

東 海 大 學
工業工程與經營資訊研究所

碩士論文

多階比例式批量排程問題-
具產品生命週期階段、現金流量與
市場行銷生產要求之模式

Multi-level Proportional Lot Sizing and Scheduling Problem
with PLC, Cash Flow and Market-Production Concerns

研 究 生：陳家聰

指導教授：張炳騰

中華民國 九十一年 六月

**Multi-level Proportional Lot Sizing
and Scheduling Problem with PLC,
Cash Flow and Market-Production
Concerns**

By

Chia Tsung Chen
Advisor: Dr. Ping Teng Chang

A Thesis

Submitted to the Institute of
Industrial Engineering & Enterprise Information
At Tung-Hai University
In Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of
Master of Science
In
Industrial Engineering

June 2002

Taichung, Taiwan, Republic of China

多階比例式批量排程問題-具產品生命週期階段、現金流量與市場行銷生產要求之模式

研究生：陳家聰

指導教授：張炳騰

東海大學工業工程與經營資訊研究所

論文摘要

傳統批量排程模式之相關研究，往往忽略現實情況中產品於市場中之角色變換及其生產策略之應用，而只根據其需求與生產方面之相關條件限制，求出最佳之排程結果。為了讓批量排程模式不僅僅只是在生產製造方面的最佳化。本研究整合傳統批量排程 (lot-sizing and scheduling) 模式、產品生命週期 (production life cycle, PLC) 概念模式下之市場策略 (marketing strategy)、現金流量 (Cash Flow) 與學習曲線 (Learning Curve) 等理論，並以遺傳演算法 (genetic algorithms, GA) 為工具，發展一兼具理論與實務之多產品 (multi-item) 多階層 (multi-level) 批量排程之系統。

本研究以多機台之多階比例式批量排程問題 (Multi-level Proportional Lot Sizing and Scheduling Problem with Multiple Machines, MM-PLSP) 為基礎，依產品生命週期階段、現金流量與學習曲線等實務上考量，發展以下三個模式：以產品生命週期為基礎之多階比例式批量排程問題 (PLC based MM-PLSP, PLC-PLSP) 與現金流量導向之多階比例式批量排程問題 (Cash flow-oriented MM-PLSP, CF-PLSP)，及整合理論之發展-現金流量導向之產品生命週期多階比例式批量排程問題 (Cash Flow-oriented PLC-PLSP)。

經由數據實證後，本研究證實導入產品生命週期因素傳統批量排程模式中，大大改善傳統批量排程模式之排程結果，使得批量排程之結果與實際之需求狀況更為吻合。且若能同時具備貨幣時間價值與學習曲線之因素考量，則其排程結果將優於單一因素 (PLC-PLSP、CF-PLSP) 或原始 (MM-PLSP) 之批量排程模式。

關鍵字：批量排程、比例式批量排程問題、產品生命週期、現金流量、遺傳演算法。

Multi-level Proportional Lot Sizing and Scheduling Problem with PLC, Cash Flow and Market-Production Concerns

Student: Chia Tsung Chen

Advisor: Dr. Ping Teng Chang

Institute Of Industrial Engineering & Enterprise Information
Tung-Hai University

Abstract

Researches of the traditional lot sizing and scheduling problems often neglect the marketing effects and product strategy, and only look for production decision based on production limits such as capacity, lead time, and cost, etc. It is have lot sizing and scheduling models integrated marketing strategies, and not only focus on the optimization of production issues. This research integrated the traditional lot sizing and scheduling model and the concept of product life cycle (PLC) marketing strategy, cash flow, and learning curve, and used genetic algorithms (GAs) as the solution tool. Developing an multi-item, multi- level lot sizing and scheduling model incorporates the inventory models and actual market situation.

This research, based upon the multi-level proportional lot sizing and scheduling problem with multiple machines (MM- PLSP), took into consideration stages of product life cycle, cash flow, and learning curve, and developed the three related modes: PLC based MM-PLSP (PLC-PLSP), cash flow-oriented MM-PLSP (CF-PLSP) and cash flow-oriented PLC-PLSP. By a numerical example, it was shown that considerations of the product life cycle factor improved the results of traditional lot sizing and scheduling model.

Key words: Lot Sizing and Scheduling, Proportional Lot Sizing and Scheduling Problems, Production Life Cycle, Cash Flow, Genetic Algorithms

致謝

又是一個分離的時刻，心中有著些許的喜悅與不捨。喜的是即將踏入不同的人生階段，就像是鳥兒即將離巢，冀望自己將能展翅高飛；不捨的是即將離開熟悉的師長、同學與學弟妹們，及東海這如詩如畫的優美環境。在研究所短暫的兩年期間，有過數不清的喜怒哀樂，但經過了這兩年的洗禮，在人生、實務與理論方面都獲得不少的啟發與成果。首先，最需要感謝的是我人生與課業上的指導老師 張炳騰教授在這兩年裡不辭辛勞的教導、提攜與鼓勵；張晴翔學長於各方面的不吝教導與說明。還有研究室同學 漢祥與志勇的相互合作與砥礪，及學弟妹 郁文、純行、嘉偉與芷潔近來一年給予研究室事務的幫忙，亦併同感謝。

此外，感謝我的家人與雅玲在背後無怨無悔的支持與鼓勵，讓我能夠更安心的從事自己的事務。最後，感謝口試委員 黃良志教授與洪堯勳教授對本篇論文的指教與建議，讓此篇論文能更趨於完善。

陳家聰 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊研究所

2002 年 6 月

目錄

第一章 緒論	1
1.1 前言.....	1
1.2 研究動機與目的.....	2
1.3 研究方法與步驟.....	3
1.4 論文架構.....	4
第二章 文獻探討	6
2.1 生產規劃與排程(PRODUCTION PLANNING AND SCHEDULING)	6
2.2 批量排程問題(Lot Sizing and Scheduling Problem)	7
2.2.1 產能限制之批量問題(The capacitated lot sizing problem ; CLSP).....	8
2.2.2 不連續之批量排程問題(The discrete lot sizing and scheduling problem ; DLSP).....	9
2.2.3 連續整備之批量問題(The continuous setup lot sizing problem ; CSLP)	9
2.2.4 比例式批量與排程問題 (Proportional lot sizing and scheduling problem; PLSP).....	9
2.3 產品生命週期(PRODUCTION LIFE CYCLE; PLC).....	12
2.3.1 產品生命週期基本模式.....	13
2.3.2 產品生命週期各階段研究與階段界定理論.....	14
第三章 以產品生命週期為基礎之多階 PLSP (PLC-BASED MM-PLSP, PLC-PLSP)模式	19
3.1 產品生命週期階段性策略應用.....	19
3.2 多機台下之多階比例式批量排程問題(MULTI-LEVEL PLSP WITH MULTIPLE MACHINES; MM-PLSP)模式	23
3.3 產品生命週期階段界定與 PLC-PLSP 模式發展.....	26
3.3.1 產品生命週期階段界定.....	26
3.3.2 PLC-PLSP 模式發展.....	30
第四章 具現金流量與之 MM-PLSP 及 PLC-PLSP 模式	37
4.1 貨幣之未來值(FUTURE VALUE, FV)與現值(PRESENT VALUE, PV).....	38
4.2 現金流量導向之多階 PLSP 與 PLC-PLSP 模式.....	41
4.2.1 現金流量導向之多階比例式批量排程問題 (cash flow-oriented MM-PLSP, CF-PLSP).....	41
4.2.2 現金流量導向之 PLC-PLSP(cash flow-oriented PLC-PLSP)	43
第五章 遺傳演算法於各多階 PLSP 模式之應用	45
5.1 編碼.....	46

5.2	初始母體.....	46
5.3	計算個別適應函數.....	47
5.3.1	產品整備與排程之選擇標準.....	47
5.3.2	適應函數.....	51
5.4	複製.....	51
5.5	交配.....	52
5.6	突變.....	52
5.7	條件設定.....	53
第六章	數據實證	54
6.1	個案假設.....	54
6.2	各模式於遺傳演算法之最佳批量排程結果.....	56
6.2.1	MM-PLSP 模式排程相關結果	57
6.2.2	PLC-PLSP 最佳批量排程相關結果.....	61
6.2.3	CF-PLSP 模式最佳批量排程相關結果.....	70
6.2.4	Cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最佳批量排程相關結果.....	75
6.3	結果比較與分析.....	79
6.3.1	各模式排程結果.....	79
6.3.2	各模式最佳之排程結果成本比較.....	81
6.3.3	產品實際需求與排程結果之比較分析.....	82
第七章	結論與建議	87
7.1	結論.....	87
7.2	建議.....	88
	參考文獻	89

表目錄

表 2- 1 各種批量模式之比較	10
表 2- 2 產品生命週期—階段特性、外部環境、內部資源	14
表 2- 3 產品生命週期—階段特徵	18
表 3- 1 產品生命週期—行銷策略	21
表 3- 2 產品生命週期—生產者觀點	22
表 3- 3 Decision variable for the PLSP-MM	24
表 3- 4 Parameters for the PLSP-MM	24
表 3- 5 單點變化量分析結果	27
表 3- 6 兩點移動平均分析結果	28
表 3- 7 三點移動平均分析結果	28
表 3- 8 產品生命週期階段下之生產變化	31
表 3- 9 PLC-PLSP 之參數	31
表 5- 1 S_{mi} 之染色體體基因編碼示意圖	46
表 5- 2 Parameters for the selection rules	47
表 5- 3 遺傳演算法中機率修正模式相關參數設定值	53
表 6- 1 銷售預測資料	54
表 6- 2 產品製造相關參數	55
表 6- 3 產品與機台之生產關係	55
表 6- 4 各模式最佳解之染色體	56
表 6- 5 MM-PLSP 模式之最佳製造整備狀況	57
表 6- 6 產品之最佳整備工作發生狀態	58
表 6- 7 MM-PLSP 模式最佳批量排程結果	59
表 6- 8 MM-PLSP 模式最佳庫存結果	59
表 6- 9 企業外部總體需求	61
表 6- 10 產敏生命週期階段數值分析	61
表 6- 11 各階段之生產批量上限	65
表 6- 12 PLC-PLSP 模式最佳製造整備狀況	66
表 6- 13 產品之最佳整備工作發生狀態 x_{j_t}	67
表 6- 14 PLC-PLSP 模式最佳批量排程結果	68
表 6- 15 PLC-PLSP 模式最佳庫存結果	68
表 6- 16 每產品各階段之整備成本係數	70
表 6- 17 CF-PLSP 模式最佳製造整備狀況	71
表 6- 18 產品之最佳整備工作發生狀態	72
表 6- 19 CF-PLSP 模式最佳批量排程結果	73

表 6- 20 CF-PLSP 模式最佳庫存結果.....	73
表 6- 21 cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最佳製造整備狀況.....	75
表 6- 22 產品之最佳整備工作發生狀態.....	76
表 6- 23 cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最佳批量排程結果.....	77
表 6- 24 cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最佳庫存結果.....	77
表 6- 25 各模式之最佳解.....	81
表 6- 26 PLC 因素對批量排程模式影響之成本比較.....	81
表 6- 27 產品實際需求量.....	82
表 6- 28 每時段下之實際需求量與各模式排程製造量.....	82
表 6- 29 各模式之排程結果與實質產品需求之誤差平方值.....	83
表 6- 30 產品實際累計需求量與各模式排程累計製造量.....	84
表 6- 31 各模式之排程累積製造量與產品實際累計需求之誤差平方值.....	85

圖目錄

圖 1- 1 研究方法架構圖	3
圖 2- 1 批量排程問題發展過程	11
圖 2- 2 產品生命週期四階段	13
圖 2- 3 平均普及率函數圖	16
圖 2- 4 常態分配界定生命週期	17
圖 3- 1 產品生命週期階段界定程序	27
圖 3- 2 產品生命週期階段界定結果	29
圖 3- 3 圖形刻度解釋	29
圖 3- 4 階段界定示意圖	30
圖 4- 1 投資/存款之未來值變動情況	38
圖 4- 2 未來值的變動	39
圖 4- 3 投資/存款之現值折現情況	39
圖 4- 4 現值的變動	40
圖 5- 1 遺傳演算法之演化流程圖	45
圖 5- 2 產品之製造結構	50
圖 5- 3 交配前個體基因圖	52
圖 5- 4 交配後個體基因圖	52
圖 5- 5 個體基因突變示意圖	52
圖 6- 1 Gozinto-structure for manufacturing	54
圖 6- 2 MM-PLSP 模式之最小製造總成本收斂過程	60
圖 6- 3 階段界定數值分析圖	62
圖 6- 4 企業產品生命週期階段界定結果	63
圖 6- 5 PLC-PLSP 模式之最小製造總成本收斂過程	69
圖 6- 6 整備學習趨勢圖	70
圖 6- 7 CF-PLSP 模式之最小資本支出收斂過程	74
圖 6- 8 cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最小資本支出收斂過程	78
圖 6- 9 MM-PLSP 批量排程結果圖	79
圖 6- 10 PLC-PLSP 批量排程結果圖	79
圖 6- 11 CF-PLSP 批量排程結果圖	80
圖 6- 12 Cash flow oriented PLC-PLSP 批量排程結果圖	80
圖 6- 13 產品實際需求量與各模式排程製造量趨勢圖	83
圖 6- 14 產品實際累計需求量與各模式排程累計製造量趨勢圖	85

第一章 緒論

1.1 前言

全球資訊科技與網路的快速發展，促使全球競爭日益激烈，以致企業在製造、投資、生產程序與策略決議的思考模式上受到強烈的衝擊，彈性(Elasticity)與速度(Speed)可說是製造業進入 21 世紀賴以生存的決勝關鍵。基於全球競爭市場的製造觀念，大多數的公司已不再將存貨看成一種必要性的資產，而是一種增加公司成本的負債。在產品生命週期不斷縮短下，存貨多意味競爭優勢的喪失，如何最佳化存貨管理的成本與效率，是企業不斷追求的，更是本研究所研究之焦點。

傳統之生產批量排程模式，大多只是在追求生產面數量方法與流程之最佳化，而忽略了現實情況中產品在市場中的變化情況，與實務上財務的因素考量。為了讓批量排程模式不僅僅只是在生產製造方面的最佳化，本研究將以多機台下之多階比例式批量排程問題(Multi-level Proportional Lot Sizing and Scheduling Problem with Multiple Machines, MM-PLSP)為基礎，並對產品生命週期模式進行觀察、分析與研究，於不同產品生命週期階段中，融入不同之市場策略與考量。搭配產品生命週期分析的結果，賦予不同之策略性考量。並考量實務上貨幣時間價值(Time Value of Money)及整備學習(Learning in Setups)之理論與應用，發展不同因素考量下之批量排程模式。讓批量排程模式能更符合實際之應用與並進一步成為整合生產、市場與財務之批量排程模式。

此外，本研究使用遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA)的概念與理論來設計各模式之批量排程求解模式，並使用 MATLAB 為模式之建構工具，建構出各不同因素考量下之批量排程模式，並由重複運算與比較後，求出各模式之最佳批量排程結果。

最後，則從不同的角度來對各模式之批量排程結果，做一比較與分析，並提出本研究之結論與建議。

1.2 研究動機與目的

近來許多有關批量排程之研究皆探討在一個產品種類繁多，但需求量不定的工廠裡，同一個單位時間裡須生產許多的產品以應付不同的需求，但工廠的設備有限，因此，如何透過合理的安排，使得各產品均能在適當的時間分批加工並完成，以滿足批量需求，並使得成本最低。批量排程之相關理論本身不管是在政策策略面的探討與建立，或者是數量方法的推演及流程最佳化大致已趨成熟。

