	0.2098	0.2402	
廠一	0.2385	0.5278	0.1243	0.2718
廠二	0.1365	0.3325	0.3586	0.2310
廠三	0.6250	0.1396	0.5171	0.4972

訂單 6 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	1/3	0.2385
廠二	1/2	1	1/4	0.1365
廠三	3	4	1	0.6250

訂單 6 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	3	0.4286
廠二	1	1	3	0.4286
廠三	1/3	1/3	1	0.1429

訂單 6 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/3	1/2	0.1634
廠二	3	1	2	0.5396
廠三	2	1/2	1	0.2970

訂單 6 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	1/3	1/6	0.1
F6	3	1	1/2	0.3
F7	6	2	1	0.6

訂單 6 在考量三因素後之適配度權重

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.1	0.3	0.6	
廠一	0.2385	0.1634	0.4286	0.3300
廠二	0.1365	0.5396	0.4286	0.4327
廠三	0.6250	0.2970	0.1429	0.2373



訂單 7 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	1	0.3333
廠二	1	1	1	0.3333
廠三	1	1	1	0.3333

訂單 7 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	1/2	0.2599
廠二	1	1	1	0.3275
廠三	2	1	1	0.4126

訂單 7 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1	1	0.3333
廠二	1	1	1	0.3333
廠三	1	1	1	0.3333

訂單 7 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	1	3	0.4286
F6	1	1	3	0.4286
F7	1/3	1/3	1	0.1429

訂單 7 在考量三因素後之適配度權重

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.4286	0.4286	0.1429	
廠一	0.3333	0.3333	0.3333	0.3228
廠二	0.3333	0.3333	0.3333	0.3325
廠三	0.3333	0.3333	0.3333	0.3447

訂單 8 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/3	1/2	0.1634
廠二	3	1	2	0.5396
廠三	2	1/2	1	0.2970

訂單 8 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/2	4	0.3764
廠二	2	1	2	0.4742
廠三	1/4	1/2	1	0.1494

訂單 8 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	5	3	0.6571
廠二	1/5	1	2	0.1963
廠三	1/3	1/2	1	0.1466

訂單 8 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	2	1/3	0.2385
F6	1/2	1	1/4	0.1365
F7	3	4	1	0.6250

訂單 8 在考量三因素後之適配度權重

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.2385	0.1365	0.6250	
廠一	0.1634	0.6571	0.3764	0.3639
廠二	0.5396	0.1963	0.4742	0.4519
廠三	0.2970	0.1466	0.1494	0.1842

訂單 9 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	5	3	0.6571
廠二	1/5	1	2	0.1963
廠三	1/3	1/2	1	0.1466

訂單 9 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	1/3	0.2385
廠二	1/2	1	1/4	0.1365
廠三	3	4	1	0.6250

訂單 9 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	7	0.6153
廠二	1/2	1	3	0.2922
廠三	1/7	1/3	1	0.0925

訂單 9 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	1/3	1/2	0.1634
F6	3	1	2	0.5396
F7	2	1/2	1	0.2970

訂單 9 在考量三因素後之適配度權重

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.1634	0.5396	0.2970	
廠一	0.6571	0.6153	0.2385	0.5102
廠二	0.1963	0.2922	0.1365	0.2303
廠三	0.1466	0.0925	0.6250	0.2595

訂單 10 在訂單產品對公司形象、名聲的提升(F5)下的適配度

F5	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/3	1/2	0.1634
廠二	3	1	2	0.5396
廠三	2	1/2	1	0.2970

訂單 10 在訂單產品為廠區核心產品 (F7) 下之適配度

F7	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	2	1/3	0.2984
廠二	1/2	1	3	0.3793
廠三	3	1/3	1	0.3313

訂單 10 在訂單產品對於廠區研發技術的改進、突破(F6)下的適配度

F6	廠一	廠二	廠三	評估值
廠一	1	1/4	3	0.2987
廠二	4	1	1/2	0.4141
廠三	1/3	2	1	0.2872

訂單 10 中三個因素之權重

因素	F5	F6	F7	評估值
F5	1	3	2	0.5317
F6	1/3	1	4	0.3220
F7	1/2	1/4	1	0.1463

訂單 10 在考量三因素後之適配度權重

	F5	F6	F7	評估值
權重	0.5317	0.3220	0.1463	
廠一	0.1634	0.2987	0.2984	0.2254
廠二	0.5396	0.4141	0.3793	0.4758
廠三	0.2970	0.2872	0.3313	0.2988