在研讀相關文獻時，本研究發現大多數的批量排程相關理論，都著重在生產製造本身的最佳化，而將需求的情況視為一個常數的變化。忽略了在現實環境中，需求將因不同的企業策略與外在市場情況，隨著時間的變化而持續改變。Roger[65]雖然考慮到市場端的變化，但其單一產品(Single-item)與單階(Single-level)之模式假設無反映出環境中之多產品(Multi-item)與多階(Multi-level)之情況；此外，其模式為單純之庫存模式，並不兼具排程功能。

基於上述的動機與概念，本研究以比例式批量排程問題(PLSP)理論模式為基礎，如何讓批量排程模式在生產面最佳化外，還能更兼具實務上之考量，將是本研究所致力要去達成的目標。為了能彌補相關文獻之不完善處，本研究除了結合市場之考量，視產品生命週期之不同賦予不同的製造策略外，還納入財務上貨幣時間價值(Time Value of Money)之現金流量因素。

本研究致力於讓批量排程之理論不只著重於供應端(supply side)的最佳化，而能結合現實環境中需求端(demand side)的變化與財務之考量。讓批量排程模式能進一步搭配市場的需求的波動與貨幣的時間價值。讓各產品能在工廠設備有限下，得到更合理的安排，成為更兼具實務與理論精神之批量排程模式，讓企業能在掌握市場銷售情況下，做出最佳的存貨管理。進而達到最大效益與利潤，適時適地的滿足顧客的需求，並從中獲取股東大眾所企盼的利潤，以提昇企業整體之競爭力。

1.3 研究方法與步驟

如圖 1- 1 所示，本研究以多機台下之多階比例式批量排程問題(Multi-level Proportional Lot Sizing and Scheduling Problem, MM-PLSP)為基礎，融入行銷管理(Marketing Management)與財務管理(Finance Management)中之產品生命週期(Product Life Cycle, PLC)與現金流量(Cash Flow)之理論與方法。由個別模式之發展-以產品生命週期為基礎之多階比例式批量排程問題(PLC based MM-PLSP, PLC-PLSP)與現金流量導向之多階比例式批量排程問題(Cash flow-oriented MM-PLSP, CF-PLSP)，到整合理論之發展-現金流量導向之產品生命週期多階比例式批量排程問題(Cash Flow-oriented PLC-PLSP)。四種模式皆以遺傳演算法(GA)為求解之工具，最後對各模式之排程結果進行比較分析與探討。

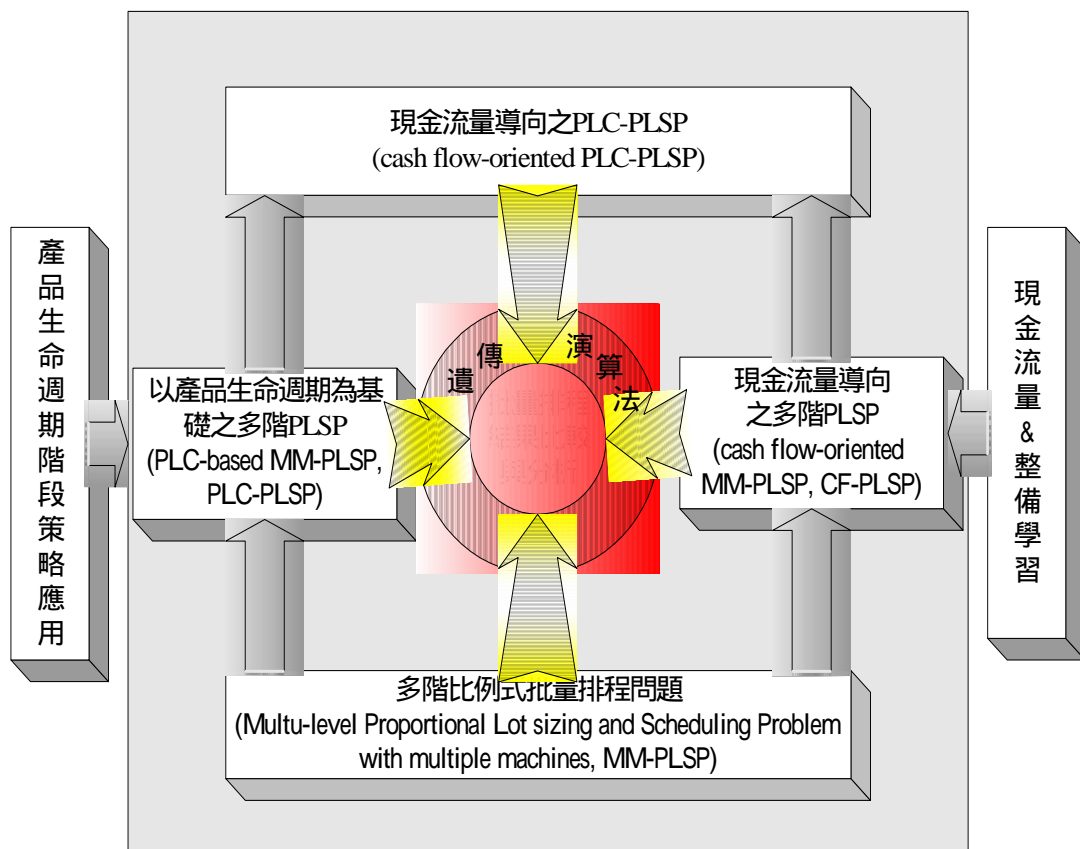


圖 1- 1 研究方法架構圖

1.4 論文架構

本研究之各章架構如下：

第一章 緒論

在此章節中，本研究先介紹本研究之大致輪廓，並以研究動機與研究目的說明研究之初衷與欲達到的目的為何，再以研究方法與步驟解說研究之方向與流程。

第二章 文獻探討

從生產方面之批量排程角色與重要性談起，引入批量排程的發展與演化之過程，及相關文獻中各批量排程模式之基本假設與應用。接下來從市場因素之產品生命週期之定義與相關文獻出發，來瞭解產品生命週期之應用與產品生命週期之階段特色。

第三章 以產品生命週期為基礎之多階比例式批量排程問題

說明產品生命週期中導入期、成長期、成熟期與衰退期的策略應用，及基本的 MM-PLSP 模式。並將產品生命週期的概念融入 MM-PLSP 中，發展一 PLC-PLSP 模式。

第四章 具現金流量之 MM-PLSP 與 PLC-PLSP 模式

本章節中，將說明真實環境中貨幣時間價值之應用與觀念，將原先之 MM-PLSP 與 PLC-PLSP 納入現金流量之考量。摒棄 MM-PLSP 與 PLC-PLSP 模式之最小製造總成本之決策目標，改以最小資本支出為決策依據，並融入整備工作之學習 (Learning in Setup) 狀況，發展為 CF-PLSP；並將 PLC-PLSP 納入現金流量之因素，成為 Cash Flow-oriented PLC-PLSP 模式。

第五章 遺傳演算法於各模式之應用

介紹與說明本研究在各模式之遺傳演算法之設計與過

程，從編碼、初始母體、計算個別適應函數、複製、交配、突變到條件的設定工作依序說明。

第六章 數據實證

以數據資料帶入各模式中，並將各模式之最佳排程之相關結果做一紀錄與說明。再將各模式之排程結果相互比較與分析，並可證明本研究所發展之 Cash Flow-oriented PLC-PLSP 排程結果，優於其他模式。

第七章 結論與建議

最後將本研究所歸納及探討之結果做一整體之結論，並由本研究之結論出發，對未來之發展方面提出構想與建議。

第二章 文獻探討

2.1 生產規劃與排程 (production planning and scheduling)

一般而言，不管是規模大或規模小的製造業裡，不同生產單元 (production cells) 組成所謂的部門 (segments)，而不同功能的部門以一種生產線 (flow line)，亦或是工作中心 (work center) 的方式來串聯組織起來，形成所謂的生產系統 (production system)。若我們以一種微觀 (microcosmic) 的角度來看這整個生產系統，不同的部門都肩負著不同的產能、機台、人員... 等等的資源限制下，去完成各自的生產工作。此外，在整個製造系統的作業中，各種不同的原材料 (raw material) 與組成元件 (component parts) 在各部門間不斷的流動，去完成不同的組裝或者是加工的過程，直到最終產品 (final product) 順利產出為止。在整個生產過程中，由於夾雜了太多的限制與不確定的情形，因此，為了要能適時的滿足顧客的需求，生產規劃與排程 (production planning and scheduling) 的問題就成了管理者一個重要的課題。

生產規劃與排程可區分為長期 (long-term)、中期 (medium-term) 與短期 (short-term) 的規劃。其中，長期生產規劃主要是根據高層所擬定的管理計畫、並衡量行銷計畫、需求預測與庫存資料後，對於企業整體資源加以考量，進而規劃出合理的主生產排程 (master production scheduling; MPS)。MPS 的主要目標是經由外在的需求 (external demand)、訂單交貨日 (due dates) 與訂單的大小... 等限制條件的考慮，求出一合理的 (feasible) 生產規劃。中期生產規劃則依據長期生產規劃，對製造現場的資源加以考量，並規劃出物料需求與製造需求。此外，短期生產規劃則負責將中期生產規劃之製造需求，經由生產現場的製造進度安排與控制，最後再將製造的完成品運送至倉庫儲存。

而生產規劃與排程所關心的議題，莫過於存貨的重要性。高的存貨所引發存貨之機會成本與庫存的相關成本，也就是所謂的持有成本 (holding cost)；換句話說，若為了降低持有成本，而頻繁

的製造產品，則將引發過高的整備成本(setup cost)。因此，在符合需求的前提下，若要保持低的整備成本，生產批量則越大越好，但若要保持低持有成本，則生產批量越低越好。而生產規劃與排程的主要目標就是在這兩者的間槓桿平衡(trade-off)關係中，做出合理的生產規劃。但是基於競爭力上的考量，單是一個合理的解並不夠的，如何去達到一個最佳(optimum)的生產規劃，才是一個管理者所關心的議題。在一般的應用上，大多會給予一個目標式(如最小的生產成本)，以求出一個合理解最佳化生產規劃結果。此外，由相關文獻中得知，此類的問題即為所謂的批量排程問題(lot sizing and scheduling problem)。本研究相關文獻分類整理如下。

2.2 批量排程問題(lot sizing and scheduling problem)

一個產品項目的生產或訂購決策會影響其成本的績效，包括每次生產或訂購的整備成本，及生產或購入後未用完庫存的持有成本，此即批量問題(lot sizing problem)的基本形式。在存貨批量問題的研究中，依時間發展先後順序來探討，最早是經濟訂購量模式問題(economic order quantity ; EOQ)。在一個無限計劃時程中，EOQ 模式是一個連續時間模式，為單一產品(single-item)之問題，假設在單階(single-level)生產程序中無產能限制，且需求為一固定常數。Bahl et al.[3]認為，自 EOQ 公式提出後，在整備時間與成本顯著的環境中，批量問題一直是生產計劃的重要研究主題之一，而其形式也擴及多產品項目與多機器設備或工作中心的情形。因此，接著發展出的模式為經濟批量排程問題(economic lot scheduling problem ; ELSP)。自 1958 年 Rogers[64]介紹 ELSP 問題以來，歷經許多學者的努力，已有相當多的成果。Elmaghraby[23]在 1976 年將這些成果做了一個初步的分類整理，他把 ELSP 問題的模式大略分為兩類：(1)解析解法：通常可得到最佳解或近似最佳解，(2)啟發式解法：可得到一個好的解，但是否為最佳解則未知。ELSP 與 EOQ 一樣是屬於單階、需求固定與無限計劃時程中

之連續時間問題模式，但差別在於 ELSP 是屬於多產品(multi-item)的問題。下一代的模型理論，如 BSP(batching and scheduling problem)問題模式[40]，延續 EOQ 與 ELSP 的連續時間模式下，結合了產能與動態需求(dynamic demand)的考量，並假設任一筆的需求訂單都不可被分割生產。

隨著批量問題模式的發展，理論模式逐漸整合排程(scheduling)的模式，成為批量與排程問題。一般批量與排程問題模式，為了能夠更符合現實的狀況並達到最佳化的目的，一反 EOQ、ELSP 與 BSP 的連續時間模式假設，以不連續(discrete)時間的假設前提，讓製造系統在全體製造成本最低與符合需求的目標下，讓需求能夠在不同時段中分割製造完成。接下來本研究將依過去學者們在批量與排程問題的相關研究，把批量與排程問題模式依其發展時間的先後與特性探討。

2.2.1 產能限制之批量問題(The capacitated lot sizing problem ; CLSP)

產能限制之批量問題(CLSP)可以視為 WW 問題下產能限制的延伸，與 ELSP 類似，皆為多種產品的問題。每個時段裡各種產品都可能生產，可以稱作大容量問題(large bucket problem)。而在實際生活中，一個時段可視為一星期，計劃時程通常小於六個月。Bitran & Matsuo[6]曾說明了求解最佳化 CLSP 可以視為一個 NP-hard 問題。Barany et al.[4]對 CLSP 提出一個新的解法，Hindi[33]使用禁忌搜尋(Tabu search)法求解 CLSP。Diaby et al.[17]使用拉氏寬鬆法(Lagrangian relaxation)求解 CLSP，Diaby et al.[18]與 Kirca et al.[47]則提出了 CLSP 的啟發式解法。Ishii & Imori[37]對兩階、兩種產品、有產能限制條件下的生產存貨系統，提出一套有效率的生產訂購系統，以降低總工作量與存貨水準的變動。CLSP 的模式沒有整合排程的決定，一般的方法都是先求解 CLSP，再個別針對每個時段求解排程問題。Ozdamar et al.[55]探討綜合各種情況下的 CLSP，如加班決策、整備時間、無關平行機

台的最小總遲延時間和排程問題。最近在 Dauzere-Peres et al.[15] 中整合了批量與排程的問題。

2.2.2 不連續之批量排程問題 (The discrete lot sizing and scheduling problem ; DLSP)

將 CLSP 的時段再細分成數個時段即所謂不連續之批量排程問題(DLSP)。DLSP 公式的基本假設可以說是一種非全有即全無 (all-or-nothing) 的生產，也就是說每個時段最多只能生產一種產品，又稱為小容量問題 (small bucket problem)。DLSP 模式中的時段通常以天或小時表示。求解最佳化 DLSP 也是屬於 NP-hard 問題。在 Cattrysse et al.[10] 中曾使用 Dual Ascent 與 Column Generation 的啟發式解法來求解 DLSP。Hoesel et al.[34] 提出了 DLSP 的整數線性規劃公式。Fleischmann et al.[24][25] 將 DLSP 視為時窗下的一個旅行者問題 (traveling salesman problem)，並用運拉氏寬鬆法決定最佳解的上下界，找出動態需求下的最小持有成本與整備成本。一些相關的求解過程也在 Fleischmann et al.[25] 與 Hoesel et al.[34] 中被提出。

2.2.3 連續整備之批量問題 (The continuous setup lot sizing problem ; CSLP)

將整備的動作朝向更符合實際生活，即連續整備之批量問題 (CSLP)。CSLP 相似於 DLSP，不同在於 CSLP 放棄了非全有即全無的假設，但仍然是每個時段只能生產一種產品。相關的文獻提出於 Bitran et al.[7] 與 Karmarkar et al.[41] 中。

2.2.4 比例式批量與排程問題 (Proportional lot sizing and scheduling problem; PLSP)

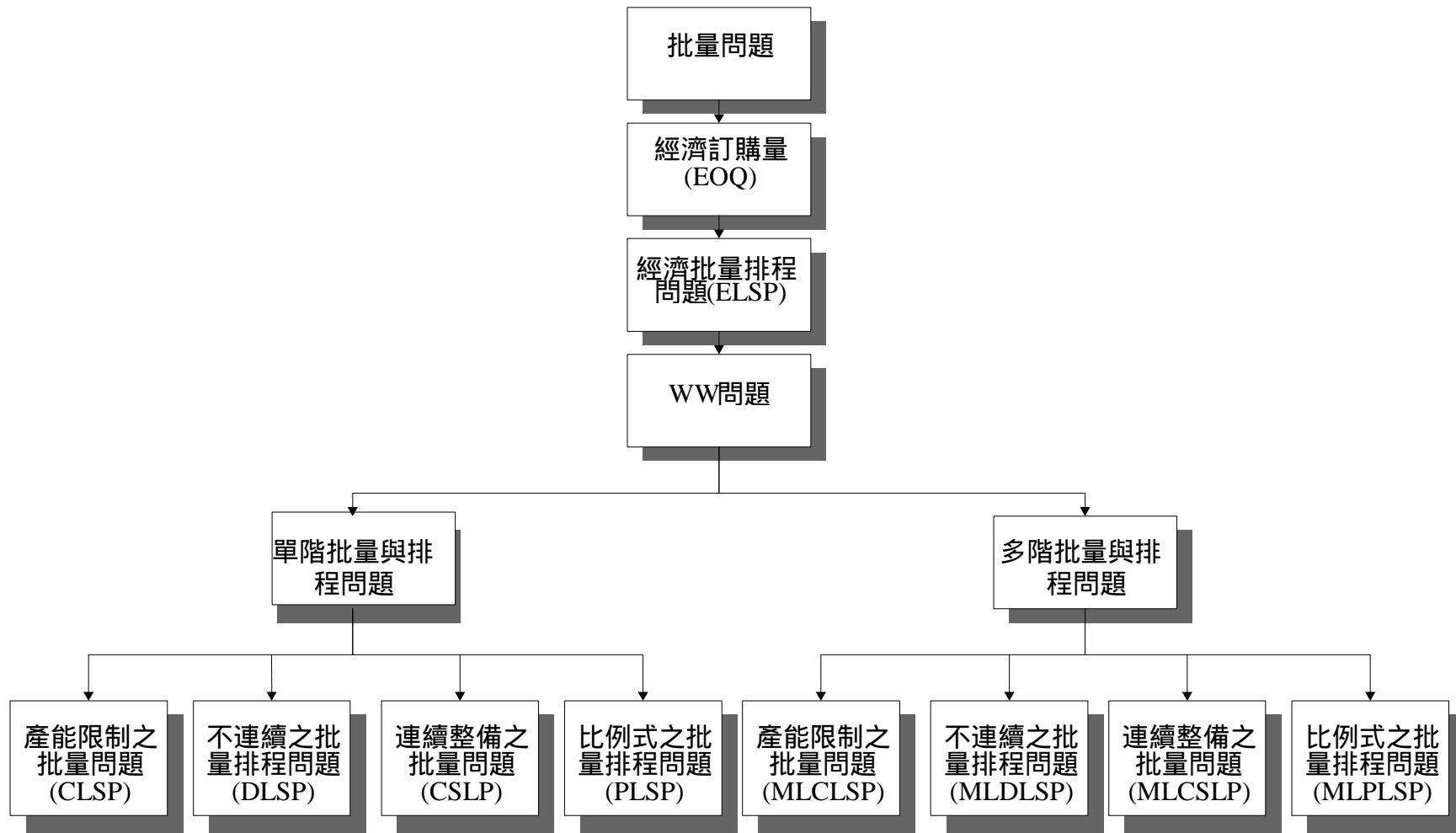
在 CSLP 應用的過程中，可以發現其最大缺點在於每一時段的產能若在生產完某一項產品後還有剩餘，則剩餘的產能則無法再利用。為了克服這個缺憾，Drexl & Haase[20] 則提出 PLSP 模

式。PLSP 的模式基礎除了延續 CSLP 的優點外，為了達到產能在利用的目的，PLSP 假設產品的整備狀態最多可被改變一次，也就是在機台整備完成的前提下，產品的生產作業可在時段之一開始或結束時。Dauzere-Peres et al.[15]整合一些批量與排程程序的相關探討。Kimms[44]比較了使用禁忌搜尋(Tabu search)法與隨機後悔法(randomized-regret methods)解多階 PLSP。在 Kimms[45]中則替多階 PLSP 做了一個詳細的總結。它證明了(多階)DLSP 與(多階)CSLP 為(多階)PLSP 的特例。表 2- 1 則比較了上述各種批量模式之異同，則從最早的 EOQ 模式到多階 PLSP 模式的理論發展過程做一流程化的圖示。

表 2- 1 各種批量模式之比較

	時間軸	每時段 生產最大產品 總類數	需求	每時期的生產量
單階 ELSP	無限(infinite) 連續(continuous)	1 種	固定 (constant)	零或等於每單位時間 的可用產能
單、多階 CLSP	有限(finite) 不連續(discrete)	無限制	動態 (dynamic)	小於或等於可用產能
單、多階 DLSP	有限(finite) 不連續(discrete)	1 種	動態 (dynamic)	零或等於可用產能
單、多階 CSLP	有限(finite) 不連續(discrete)	1 種	動態 (dynamic)	小於或等於可用產能
單、多階 PLSP	有限(finite) 不連續(discrete)	2 種	動態 (dynamic)	小於或等於可用產能

備註：ELSP：經濟批量排程問題；CLSP：產能限制之批量問題；DLSP：不連續之批量排程問題；CSLP：連續整備之批量問題；PLSP：比例式之批量排程問題。



2.3 產品生命週期(Production life cycle; PLC)

企業在動態市場競爭環境中，皆期望自身產品能廣泛的被消費者採納與使用，擴展其市場佔有率，獲取最大利潤為其目標。然而，消費者的行為模式會隨著市場日新月異而產生影響，不如傳統般的品牌忠誠度高。產品會因顧客的需求變化而產生階段性影響，而形成導入期、成長期、成熟期及衰退期的階段性變化，稱為產品生命週期(Product Life Cycle, PLC)。PLC的觀念對於企業處於不同產品生命週期階段，用以發展有效的行銷策略，提供了一個非常有用的觀念架構(conceptual framework)，不僅用於產品，也適用於理念、服務、人物、地方和社會事件。面對環境的變遷、市場的動盪、產品的更換，行銷人員利用PLC觀念來瞭解產品與市場的互動狀況，據以為策略規劃(strategic planning)的指導。Aaker[1]建議PLC應與經驗曲線(experience curve)應用結合，尤其在市場成長階段時，廠商可有效的建立競爭成本優勢(competitive cost advantage)。Boston Consulting Group提出有名的BCG模型，亦可與PLC結合應用於大小廠商的競爭。企業若將PLC作為一種規劃工具(planning tool)時，PLC可以具體描繪各階段產品特徵及策略特性，並藉由PLC各階段所具有的特徵，考量外部市場環境的條件變化及內部企業資源的限制影響，輔助企業在生產管理、作業管理、資訊管理、流程管理及行銷管理上做出較適當的執行策略與目標。

企業若將PLC作為一種控制工具(control tool), PLC的觀念有助於企業在新產品在發展與研發過程中，必須考慮到PLC的成長模式，並藉由與過去類似產品之PLC加以比較，用以衡量企業欲規劃上市新產品之績效成果。企業若將PLC當作一種預測工具(forecasting tool)，企業可依據產業銷售變動的趨勢，用以預知PLC是否以邁入另一個新的階段，以便企業在產品其PLC轉折點時，能適時的推出影響PLC策略方法，避免企業資源浪費。

2.3.1 產品生命週期基本模式

一個產品在顧客中的「地位」(position)或觀念(concept)，常會隨時間在競爭情況而改變，這種現象導致另一個極重要觀念，即「產品生命週期」或「產品生命循環」(Product Life Cycle)。Levitt[53]認為所謂產品生命週期，是指某項產品，從最初在市場上出現直到退出市場這段期間內，銷售變化與時間的關係。描述各個階段的產品屬性及其市場特性的一種觀念。

Levitt 是將 PLC 由普通觀念推展成管理工具的第一人，他將 PLC 分為四個階段，以產品進入市場的時間，依序為導入、成長、成熟、衰退，如圖 2-1 所示。並成為後來討論 PLC 的研究者最常引用的區分界定方式。各階段簡述如下：

1. 導入期：新產品新出現在市場上，銷售很少且爬升的很慢。
2. 成長期：對該產品需求開始加速，整體市場銷售迅速擴張。
3. 成熟期：該產品需求停滯，市場銷售成長大多來自重置率。
4. 衰退期：產品對消費者失去吸引力，銷售量開始下降。

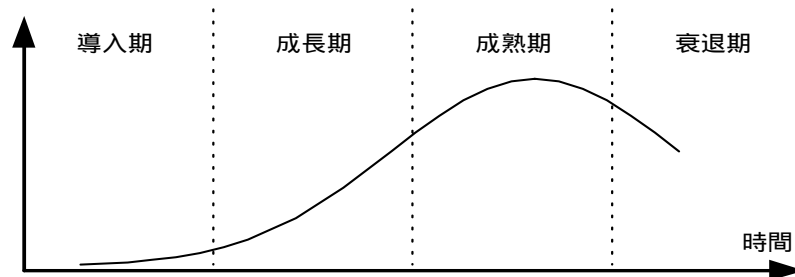


圖 2-1 產品生命週期四階段

Cox [14]認為許多學者將PLC當作管理分析工具，尤其是產品規劃與控制工具的價值。Cox以1955—1960年引介於美國市場上的754種醫藥產品作為研究樣本，發展出產品生命週期的衡量方法，並利用兩種產品生命衡量指標來界定產品生命週期。Smallwood[68]強調行銷管理的工作就是一種將資訊轉換成見解，見解轉換成想法，想法轉換成計劃，計劃付諸實際並轉換成利潤的過程。

2.3.2 產品生命週期各階段研究與階段界定理論

PLC主要應用在階段轉換變化時，廠商可作行銷策略規劃之用，因此必須瞭解PLC之預測程度。Belville[5]實證研究找出導入期與成長期的分界點，Aaker[1]建議以銷貨及利潤變化的趨勢找出分界點。PLC在預測各階段時，須估算出產品單位為銷售量的增加數與每一循環的長度。從實證得知產品導入階段資料估計成長及成熟階段較無問題，主要困難在於衰退階段中有關衰退率之預測。Kolter[48]在產品生命週期各階段特徵與行銷策略要素有提及。本研究將相關理論整理如表2- 2。

表 2- 2 產品生命週期—階段特性、外部環境、內部資源

特性	生命週期階段			
	導入期	成長期	成熟期	衰退期
銷售	低銷售額	銷售額快速上升	銷售達於尖峰	銷售額下降
成本	成本高	成本中等	成本低	成本低
利潤	負的	利潤增加	高利潤	利潤下降
顧客	創新者	早期採用者	中期大眾	遲延的買者
競爭	少	逐漸增加	從穩定開始減少	數目減少
行銷目標	建立對產品的認知及試用	最大市場佔有率	最大利潤，並保護市場佔有率	減少支出，並掙取此品牌
策略				
產品	提供一項基本產品	擴展產品廣度並提供服務及保證	品牌樣式多樣化	除去衰落的項目
價格	利用成本加成	滲透市場之價格	配合或攻擊競爭者的價格	減價
配銷	選擇性的配銷	密集的配銷	更多的密集配銷	選擇性的除去無利潤的銷售出口
廣告	建立早期採用者及經銷商對產品的認知	建立對多數市場的認知及興趣	強調品牌的差異性及利益	減低至維持品牌忠誠度的水準
促銷	大量的促銷以誘導消費者的適用	減少對大量顧客需求的利用	增加對品牌轉換的激勵	減低至最低水準
其他				
景氣變動	無關	幾乎無影響	影響漸大	因惡化而帶來決定性打擊
退貨	有時	付款順利	增加	急數增加

知名度 技術改良	低 不斷嘗試	急速上升 改良附帶部分	開始下降 幾乎沒有	落伍 沒有
-------------	-----------	----------------	--------------	----------

前面敘及多位學者對於產品生命週期理論之研究。不過對於產品生命週期理論有一亟待克服的要點，便是如何判定產品目前所處的產品生命週期階段。即產品生命週期的階段界定問題。以下研究者便彙整國內外學者所探討的結果。

由文獻探討來看，產品生命週期的階段界定方式主要有「定性」及「定量」兩種衡量方式：

(一) 定性方式：主要以各階段，產品及市場的屬性為依據，可分為『內容分析法』與『專家意見法』。

1.內容分析法

透過內容分析來作為判斷產品生命週期階段的依據。

2.專家意見法

以十位專家來判斷各個產業究竟是處於哪一個產業生命週期，而以八位以上的認定作為確認的依據。

(二)定量方式：主要以產品銷售的歷史資料為主，可區分為『相對普及率』、『年度普及率』、及『銷售變化率』。

1.相對普及率

Smallwood[68]以目前普及率除以飽和普及率作為指標(相對指標)，來界定產品的生命週期階段，此方法可免除絕對指標造成的不客觀性。

2.年度普及率

Roger[64]則利用產品普及率的變化(絕對指標)作指標。以連續年間普及率第一階差(簡稱普及差)增加，判定為成長期；普及差不變或下降但為正數判定為成熟期；降為負數，判定為衰退期；但因上市期與成長期甚難劃分。並認為以連續年度普及率之時間數列變化判定PLC，應防止一些不可捉模因素之影及調查普及率的抽樣誤差。特別是當衡量時間單位較短及調查樣本較小時，可先將普及率時間數列以移動平均法消除其他因素之影

響，才不會產生誤判的情形。整體而言，對於產品生命週期於階段的界定方法是以平均普及率為因變數，時間為自變數的三次函數，界定方法如下：

- (1) 二次倒函數為正時，圖形為上凹圖形，判定為上市期及成長期，其中以平均普及率2.5%為上市期與成長期的分界點。
- (2) 二次倒函數為負時，圖形為下凹圖形，判定為成長期與衰退期，其中一次導函數急遽下降為負數時，作為衰退期的開始。

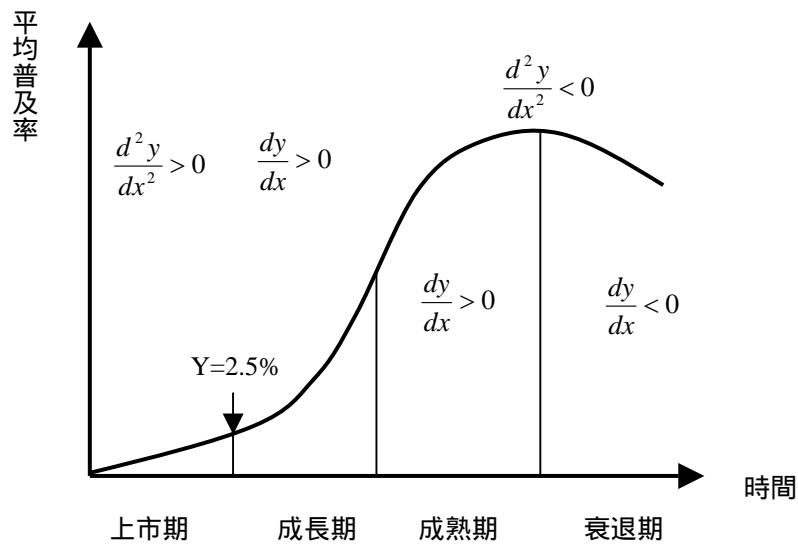


圖2- 2平均普及率函數圖

(A)Polli&Cook[59]則考慮人口成長及商業環境變動，經調整後的產品年銷售量，以年與年之間銷售量百分比變化率(percent change of sale)為指標，界定週期階段。並根據香菸、食品、健康用品等三類產品約三千個百分比變化率求證結果，發現這種經調整的變化率，呈以零為平均數的常態分配，以此為基礎，提出界定方法如下：

- (1) 當變化率低於 $-\frac{1}{2}\sigma$ 時，判定為衰退期。
- (2) 當變化率高於 $+\frac{1}{2}\sigma$ 時，判定為成長期。

- (3) 當變化率介於 $\pm\frac{1}{2}\sigma$ 間，判定為成熟期。
- (4) 至於上市期，則以年銷售量達到歷年或到目前為止曾發生的最高年銷售量的5%，那一年為其與成長期的界限。

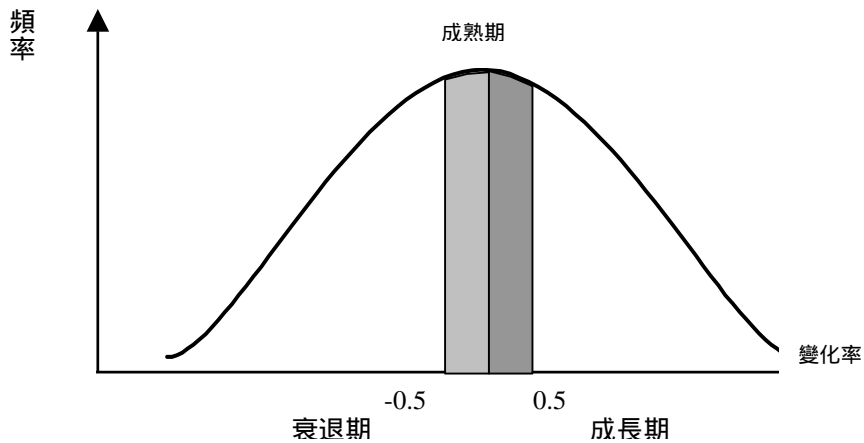


圖 2- 3 常態分配界定生命週期

(B)Cox[14]在研究藥品的生命週期時，則以藥品在紅皮書上出現為上市期的開始；在該藥品每個月銷售達 5000 份處方時，則是成長期開始；當藥品的月銷售收入達到最高峰時，成長期結束進入成熟期；當月銷售收入降低到最高月銷售收入的 20%~10%，則為衰退期。上述過去學者制訂之產品生命週期四階段特徵方法整理如表 2- 3。

表 2-3 產品生命週期—階段特徵

作者	階段				產品
	導入期	成長期	成熟期	衰退期	
Cox, 1967	Between catalogue birth and commercial birth (5000 national new prescriptions in one month)	Between commercial birth and maximum monthly revenue (MMR)	Between MMR and commercial death (20% or 10% of MMR)	Between commercial death and catalogue death	Ethical drugs
Polli & Cook, 1969	Yearly sales ^a of nondurable i divided by sales of all nondurables (S_i) < 5% of a real or observed peak sales	Yearly percentage changes in S_i (S_i^*) > +0.05 or $S_i^* > \frac{1}{2}\sigma$ in the distribution of all S_i^*	$-0.05 \leq S_i^* \leq +0.05$ or $-\frac{1}{2}\sigma \leq S_i^* \leq +\frac{1}{2}\sigma$	$S_i^* < -0.05$ or $S_i^* < -\frac{1}{2}\sigma$ (^a All sales data are adjusted for population growth, change in the level of personal consumption and price changes)	Food, health & personal care, with cigarette products using the limits of $\frac{1}{2}\sigma$
Qualls, Olshavsky & Michaels, 1981	Begins from the first year of sales reported by <i>Merchandising</i>	Begins from the first two successive years of sales growth $\geq 5\%$, following introduction	Begins from a yearly rate of growth \leq the growth rate in consumer expenditures for all household products ^b	—	Household appliances (^b for which all data after the growth stage where the product had not yet experienced a sufficiently large slowdown were used)
Thietart & Vivas, 1984	—	Average growth rate ^c of the market served by the business over a four-year period > 4.5% or the perceived life cycle stage evaluated by the managers	Real market growth rate within [0%, 4.5%] or the perceived stage evaluated by the managers	Real market growth rate < 0% or the perceived stage evaluated by the managers	1100 PIMS businesses: consumer goods and industrial products (^c corrected for inflation)

第三章 以產品生命週期為基礎之多階 PLSP (PLC-based MM-PLSP, PLC-PLSP)模式

在產品生命過程中，企業必須多次修正其產品銷售、製造...等等相關策略，這並不只是因為經濟狀況的改變與競爭者的挑戰，而是產品本身在市場上所扮演的角色逐漸發生變化。因此，企業實在有必要依產品生命週期階段，分別擬定一套適當的策略。基於上述之概念，本研究擬採用多階比例式批量排程問題(PLSP)為基礎模式，整合產品生命週期(PLC)與多產品批量排程(multi-item lot-sizing scheduling)的應用，發展一兼具需求端(demand site)與供應端(supply site)因素之批量排程模式PLC-PLSP。模式基本上持有與傳統 PLSP 相同之精神，即在有限與不連續的時間軸裡，面對動態(dynamic)之需求環境，以有限的產能，滿足需求之最小總成本批量問題。此外，與傳統 PLSP 不同之處，本研究依產品生命週期的特性、現實環境與市場策略的考量，所發展之批量排程模式。並視產品生命週期階段的不同，融入不同階段策略之應用，如階段之產能、批量大小...等等。讓連續整備批量排程問題不僅是考慮到單方面生產的現象與因素，更整合產品生命週期階段與市場策略之考量，發展一具有全方位觀瞻的批量排程模式。

3.1 產品生命週期階段性策略應用

將依產品生命週期/銷售的預測結果，依其銷售量的變化與階段性的特徵，將產品生命週期界分為導入期、成長期、成熟期與衰退期。生產者在產品生命週期四階段當中，會因其企業內部資源限制或環境外部變動情形施予不同的操作及策略作法，用來因應不同的產品競爭及顧客多樣性變化。

1、導入期階段

產品初次在市場上銷售與曝光，消費者對產品仍未能瞭解。開始僅有少數具有開創性消費者願意嘗試購買。生產者為了增加其產品通路與銷售，投入較大金額的廣告促銷金額。在內部生產上，由於尚未達到經濟生產規模，生產成本亦高居不下，對消費者而言亦較不具購買吸引力。

2、成長期階段

產品再進入成長階段即代表了已經在市場上具有一定的接受度，消費者對其產品亦非初期的完全陌生，此時產品的銷售數量亦穩定的成長增加當中，價格已經不如導入期那樣的遙不可及。消費者的接受度經慢慢的擴散開，並且有其他的相仿產品出現，市場上開始有了競爭者。

3、成熟期階段

產品進入成熟階段即代表了消費者鮮少不知道產品的存在與使用，市場應已充斥著同質性相仿產品，消費者有了各式各樣的選擇，並非如早期僅有少數幾種選擇。產品價格亦大幅的滑落，因為市場的接受度大增，生產者得以量產化，降低其生產成本，進一步反映在售價上。生產者此時應開始思索其產品的下一代更替方式或有其他替代產品的出現。

4、衰退期階段

產品進入衰退期即代表消費者對其產品喜好或熱衷已逐漸消退，於是反映在市場銷售量上。此時生產者若不能提出新的產品來替代或提出更新的用途，消費者將會把其注意力轉移到其他產品身上。而這些喪失消費者青睞的將會逐漸的消失在市場上，僅存甚少的消費者仍持續的使用這產品。企業管理當中行銷策略 4P 即產品、價格、通路

與促銷在產品生命週期四階段當中有其不同的作法，將整理如下表 3- 1。

表 3- 1 產品生命週期—行銷策略

行銷策略	生命週期階段			
	導入期	成長期	成熟期	衰退期
產品	有限的模組， 頻繁產品修改	模組數擴充， 頻繁產品修改	大量模組	削減沒有利潤 的模組與品牌
價格	採取高價格以 彌補開發成本	產品價格開始 下降	價格持續下降	價格在相對低
通路	配銷商很少， 利用高利潤吸 引通路經銷	具有一定配銷 商，必須建立 長期關係	較多配銷商， 獲利衰退，維 持展示架空間	精簡不具利潤 之通路
促銷	為提高其知名 度，提供樣本 給通路商試用	刺激選擇性需 求，加強品牌 廣告	刺激選擇性需 求，加強品牌 廣告，強力促 銷	逐步停止所有 促銷活動

在產品生命週期四階段當中，生產者的行為有其策略性考量以及企業資源有限之前提下。本研究擬在各種主要市場因素的考量中，生產者在產品生命週期之導入、成長、成熟與衰退期裡，所面對的企業因素考量下，對批量排程與產品生命週期預測之影響作一模式探討與分析。本研究預計納入考慮之市場因素與策略，如表 3- 2 所示。

表 3-2 產品生命週期—生產者觀點

		生命週期階段			
產品生命週期階段		導入期	成長期	成熟期	衰退期
因素與策略		導入期	成長期	成熟期	衰退期
市場因素	銷售數量	低	快速成長	緩慢成長	衰退
	銷售價格	高/低	較低	最低	持續下降
	銷售利潤	負數	逐漸上升	達頂點下降	下降
	外部競爭	不重要	仿冒者出現	眾多競爭者	退出市場
企業因素	策略重心	擴張市場	滲透市場	保持佔有率	生產力
	行銷重心	產品知曉	品牌偏好	品牌忠誠	選擇性
	生產數量	甚少	增加中	高峰	減少中
	生產成本	很高	降低	最低	漸升
	零售價格	高/低	較低	最低	低價清倉
	生產產能	未量產	量產	擴充量產	減少量產

3.2 多機台下之多階比例式批量排程問題(Multi-level PLSP with Multiple Machines; MM-PLSP)模式

多機台(multiple machines)的問題模式是許多 PLSP 問題模式假設下一個重要性的差異點。在現實的環境因素考量下，每一個產品或零件都會在其特定之機台上生產；或者，一個特定之機台可生產兩種以上之產品或零件。因此，為了能更符合實際上之需求與彈性，本研究所採用之多階比例式與批量排程(multi-level PLSP)問題模式，將以 Kimms[43]所提出之 MM-PLSP 為基礎，並賦予各種策略上之考量，並比較各種應用下之不同批量排程結果。

MM-PLSP 是在有限產能(Finite Capacity)及有限的規劃時間長度(Finite Planning Horizon)的前提下，將時間軸切為數個不連續時間長度(Discrete Time Periods)。面對數個物件(Several Items)已知的動態需求(Known Dynamic Demand)，做出批量排程決策。在決策的過程中不考慮缺貨(Stockouts)與存貨支應(Backlogs)狀況的發生。並進一步考量到產品間的關係(文獻將之定義為 Gozinto-structure)，與實務上機台與產品間的製造關係。其目標式如同一般傳統批量排程模式，將產品製自過程中所引發之整備成本(Setup Cost)與持有成本(Holding Cost)做一加總，以最小製造成本(Minimized Total Cost)為目標式。

在批量排程之決策過程中，產能可能預先製造以應付未來的需求，如此便引發產品的持有成本；而產品於各時段下之製造整備過程將引發整備成本。若要降低持有成本的發生，決策則傾向於少量多作的策略，但如此卻使得整備成本的提升；若降低整備成本的發生，則決策傾向於多量少作的策略，使得持有成本的升高。因此，如何在整備成本(Setup Cost)與持有成本(Holding Cost)間做一最佳的平衡(Trade Off)，將是決策過程中之關鍵。

總結上述的背景描述，MM-PLSP 屬於一多產品(Multi-item)、多階層(Multi-level)的批量排程模式。以下為 PLSP-MM 之基本模式：

表 3- 3 Decision variable for the PLSP-MM

Symbol	Definition
I_{jt}	Inventory for item j at the end of period t .
q_{jt}	Production quantity for item j in period t .
x_{jt}	Binary variable which indicates whether a setup for item j occurs in period t ($x_{jt}=1$) or not ($x_{jt}=0$).
y_{jt}	Binary variable which indicates whether machine m_j is set up for item j at the end of period t ($y_{jt}=1$) or not ($y_{jt}=0$).

表 3- 4 Parameters for the PLSP-MM

Symbol	Definition
J	Number of items.
M	Numbers of machines.
T	Numbers of periods.
a_{ji}	“Gozinto”- factor. Its value is zeros if item i is not an immediate successor of item j . Otherwise, it is the quantity of item j that to produce one item i .
C_m	Available capacity of machine m in period t .
d_{jt}	External demand for item j in period t .
h_j	Non-negative holding cost for having one unit of item j one period in inventory.
m_j	Machines on which items j is produced.
p_j	Capacity needs for producing one unit of item j .
s_j	Non-negative setup cost for item j .
v_j	Positive and integral lead time of item j .
I_{j0}	Initial inventory for item j .
y_{j0}	Unique initial setup state.
α_m	Set of all items that share the machine m , i.e. $\alpha_m = \{i \in \{1, 2, \dots, J\} m_j = m\}.$
β_j	Set of immediate successor of item j , i.e. $\beta_j = \{i \in \{1, 2, \dots, J\} a_{ji} > 0\}.$

PLSP-MM 的規劃模式目標式為

$$\text{Min} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T (s_j x_{jt} + h_j I_{jt}) \quad (1)$$

Subject to

$$I_{jt} = I_{j(t-1)} + q_{jt} - d_{jt} - \sum_{i \in \beta_j} a_{ji} q_{it}, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T \quad (2)$$

$$I_{jt} \geq \sum_{i \in \beta_j} \sum_{\tau=t+1}^{\min\{t+v_j, T\}} a_{ji} q_{i\tau}, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T-1, \quad (3)$$

$$\sum_{j \in \alpha_m} y_{jt} \leq 1, \quad m=1,2,\dots,M, \quad t=1,2,\dots,T, \quad (4)$$

$$x_{jt} \geq y_{jt} - y_{j(t-1)}, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T, \quad (5)$$

$$p_j q_{jt} \leq C_{mjt} (y_{j(t-1)} - y_{jt}), \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T, \quad (6)$$

$$\sum_{j \in \alpha_m} p_j q_{jt} \leq C_{mt}, \quad m=1,2,\dots,M, \quad t=1,2,\dots,T, \quad (7)$$

$$y_{jt} \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,I, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T \quad (8)$$

$$I_{jt}, q_{jt}, x_{jt} \geq 0, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T \quad (9)$$

其中，第(1)式為 MM-PLSP 之目標式，目的在於最小化整體之製造成本，包含產品之整備成本與持有成本；第(2)式為庫存上平衡的限制式，表第 t 期末之庫存量(I_{jt})為第 $t-1$ 期之庫存量($I_{j(t-1)}$)加上第 t 期之製造量(q_{jt})，並減去第 t 期之外在需求(external demand, d_{jt})與內在需求(internal demand, $\sum_{i \in \beta_j} a_{ji} q_{it}$)；第(3)在於確保最低之庫存量；第(4)式之目的在於確認每一期末每一機台之整備狀況；第(5)式表示，若機台在第 $t-1$ 期時並無對一特定產品 j 整備(i.e. $y_{j(t-1)} = 0$)，但在第 t 期時對產品 j 有整備完成，則在第 t 期時有整備成本之發生；第(6)式目的在於限制產品的製造只能在設置好的機器上執行，在同一時段與同一機台下，最多能有兩種產品被製造；第(7)式為產能之限制，確認製造決策不可超過其產能的設定；第(8)式為訂定機台之診被為二進位值(binary)；第(9)式式中之 $I_{jt} \geq 0$ 為確保不允許缺貨產生的限制。本研究將以此模式為基

礎，探討多階 MM-PLSP 模式，在產品生命週期階段之應用、現金流之因素與市場策略之應用下，對原始 MM-PLSP 的排程結果所產生之改變。

3.3 產品生命週期階段界定與 PLC-PLSP 模式發展

在上述章節的產品生命週期階段策略探討後，本研究將從此小節介紹如何去架構階段策略下之 MM-PLSP 理論模型。首先，我們需先產品生命週期階段界定的工作開始，利用不同數值分析的方法，將產品之總體需求數值資料劃分出產品生命週期的四個階段；階段界定後，再融入階段策略的應用於 MM-PLSP 問題模式中，發展一具備產品生命週期階段生產應用之多階 PLSP 模式 (PLC-PLSP)。

3.3.1 產品生命週期階段界定

在將產品生命週期階段策略融入 MM-PLSP 模式中前，必須先將產品之生命週期階段劃分出來，以便產品生命週期階段之不同，應用不同的生產策略。其界定方法如圖 3-1 所示，本研究以產品總體需求量為目標對象，用三種不同的數值變化分析，包含單點間變化值、雙點移動平均值與三點移動平均值，並經由三種不同數值分析結果，進行交叉比對之工作，並依據前述章節所討論之產品生命週期各階段特性，界定出產品之導入、成長、成熟與衰退期。界定操作步驟如下：

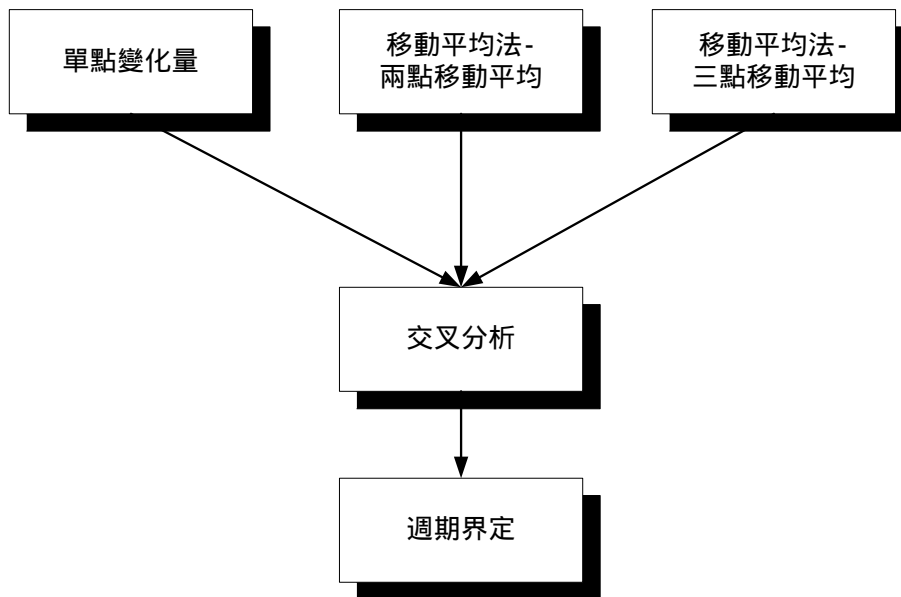


圖 3-1 產品生命週期階段界定程序

步驟一：單點變化量分析

單點變化量分析就是針對總體產品需求值各時段之需求變化，做一數值之統計分析工作，此步驟主要目的為觀察需求之正負變化之變化，當作交叉分析的主要指標。為做說明，本研究先假設一簡單產品之總體需求資料如表 3-5。單點變化量 $(t) = \text{總體需求值}(t) - \text{總體需求值}(t-1)$ ，且總體需求值 $(0) = 0$ 。結果如下

表 3-5 單點變化量分析結果

	1	2	3	4	5
總體需求值	10	30	55	50	35
單點變化量	10	20	25	-5	-15

步驟二：移動平均法-兩點移動平均分析

移動平均法主要是應用於觀察數值變動之走勢，其作法是將數值變動平均值描繪成曲線，相關之應用領域如股價分析、庫存管理...等等。而本研究採用此步驟之主要目的，即在於納入需求量變動“趨勢”之考量，不單只是考慮單時段之需求變化量，以便能更客觀的觀察分析產品總體需求之變化。兩點移動平均，顧名思義就是求出兩時段之總體需求值平均值，為兩點移動平均值

$(t) = (\text{總體需求值}(t-1) + \text{總體需求值}(t)) / 2$ ，且總體需求值(0)=0。其結果如表 3- 6。

表 3- 6 兩點移動平均分析結果

	1	2	3	4	5
總體需求值	10	30	55	50	35
兩點移動平均值	5	20	42.5	52.5	42.5

步驟三：移動平均法-三點移動平均分析

此步驟之目的與精神與步驟二相同，此步驟之移動平均納入更多點之考量，讓移動平均值能更客觀的描繪出需求變動之狀況，並與步驟二之結果相互比較分析，讓階段之界定能更精準。其中，三點移動平均值 $(t) = (\text{總體需求值}(t-1) + \text{總體需求值}(t) + \text{總體需求值}(t+1)) / 3$ ，且總體需求值(0)=0，結果如表 3- 7。

表 3- 7 三點移動平均分析結果

	1	2	3	4	5
總體需求值	10	30	55	50	35
三點移動平均值	13.33	31.67	45	46.67	28.33

步驟四：交叉分析與階段界定

在上述三步驟做出三種不同觀點下之需求變動分析結果後，進行結果之交叉分析，並參考產品生命週期階段變化之特性，界定出產品生命週期之四個週期，結果如圖 3- 2 所示。

導入期：0 ~ 1(時段 1)。兩點移動平均值與三點移動平均值在時段 1 時，呈現大幅度之轉折，且單點需求變化為正數增加。因此，鑑於產品生命週期之特性將時段 0~1 界定為導入期。

成長期：1 ~ 3(時段 2、3)。兩點移動平均值與三點移動平均值在時段 1~3 裡都呈現大幅度之成長；且從單點需求變化中，

可看出時段 1~3 都成穩定性的增加。故將此區間界定為成長期。

成長期：3 4(時段 4)。單點需求變化開始呈現衰退狀態，亦即需求量開始下降；但兩點移動平均值與三點移動平均值，還是呈現緩慢之成長狀態。因此，將此區間界定為成長期

衰退期：4 5(時段 5)。由單點需求變化看出，需求量在時段 4 往後，皆為負成長；且兩點移動平均值與三點移動平均值呈衰退狀態。因此，將此區間定義為衰退期。

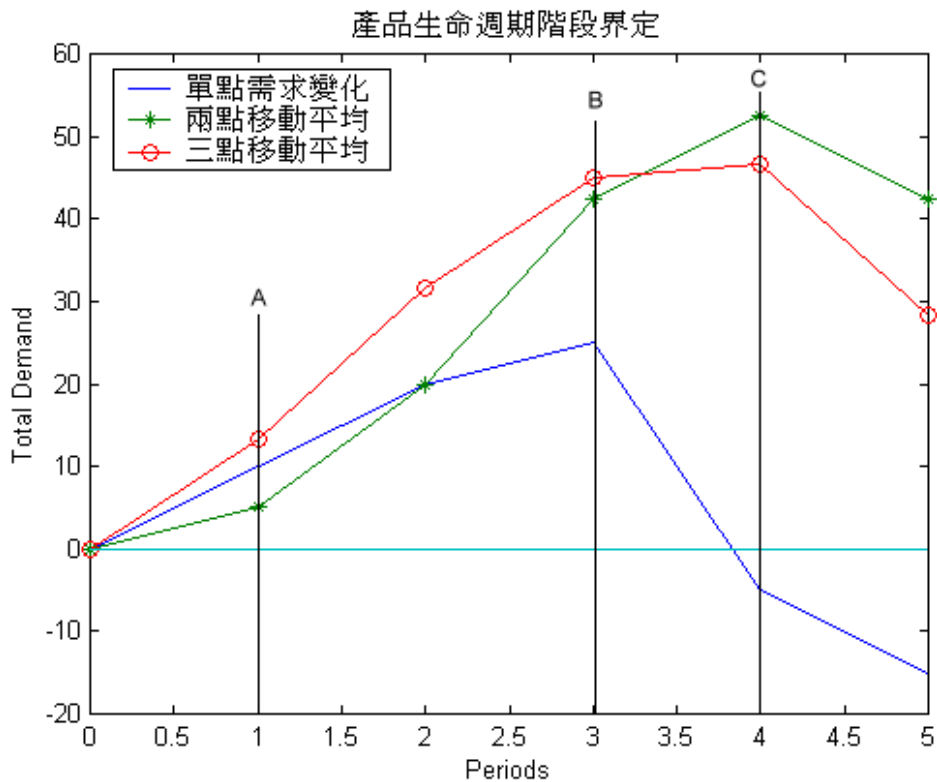


圖 3-2 產品生命週期階段界定結果

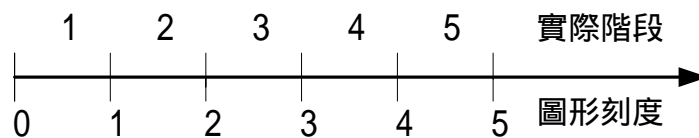


圖 3-3 圖形刻度解釋

3.3.2 PLC-PLSP 模式發展

一項產品的銷售及獲利狀況一直都在改變中。產品生命週期的概念乃是在產品的銷售史(sales history)上，劃分成幾個明確的階段(distinct stages)，並藉由產品所處的階段，確認未來可能之發展方向與洞悉產品的競爭動態，以企業制訂適當的因應策略。因此，本研究將視企業之產品生命週期階段之不同，有別於傳統批量排程模式之假設，依產品生命週期階段之特徵融入不同之生產策略，並針對批量排程決策中關鍵之產能(Capacity)與批量大小(Lot-sizing)因素，做一適當之配置與限制。本研究讓批量排程的模式不只專注於供給端(supply site)的最佳化，進而發展出整合供應端與需求端(demand site)的因素之多階、多產品批量排程模式。在上一小節界定產品生命週期階段的後，本節將延續產品生命週期階段的界定的概念與結果，視需求端之階段變化，對供應端制訂不同之生產策略。假設階段界定結果如圖 3- 4。在階段界定後，PLC-PLSP 之相關參數設定如表 3- 9。

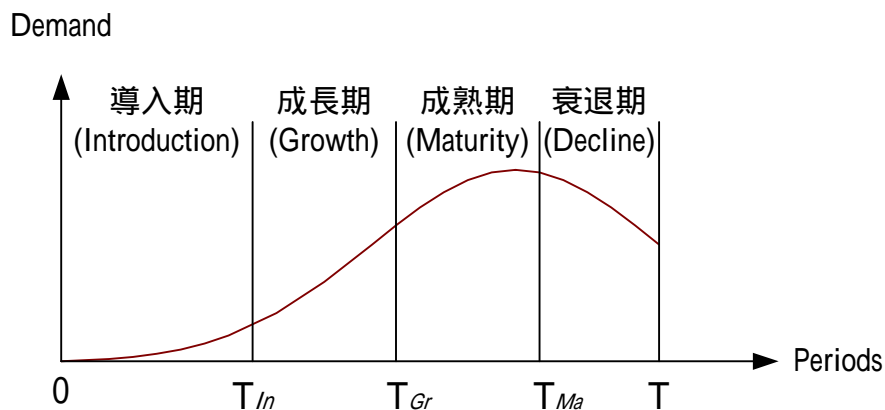


圖 3- 4 階段界定示意圖

如表 3- 8，從產品生命週期之相關研究裡，可整理出企業生產活動在產品生命週期各階段中，各生產因素的階段變化。

表 3- 8 產品生命週期階段下之生產變化

	導入期	成長期	成熟期	衰退期
生產方面				
產品類型	創新	標準化	標準化制訂	商品化
產品訴求	產品特色	品質成本	價格可靠	一致性
產品修正	頻繁	主要修正	差異小	差異小
量產狀況	未量產	量產	擴充量產	減少量產
生產系統	零工生產	零工 + 流線	流線 + 零工	流線生產

綜合各因素的變化情況，為了使批量排程之模式能納入需求端之變化。本研究將生產之產能(capacity)與批量大小(lot size)的在原有的限制下，針對階段變化的特性，給予不同之產能與批量之限制，讓批量排程模式能夠在不改變原有條件設定下，就能包含市場需求之變化考量，並做出最佳之排程結果。額外相關參數如表 3- 9：

表 3- 9 PLC-PLSP 之參數

Symbol	Definition
T_{In}	The upper bound of introduction stage.
T_{Gr}	The upper bound of growth stage.
T_{Ma}	The upper bound of maturity stage.
In	The number of Introduction stage.
Gr	The number of Growth periods.
Ma	The number of Maturity periods.
De	The number of Decline periods.
n_j	The number of immediate successor of item j .
e	The set of end products.

I. 產能分配：

傳統上考量產能之批量排程模式，其產能假設通常為固定之常數，這樣的假設前提便忽略產品實際上的銷售狀況。如此一來，在產品需求量較小之階段，由於產能過大，決策之過程除了容易引發整備成本(setup cost)外，也容易發生產能過剩之狀況；相對的，在產品需求量較大的階段，則容易發生產能不足(缺貨)之情形，產品排程決策過程中為了彌補產能的不足的影響，就會將該期的需求提早製造，以逢合該時段之產品需求量，因而容易引發持有成本(holding cost)。因此，傳統之批量排程模式，在總成本最小的目標下，排程結果是否為最佳的解(總成本最小)，便容易引人質疑。為了克服傳統批量排程模式的缺點，本研究以產品生命週期階段為基礎，視市場端之需求狀況，在不同階段中賦予適當的產能分配，讓批量排程模式之產能能夠隨需求端的變化，做最佳的調整，讓批量排程模式能夠整合市場端之因素與策略，產生更佳之批量排程結果，並進一步降低企業之製造總成本。本研究各階段產能之權重設定值，如式(10)所示，表示在每一階段中需求總和越大者，其所分配之產能將越大。

$$\text{各階段產能權重} = \frac{\text{各階段需求總和}}{\text{總需求}} \times \frac{\text{總時間長度}}{\text{階段時間長度}} \quad (10)$$

因此，各階段產能分配如下：

1. 導入期：在此階段中，產品需求量少且成長緩慢，且製造成本高。因此，為了避免製造成本的發生，給予較小的產能配置。導入期產能分配如式(11)所示。

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{In}} d_{jt}}{\sum_{t=1}^T d_{jt}} \times \frac{T}{In} \right\}. \text{ for } j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T_{In} \quad (11)$$

2. 成長期：產品處於成長期階段時，產品製造成本開始降低且產品需求急速增加。為了能夠達到市場滲透之效果，及獲得更大之利潤，本階段之採高產能之配置以避免持有成本的發生。如式(11)所示。

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Gr}} d_{jt}}{T} \times \frac{T}{Gr} \right\}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{In}+1,\dots,T_{Gr}. \quad (12)$$

3. 成熟期：產品需求處於成熟期時，需求之狀況達於顛峰並開始下降，此時製造成本較低，為了達到最大利潤與保護市場，需大量製造。因此，此階段中需分配高產能，以避免持有成本與缺貨的產生。

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Ma}} d_{jt}}{T} \times \frac{T}{Ma} \right\}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{Gr}+1,\dots,T_{Ma} \quad (13)$$

4. 衰退期：產品需求呈消退狀態，且利潤開始下降，為了避免製造過剩，本階段開始降低生產數量，故分配較少之產能。

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^T d_{jt}}{T} \times \frac{T}{De} \right\}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{Ma}+1,\dots,T \quad (14)$$

本研究視產品生命週其於市場中之階段，給予適當的產能配置，讓批量排程之決策過程，能夠考量到產品於市場中之角色，讓多餘之產能能夠納入期他的生產規劃活動中，以提高產能之使用率。

II. 批量限制：

在產品生命週期的階段，產品的需求量由導入其逐漸增加，直到成熟期到達顛峰後開始下降，並步入衰退期。而傳統之批量排程模式之批量大小，是由產能與需求的大小來做決定，並無一定的準則可依循。過大之生產批量則容易引發持有成本，反之，過小的批量則需要多次之整備才能滿足需求，而使得整備成本提高。因此，本研究將依產品生命週期階段之需求變化，進一步的讓批量的決策能根據市場端之需求狀況，而給予適當之限定。各階段下之產品批量生產策略如式(15)所示。

$$\text{產品批量上限} = \text{立即相接產品數} \times \frac{\text{階段產品需求總和}}{\text{階段時間長度}} \quad (15)$$

因此，在各時段下之批量限制如下：

1. 導入期：產品屬創新類型，市場未完全接受，且產品修正之情況頻繁，屬未量產階段。因此，此階段中各產品之生產策略應屬小批量生產。

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{In}} d_{jt}}{I_n}. \text{ for } j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T_{In}. \quad (16)$$

2. 成長期：產品生產開始進入標準化階段，以大量生產來造成規模經濟並降低產品成本。為了能順利滲透市場，產品進入量產策略，故屬大批量生產。

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=T_{In}+1}^{T_{Gr}} d_{jt}}{G_r}. \text{ for } j = 1, 2, \dots, J, t = T_{In} + 1, \dots, T_{Gr}. \quad (17)$$

3. 成熟期：產品差異小，需求達到尖峰狀態，屬標準化程序制訂階段。企業為保持原有市場與展開價格攻擊，為使單位成本降到最低，開始擴充成熟期原有的量產狀態，因此屬四個階段中最大的批量的生產策略。

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Ma}} d_{jt}}{Ma}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{Gr}+1,\dots,T_{Ma}. \quad (18)$$

4. 衰退期：此階段中需求持緩，產品準備退出市場，為避免生產過剩，開始降低生產量，因此開始緊縮生產之批量。

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{In}} d_{jt}}{De}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{Ma}+1,\dots,T. \quad (19)$$

綜合上述之探討，本研究從市場的變化，以產品生命週期階段為基礎，考量產品於各階段之生產特色與策略後，對批量排程決策過程中關鍵之產能與批量大小做一策略性之分配與限定，並將之融入傳統的 MM-PLSP 批量排程模式中，發展以產品生命週期為基礎之 MM-PLSP，即為 PLC-PLSP。本研究所發展之 PLC-PLSP 整合規劃模式為

目標式
$$\text{Min} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T (s_j x_{jt} + h_j I_{jt})$$

Subject to

$$I_{jt} = I_{j(t-1)} + q_{jt} - d_{jt} - \sum_{i \in \beta_j} a_{ji} q_{it}, \quad j=1,2,\dots,J, t=1,2,\dots,T$$

$$I_{jt} \geq \sum_{i \in \beta_j} \sum_{\tau=t+1}^{\min\{t+v_j, T\}} a_{ji} q_{i\tau}, \quad j=1,2,\dots,J, t=1,2,\dots,T-1,$$

$$\sum_{j \in \alpha_m} y_{jt} \leq 1, \quad m=1,2,\dots,M, t=1,2,\dots,T,$$

$$x_{jt} \geq y_{jt} - y_{j(t-1)}, \quad j=1,2,\dots,J, t=1,2,\dots,T,$$

$$p_j q_{jt} \leq C'_{mt} \left(y_{j(t-1)} - y_{jt} \right), \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$\sum_{j \in \alpha_m} p_j q_{jt} \leq C'_{mt}, \quad m=1,2,\dots,M, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$y_{jt} \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,I, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T$$

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{In}} d_{jt}}{\sum_{t=1}^T d_{jt}} \times \frac{T}{In} \right\}. \quad \text{for } j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T_{In}$$

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Gr}} d_{jt}}{\sum_{t=1}^T d_{jt}} \times \frac{T}{Gr} \right\}. \quad \text{for } j=1,2,\dots,J, \quad t=T_{In}+1,\dots,T_{Gr}$$

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Ma}} d_{jt}}{\sum_{t=1}^T d_{jt}} \times \frac{T}{Ma} \right\}. \quad \text{for } j=1,2,\dots,J, \quad t=T_{Gr}+1,\dots,T_{Ma}$$

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^T d_{jt}}{\sum_{t=1}^T d_{jt}} \times \frac{T}{De} \right\}. \quad \text{for } j=1,2,\dots,J, \quad t=T_{Ma}+1,\dots,T$$

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^e \sum_{t=1}^{T_{In}} d_{jt}}{In}. \quad \text{for } j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T_{In}.$$

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^e \sum_{t=1}^{T_{Gr}} d_{jt}}{Gr}. \quad \text{for } j=1,2,\dots,J, \quad t=T_{In}+1,\dots,T_{Gr}.$$

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^e \sum_{t=1}^{T_{Ma}} d_{jt}}{Ma}. \quad \text{for } j=1,2,\dots,J, \quad t=T_{Gr}+1,\dots,T_{Ma}.$$

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{In}} d_{jt}}{De}. \quad \text{for } j=1,2,\dots,J, \quad t=T_{Ma}+1,\dots,T.$$

$$I_{jt}, q_{jt}, x_{jt} \geq 0, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T$$

第四章 具現金流量與之 MM-PLSP 及 PLC-PLSP 模式

在現實生活中，借貸儲蓄要計算利息，金錢與資本的價值因此隨著時間而變化，這種觀念也就是所謂的「貨幣時間價值(Time Value of Money)」。我們在日常生活中會遇到許多有關「貨幣時間價值」的問題，例如存款、貸款、債券價值、保險金、退休金、分期付款與租賃等事項。有鑑於此，近年來的許多傳統庫存模式問題的研究將貨幣時間價值所代表之貨幣投資 (investments)概念納入問題中探討。其中大部分的研究是在生產率(production rate)或生產成本(production cost)之間，以時間的不同來賦予不同計算的基準，並求出最佳的庫存結果[29][60]。

本研究前述所介紹的 EOQ、ELSP、CLSP... 等等，乃至於 PLSP，傳統上這些生產/庫存的模式批量排程的決策結果都在生產之整備成本與持有成本間做一最佳的平衡，並以最小總成本(整備成本+成有成本)為決策的目標依據，也就是所謂的成本導向的生產/庫存模式(cost-oriented production/inventory models)。然而，追求最小的總成本，只是評估庫存結果中主要的一種方法。而淨現值(net present value, NPV)評估方式，則是以未來所有現金流能夠最大化為目標，來評定庫存之結果，可稱為現金流量導向的生產/庫存模式(cash flow-oriented production/inventory models)。傳統的成本導向模式在決策評估過程中，對於不同時段中所應支付的資金較為遲鈍；而現金流導向的模式則對每一時段中的資本投資，在決策的過程中有較直接的考量。因此，採用現金流導向模式則能比傳統的成本導向模式，更能夠清楚的考量到庫存決策過程中的經濟效用(economic effect)[35]。Holfmann[35]則以 EPQ 庫存模式為基礎，比較納入現金流量(cash flow)考量下與原始 EPQ 模式下兩者的庫存結果，並得到現金流導向下之 EPQ 庫存模式的庫存成本都比原始 EPQ 庫存模式之庫存結果佳。

本研究將所發展的模式結合現金流的概念，發展一更兼具實

務的批量排程模式，來求出最佳資本支出(optimal capital expenditure)目標式下之最佳批量排程結果。

4.1 貨幣之未來值(future value, FV)與現值(present value, PV)

在現實情況中，每一筆的存款/投資都將隨著時間的增加，有著不同的報酬率或利率，而這利率或報酬率所代表的意義在於貨幣本身隨著時間的進行所應獲得的機會成本或物價波動的補償...等，也就是所謂的「貨幣時間價值」。若我們若在今年初投資/存款 1000 元，預計每一年的報酬率/利率固定為 10%，並以複利(compounding interest rates)計算，則未來 4 年內的金額變動狀況如圖 4- 1 所示。

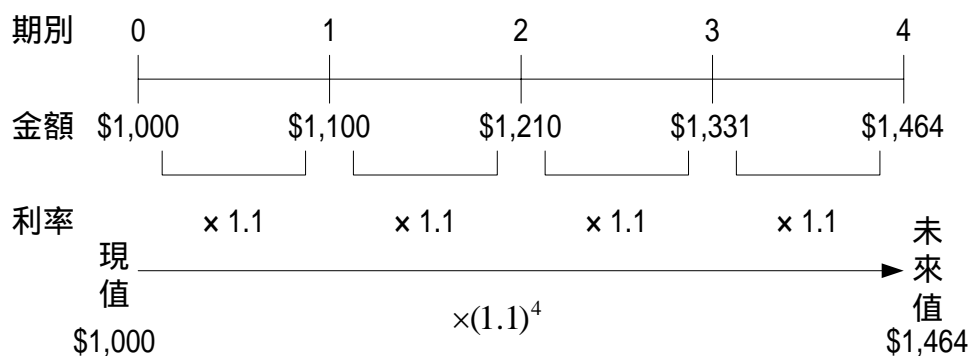


圖 4- 1 投資/存款之未來值變動情況

可由其中觀察出金額將會隨著時間的演進而增加，且其關係為

$$PV \times (1+i)^n = FV_n \quad (20)$$

其中，PV：現值；FV：未來值； i ：利率； n ：期數

式(20)中之 $(1+i)^n$ 稱為「未來值利率因子(Future Value Interest Factor, FVIF)」；當利率愈高時，時間拉長後，「未來值」就越大，可描繪

出此一現象。

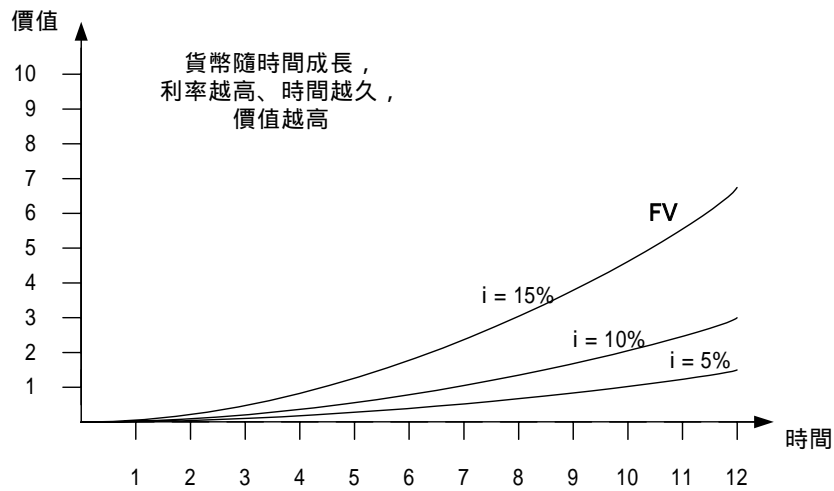


圖 4-2 未來值的變動

相對的，若我們計畫在第 4 年末時獲得 1000 元，則今年初我們所需投資的金額，如圖 4-3 所示

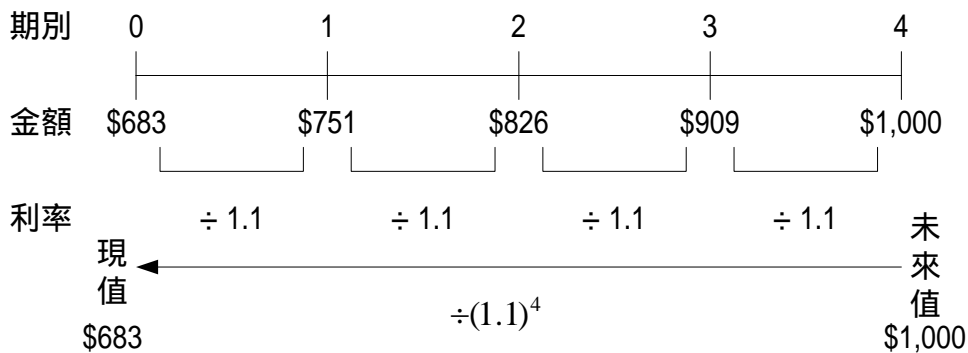


圖 4-3 投資/存款之現值折現情況

「現值」與「未來值」的關係可歸納演化得，

$$PV = FV_n \times \frac{1}{(1+i)^n} \quad (21)$$

其中， $\frac{1}{(1+i)^n}$ 稱為「現值利率因子(Present Value Interest Factor, PVIF)」。在折現得過程中，當利率(折現率)愈高，時間拉長後，「現

值」就會愈小。圖 4- 4 描繪出在不同利率(折現率)下之折現狀況。

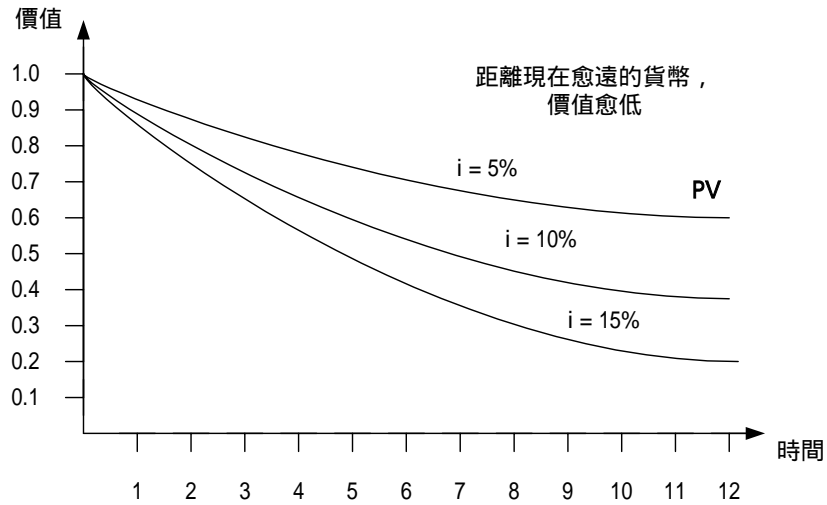


圖 4- 4 現值的變動

此外，為了能更實際的考慮到現實之狀況，本研究也將一併納入整備學習之狀況，並採用 Argote & Epple[2]與 Yelle[69]所歸納出之 power function 為基礎，來表現整備之學習狀態。power function 為

$$S_t = S_1 \times (t)^{-b} \quad \forall \{t | S_t \geq S_{\min}\} \quad (22)$$

其中， S_t ：時段 t 時之單位整備成本，\$/單位。

S_1 ：初期之單位整備成本，\$/單位。

S_{\min} ：最小之單位整備成本，\$/單位。

Ram & Thomas[61]由過去的相關文獻整理與求算出，最佳的 b 值為 0.321928，因此，power function 可由式(22)表示為

$$S_t = S_1 \times (t)^{-0.321928} \quad \forall \{t | S_t \geq S_{\min}\} \quad (23)$$

4.2 現金流量導向之多階 PLSP 與 PLC-PLSP 模式

由學者所提出之多階 PLSP 與本研究依據產品生命週期之定義與理論所發展之 PLC-PLSP 批量排程模式，在批量排程的決策過程所使用的是傳統之製造最小總成本為目標式，屬於傳統之成本導向生產/庫存模式(cost-oriented production/inventory models)。為了能夠讓 PLSP 更符合實際的精神與基礎，本研究融入現金流之概念，以各階段現金流折現的理論與技術，且把現實情況中之整的學習(learning in setups)納入考量，將原本以成本導向為決策基準的多階 PLSP 與 PLC-PLSP 模式，發展以現金流導向的生產/庫存模式(cash flow-oriented production/inventory models)，並以最小之資本支出(minimize capital expenditure)為決策之標準，求出最佳之批量排程結果。

4.2.1 現金流量導向之多階比例式批量排程問題 (cash flow-oriented MM-PLSP, CF-PLSP)

為了能凸顯現金流量的所照成之經濟效用對批量排程模式的影響，與現實環境中貨幣時間價值的效用，本研究以最小資本支出，取代原先之最小總成本決策目標式。因此，各時段所造成之成本支出，都將考量到貨幣的時間價值性，將各時段之成本以折現法計算最初之資本支出，並由遺傳演算法求解出最小資本支出下之最佳的批量排程結果。每一時段下之整備與持有成本如下

$$\text{每一時段之整備成本：} \sum_{j=1}^J \left(\frac{S_{jt} x_{jt}}{(1+i)^t} \right) \quad \text{for } t = 1, 2, \dots, T. \quad (24)$$

$$\text{每一時段之持有成本：} \sum_{j=1}^J \left(\frac{h_j I_{jt}}{(1+i)^t} \right) \quad \text{for } t = 1, 2, \dots, T. \quad (25)$$

$$\text{多產品之單位之整備成本：} S_{jt} = S_{j1} \times (t)^{-0.321928} \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, J. \quad (26)$$

因此，cash flow-PLSP 之整合規劃模式之目標式由式(1)之最小總

成本，變成為最小資本支出。如式(27)所示

$$\text{Min} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T \left[\left(\frac{s_{ji} x_{jt}}{(1+i)^t} \right) + \left(\frac{h_j I_{jt}}{(1+i)^t} \right) \right] \quad (27)$$

Subject to

$$I_{jt} = I_{j(t-1)} + q_{jt} - d_{jt} - \sum_{i \in \beta_j} a_{ji} q_{it}, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T$$

$$I_{jt} \geq \sum_{i \in \beta_j} \sum_{\tau=t+1}^{\min\{t+v_j, T\}} a_{ji} q_{i\tau}, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T-1,$$

$$\sum_{j \in \alpha_m} y_{jt} \leq 1, \quad m=1,2,\dots,M, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$x_{jt} \geq y_{jt} - y_{j(t-1)}, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$p_j q_{jt} \leq C_{mj} \left(y_{j(t-1)} - y_{jt} \right), \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$\sum_{j \in \alpha_m} p_j q_{jt} \leq C_{mt}, \quad m=1,2,\dots,M, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$y_{ij_t} \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,I, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T$$

$$S_{jt} = S_{j1} \times (t)^{-0.321928} \quad \text{for } t=1,2,\dots,T.$$

$$I_{jt}, q_{jt}, x_{jt} \geq 0, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T$$

4.2.2 現金流量導向之 PLC-PLSP(cash flow-oriented PLC-PLSP)

綜合上述現金流量與整備學習情況後，搭配本研究先前所發展之 PLC-PLSP 模式。本研究將原本之多階 PLSP 批量排程模式，基於實務上之考量與理論上之探討後，賦予不同之產品生命週期階段策略考量、現金流量與整備學習機制後，所發展之整合規劃模式。目的在於讓批量排程模式能夠是產品於市場中的角色與地位給予適當的生產策略規劃。並考量實務上貨幣時間價值與整備學習的因素，讓批量排程模式不僅僅只是在生產面的最佳化，而能進一步整合市場端與財務的考量，發展一更兼具理論與實務之批量排程模式。其整合規劃模式如下。

目標式
$$\text{Min} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T \left[\left(\frac{s_{jt} x_{jt}}{(1+i)^t} \right) + \left(\frac{h_j I_{jt}}{(1+i)^t} \right) \right]$$

Subject to

$$I_{jt} = I_{j(t-1)} + q_{jt} - d_{jt} - \sum_{i \in \beta_j} a_{ji} q_{it}, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T$$

$$I_{jt} \geq \sum_{i \in \beta_j} \sum_{\tau=t+1}^{\min\{t+v_j, T\}} a_{ji} q_{i\tau}, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T-1,$$

$$\sum_{j \in \alpha_m} y_{jt} \leq 1, \quad m=1,2,\dots,M, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$x_{jt} \geq y_{jt} - y_{j(t-1)}, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$p_j q_{jt} \leq C'_{mt} (y_{j(t-1)} - y_{jt}), \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$\sum_{j \in \alpha_m} p_j q_{jt} \leq C'_{mt}, \quad m=1,2,\dots,M, \quad t=1,2,\dots,T,$$

$$y_{ij_t} \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,I, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T$$

$$S_{jt} = S_{j1} \times (t)^{-0.321928} \quad \text{for } t=1,2,\dots,T.$$

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{i=1}^{T_m} d_{jt}}{\sum_{i=1}^{t-1} d_{jt}} \times \frac{T}{In} \right\}. \quad \text{for } j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T_m$$

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Gr}} d_{jt}}{\sum_{t=1}^T d_{jt}} \times \frac{T}{Gr} \right\}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{In}+1,\dots,T_{Gr}.$$

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Ma}} d_{jt}}{\sum_{t=1}^T d_{jt}} \times \frac{T}{Ma} \right\}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{Gr}+1,\dots,T_{Ma}$$

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^T d_{jt}}{\sum_{t=1}^T d_{jt}} \times \frac{T}{De} \right\}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{Ma}+1,\dots,T$$

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{In}} d_{jt}}{In}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=1,2,\dots,T_{In}.$$

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Gr}} d_{jt}}{Gr}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{In}+1,\dots,T_{Gr}.$$

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Ma}} d_{jt}}{Ma}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{Gr}+1,\dots,T_{Ma}.$$

$$0 \leq q_{jt} \leq n_j \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{In}} d_{jt}}{De}. \text{ for } j=1,2,\dots,J, t=T_{Ma}+1,\dots,T.$$

$$I_{jt}, q_{jt}, x_{jt} \geq 0, \quad j=1,2,\dots,J, t=1,2,\dots,T$$

本研究發展此模式之用意在於，讓批量排程模式能依不同產品生命週期階段中，融入不同之市場策略與考量。搭配產品生命週期分析的結果，賦予不同之策略性考量。並考量實務上貨幣時間價值(Time Value of Money)及整備學習(Learning in Setups)之理論與應用，發展不同因素考量下之批量排程模式。讓批量排程模式能更符合實際之應用與並進一步成為整合生產、市場與財務之批量排程模式。

第五章 遺傳演算法於各多階 PLSP 模式之應用

在前述各多階 PLSP 模式探討後，對於各模式的求解作法，本研究以遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA)的概念來設定在各因素考量下之批量排程問題求解模式，其運作的過程及方式大致如圖 5-1。

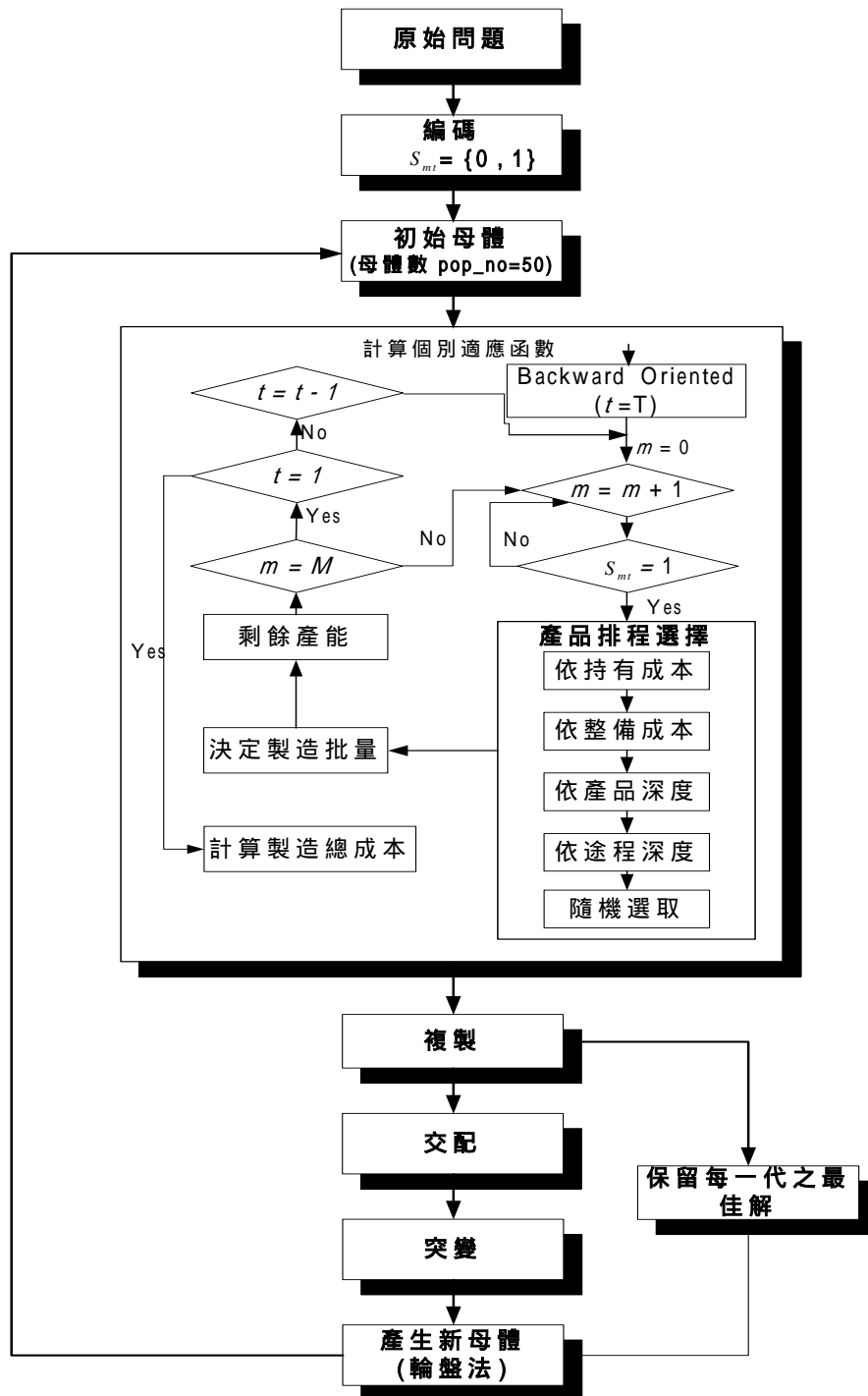


圖 5-1 遺傳演算法之演化流程圖

本研究根據遺傳演算法的理論所設計多階 PLSP 求解模式, 基本上的操作過程包括幾個重要的步驟：一、編碼(coding)；二、產生初始基本解，並決定母體的大小(population size)；三、根據問題的特性，選定排程之產品並計算各染色體之適應函數(fitness function)；四、執行基因操作(genetic operations)，包含各母體間之複製、交配與突變等步驟；五、產生新母體，並視演化代數之多寡，重複執行遺傳演算法之步驟。以下針對各項加以詳細說明。

5.1 編碼

本研究中遺傳演算法個體基因的編碼方式，是以每一染色體(chromosome)的基因(gene)代表機台在不同時間下的整備與否，並採二進位(binary)表示法，1 為整備 0 為不整備。我們將之定義為 S_{mt} ，其染色體長度為 $M \times T$ ，其中每個基因都可重複。 S_{mt} 之表現方式如表 5-1 所示。

階段	1	2	3	4	5	.	$M \times T$
基因	0	1	0	1	1		0

表 5-1 S_{mt} 之染色體體基因編碼示意圖

5.2 初始母體

初始基本解的產生，可為隨機產生，或由啟發式解產生。為了讓在開始搜尋時，對於每一個狀態空間(state space)都有同等的機會，本研究將採用隨機的方式來產生初始族群。產生初始母體前，必須先決定母體的大小，過大會耗費過多的計算時間，太小則有太早收斂之虞。基於上述的考量，本研究將初始母體與母體大小皆設定為 50(pop_no=50)，亦即母體包含 50 組 S_{mt} ，其中每組 S_{mt} 皆代表一組問題的可行解，接著再從各 S_{mt} 間多方向的演化，產生較佳的下一代。

5.3 計算個別適應函數

5.3.1 產品整備與排程之選擇標準

本研究之排程模式是採由後往前推(backward-oriented)的方式，亦即由最後一個階段($t=T$)開始，並向前逐一考量($t=T-1, T-2, \dots, 1$)，做出最佳的排程選擇。此外，由於初始解之設計是以機台之整備(S_m)染色體，因此當機台的隨機解為整備狀態($S_m = 1$ for $m = 1, 2, \dots, M, T = T, T-1, \dots, 1$)時，如何去選擇最適合的產品來製造與排程，將是本節所討論的重點。在介紹如何去選擇產品之前，先將相關參數先做一定義：

表 5- 2 Parameters for the selection rules

Symbol	Definition
CD_{jt}	Cumulative demand for item j is not been met yet in period t , where $CD_{jt} = \sum_{\tau=t}^T d_{j\tau} - \sum_{\tau=t+1}^T q_{j\tau}$, $CD_{j(T+1)} = 0$.
nr_j	The net requirement of item j , where $nr_j = \sum_{\tau=1}^T d_{j\tau}$.
pat_j	The path to an item j .
dep_j	The depth of an item j .
IS_i	The set of items are selected by select rule i .

為了讓批量排程之結果能有更佳的结果產生，本研究在選擇產品的標準方式共有五項，依選擇標準順序，依序為持有成本、整備成本、製造深度、產品製造長度與隨機選擇等，讓越關鍵之因素能越早被考量(如持有成本的考量優先於製造深度的考量)，以進一步搭配遺傳演算法之應用，找出更佳之批量排程結果。在同一標準選擇裡，若有 2 項以上之產品被選擇，則將這些相同選擇標準之產品，以下一個標準來評定選擇，並依此類推(δ_1 δ_2 δ_3 δ_4 δ_5)。

選擇標準 δ_1 :以最小持有成本(holding costs)為基準

本項的選擇標準,是以產品所可能引發之持有成本為評定之依據,其執行步驟為下:

步驟一:選出有實質需求且可在此機台上製造之產品

$$\alpha_{mt} = \left\{ j \in \alpha_m \mid CD_{j(t+1)} > 0 \right\} \cap \left\{ j \in \alpha_m \mid nr_j - \sum_{\tau=t+1}^T q_{j\tau} > 0 \right\}. \quad (28)$$

α_{mt} 為時段 t 時,可在機台 m 上製造,且有未滿足需求之產品集合(set)。此步驟主要目的在於在所有產品中,先將不符合條件之產品與無實質需求之產品剔除,以免選出之產品實質上並不需要在此階段中製造。再將在此階段中符合之產品,進行比較。

步驟二:評定符合步驟一要求之產品所可能引發之持有成本

此步驟之評定基本假設在於最小成本得考量下,希望產品 j 之所有直接後繼(immediate successor)產品 i 皆可在下一期($t=t+1$)時,順利完成製造。因此,若產品 j 無法在這一階段完成製造,勢必引發產品 i 無法如期製造,則將引發產品 j 的所有後繼產品發生持有成本。並依此考量,選擇出所引發持有成本最大之產品,優先排程。

$$S_{jmt} \in \left\{ i \in \alpha_{mt} \mid h_i CD_{i(t+1)} = \max \left\{ j \in \alpha_{mt} \mid h_j CD_{j(t+1)} \right\} \right\}. \quad (29)$$

其中 S_{jmt} 為產品 j 於時段 t 時,排入機台 m 中生產整備狀態(二進位值,1 整備,0 為不整備)。式的功用即選擇所可能引發持有成最大者本,為排程之對象,並將這些產品定義 IS_{δ_1} 。若同時有兩個以上之產品符合最大持有成本之選擇標準(IS_{δ_1} 之長度 2),則將之交由選擇標準 δ_2 執行選擇,。

選擇標準 δ_2 ：以整備成本(setup costs)為基準

此項選擇標準，是以最小化整備成本為目的，去找出適合的產品來排入生產。整備成本是由產品之整備所引起，假若產品在連續之不同時段中於同一機台連續整備，則將不會引起額外之整備成本。亦即若產品 j 於連續時段中、同一機台下有 2 次以上之連續整備，則產品 j 之整備成本只需計算一次(連續時段中，最早的一次)。因此，基於上述之目的，此項選擇標準則希望在下一期($t+1$)有整備者，能優先列入選擇考量。並依下列步驟執行選擇

步驟一：找出上一期在同一機台上有整備之產品，並找有實質需求者。

$$S_{jm(t+1)} = 1 \quad \text{for } j = P_{\delta_1}. \quad (30)$$

將符合式(30)者，藉由式(31)，找出有實質需求者。此外，若由 δ_1 選擇標準之產品(P_{δ_1})之 $S_{jm(t+1)}$ 皆為 0(即此項選擇標準對 IS_{δ_1} 無法評定)，則略過此項選擇標準，且令 $IS_{\delta_2} = IS_{\delta_1}$ 。

$$\alpha_{mt} = \left\{ j \in \alpha_m \mid CD_{j(t+1)} + d_{jt} > 0 \right\} \cap \left\{ j \in \alpha_m \mid nr_j - \sum_{\tau=t+1}^T q_{j\tau} > 0 \right\}. \quad (31)$$

步驟二：選擇排程產品

在經由上述步驟的篩選後，已將不符合的產品剔除。所以在連續整備之前提下，選出整備成本最小者，為整備產品

$$S_{jmt} \in \left\{ i \in \alpha_{mt} \mid s_i = \min \left\{ j \in \alpha_{mt} \mid s_j \right\} \right\}. \quad (32)$$

並將這些產品定義 IS_{δ_2} 。若同時有兩個以上之產品符合最小整備成本之選擇標準(IS_{δ_2} 之長度 = 2)，則將之交由選擇標準 δ_3 執行選擇。

選擇標準 δ_3 : 以產品製造深度(depth)為基準

此選擇標準之目的在於選出深度最大的產品來進行製造整備。因為，為了要避免不理解的產生，若能將關連性較強(深度較長)之產品製造完成，則勢必能減少不理解的產生。假設產品之製造結構如圖 5- 2 所示，則 $dep_1 = 4$ 、 $dep_2 = 3$ 、 $dep_3 = 2$ 與 $dep_4 = 1$ 。

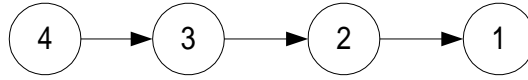


圖 5- 2 產品之製造結構

因此，其選擇為

$$S_{jmt} = \left\{ i \in \alpha_{mt} \mid dep_i = \max \left\{ j \in \alpha_{mt} \mid dep_j \right\} \right\}. \quad (33)$$

並將這些產品定義 IS_{δ_3} 。若同時有兩個以上之產品符合最小整備成本之選擇標準(IS_{δ_3} 之長度 ≥ 2)，則將之交由選擇標準 δ_4 執行選擇。

選擇標準 δ_4 : 以產品製造途程長度(number of predecessors)為基準

此選擇標準與 δ_3 之立足點相似，都是基於避免不理解的產生，但此選擇標準是以生產結構之整體長度來考量。因此，若 IS_{δ_3} 之長度依然 ≥ 2 時，則以此標準選擇。假設產品之製造結構同圖 5- 2 一樣，則 $pat_1 = pat_2 = pat_3 = pat_4 = 4$ 。

$$S_{jmt} = \left\{ i \in \alpha_{mt} \mid |pat_i| = \max \left\{ j \in \alpha_{mt} \mid |pat_j| \right\} \right\}. \quad (34)$$

選擇出之結果定義為 IS_{δ_4} ，若 $IS_{\delta_4} \geq 2$ 時，則交由選擇標準 δ_5 做最後的選擇。

選擇標準 δ_5 : 隨機選取

此一標準之功用，在於當前述四項選擇標準 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 與 δ_4 都

無法選出唯一之最佳製造整備對象時，則對 IS_{δ_3} 中，通過前四項選取標準之產品，做隨機性之選取。

5.3.2 適應函數

演算法的結果將是反應適應函數所期望的結果，若適應函數設定的理想，結果就好；反之，適應函數定的不恰當，結果就會有偏差。本研究所設計之適應函數為有最小總成本，如式()所示。所得之明確平均總成本或最大利潤即為適應函數值。應用遺傳演算法在求解「最佳化問題」之前，須將所遇到的問題轉化為適應函數，適應函數代表著系統對外在環境的適應能力，也就是遺傳演算法的性能指標。適應函數值越佳者(總成本越小)越有被選取的機會；反之，適應函數值越差(總成本越大)的越容易被淘汰。

5.4 複製

在遺傳演算法中選取個體來產生下一子代，我們稱為複製，根據每個個體的適應程度，來決定該個體被複製的機率。適應函數值越高者，被選到複製的機率就越高。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(17)所示，由於本研究是求最小化之問題，所以 $f(x_i)$ 越大者，其被選取之機率將越小。

$$P(x_i) = \frac{1/f(x_i)}{\sum_{i=1}^n 1/f(x_i)} \quad (35)$$

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。

5.5 交配

在進行交配運算子設計時本研究所採用的是雙點交配。由要進行交配的個體中任選隨機產生兩個位置 P1 與 P2，然後在個體一中與個體二中找出位置 P1 與 P2，並將個體一與個體二位置 P1 與 P2 之間的所有值互調。舉例來說，若目前有兩個個體其產生的值如下：

染色體一：	0	1	0	1	1	...	0
染色體二：	1	1	0	0	0	...	1

圖 5-3 交配前個體基因圖

假設隨機產生之 P1 和 P2 分別為 2 與 4，則分別將個體一與個體二位置 2 與 4 之間的所有值互換，即可獲得新的子代的個體。

染色體一：	0	1	0	0	1	...	0
染色體二：	1	1	0	1	0	...	1

圖 5-4 交配後個體基因圖

5.6 突變

在進行突變運算子設計時，本研究所採用的是由要進行突變的個體中任選一位置 P，將該位置的基因值取出，並且在該位置的上下界之間隨機任取一個值，由此值取代先前的值，即可成為一突變後的新個體。舉例來說，若一個體的上下界及編碼如下，隨機產生一個突變點位置 P=3，再由個體位置 P=3 的上下界中隨機產生一個值，來取代之之前位置 P=3 的值，即可得突變後的新子代個體。

突變前：	0	1	0	1	1	...	0
突變後：	0	1	1	1	1	...	0

圖 5-5 個體基因突變示意圖

5.7 條件設定

在遺傳演算法正常執行下，群體演化過程趨向於全域最佳解。如何判斷系統是否已經收斂、何時能停止演化、或目標式否達成，常用的方式有下列幾個方法：

(1) 演化代數: 直接設定演化幾代即停止演算。至於應該幾代才適合需視問題複雜度及資料量而定。

(2) 演化時間: 直接設定演化的時間，到達後即停止演算。

上述兩種終止條件無法確定是否已達最佳解。所以，本研究預計當最佳解經幾個世代的演化而無改變時，即可視為找到最佳解。

此外，為了因應本研究所可能遭遇之問題的資料結構，本研究預計再增加一項功能，即是當搜尋過程中連續 N 代所找到的值皆相同時(搜尋可能落入區域解)，系統便會開始增加其突變及交配機率，直到跳脫區域解時系統才會再回到初始所定義的交配及突變機率。另外還有增加一功能為當系統開始增加突變及交配機率後，系統會設定一機率上限，當某次搜尋之突變或交配機率到達設定上限時，系統便會結束搜尋作業。在本研究中，對於上述交配、突變的上限及機率增加的單位值列於表 5-3 中。

表 5-3 遺傳演算法中機率修正模式相關參數設定值

參數	參數值
交配機率增加上限	0.9
突變機率增加上限	0.3
交配機率增加單位值 C_i 其中：GEN 為代數	$C_i = \frac{0.9 - 0.6}{GEN}$
突變機率增加單位值 M_i 其中：GEN 為代數	$M_i = \frac{0.3 - 0.2}{GEN}$

第六章 數據實證

6.1 個案假設

B 公司為一產品製造商，計畫在未來的 10 個時間區段中(月、週)，陸續推出產品 1 與產品 2 進入市場。其中產品 1 在一開始就推出上市，而產品 2 計畫在時段 3 時上架。在其經過企業產品歷史銷售資料分析、市場資料收集與市場銷售分析後，預測出產品 1 與產品 2 之需求量，如表 6-1。

表 6-1 銷售預測資料

時段 \ 產品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	5	10	15	25	35	40	30	20	0	0
產品 2	0	0	0	10	20	30	35	50	30	20

此外，在產品製造方面，產品 1 與產品 2 在製造上之結構，如圖 6-1 所示。製造產品 1 時，尚須物件 3、4 各一件的支援來製造完成；產品 2 則由需要物件 4、5，而其中物件 5 需一件 6。

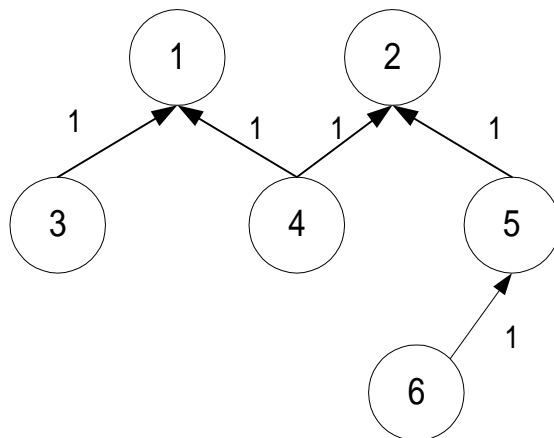


圖 6-1 Gozinto-structure for manufacturing

B 公司產品製造方面之相關參數值，如表 6- 2 之設定。

表 6- 2 產品製造相關參數

Items Parameters	1	2	3	4	5	6
產品整備成本 s_j (產品/每次)	10	10	10	10	10	10
產品持有成本 h_j (產品/時段)	3	3	2	2	2	2
產能需求 p_j (每一產品)	1	1	1	1	1	1
前置時間 v_j	1	1	1	1	1	1
初始庫存 I_{j0}	0	0	0	0	0	0
機台初始整備 y_{j0} (Binary)	0	0	0	0	0	0

此外，B 公司共有 3 台機器從事此類產品之生產工作，每一機台在每一時段裡，皆有 80 之產能，即 $C_{1t} = C_{2t} = C_{3t} = 80$ 。每一機台與各產品間之製造關係 m_j 如表 6- 3。其中， $m_j = 1$ 表是產品 j 可在機台 m 上生產；反之， $m_j = 0$ 表機台 m 無法從事生產產品 j 。

表 6- 3 產品與機台之生產關係

Items Machines	1	2	3	4	5	6
1	1	1	0	1	1	1
2	1	1	1	1	1	0
3	1	1	1	0	1	1

6.2 各模式於遺傳演算法之最佳批量排程結果

本研究利用 MATLAB 為模式解題與運算工具，並根據不同策略因素與考量在多階 PLSP 之應用，以遺傳演算法的概念構建整體的求解過程，以各模式下之整合規劃模式建構出四種不同模式之多階 PLSP 批量排程模組，分別對各模式給予不同之演化代數(由 100 代、200 代、500 代與 1000 代...等等)之設定，讓各模式在不同代數演化下之結果進行比較，並求出各模式下之最佳批量排程結果。在經過程式多次之重複求解之後，本研究將各模式之最佳(總成本最小)批量排程結果如表 6-4：

表 6-4 各模式最佳解之染色體

		各模式下之最佳染色體(機台整備狀況 S_{mt})										
		機台	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
	3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
C	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
	3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

M：原始多階 PLSP(MM-PLSP)模式

P：產品生命週期階段策略下之 PLSP-MM 模式(PLC-PLSP)

C：現金流量導向之多階 PLSP 模式(CF-PLSP)

CP：現金流量導向之 PLC-PLSP(cash flow-oriented PLC-PLSP)

6.2.1 MM-PLSP 模式排程相關結果

MM-PLSP 模式為原始之批量排程模式，根據個案之資料輸入 MM-PLSP 遺傳演算法重複求解後，最佳批量排程相關結果如下：

1. 產品與機台在不同時間下之最佳整備狀況 y_{jt}

最佳解之各機台排程過程中，各產品之製造整備情況之 y_{jt} （二進位表示，1：整備；0：不整備），及其選用產品排程所使用之規則結果如表 6-5 所示。

表 6-5 MM-PLSP 模式之最佳製造整備狀況

機台	產品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1(δ_2)	1(δ_3)	0	1(δ_5)	0	1(δ_5)	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(δ_2)
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1(δ_1)	0	0	0	0	0	0	0	1(δ_1)	0
	5	0	0	1(δ_1)	0	1(δ_1)	0	1(δ_1)	0	0	1(δ_3)
	6	0	0	1(δ_1)	0	1(δ_1)	0	1(δ_1)	0	1(δ_1)	0
2	1	0	0	1(δ_3)	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	1(δ_2)	1(δ_2)	1(δ_2)	1(δ_2)	1(δ_2)	1(δ_2)	0
	3	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	0	1(δ_1)	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	1(δ_1)	0	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	1(δ_1)	0	1(δ_1)	1(δ_1)	1(δ_1)	0

2. 產品在不同時間下於各機台發生整備工作之狀況 x_{jt}

各產品於滿足需求與達到最小總成本的前提，根據 MM-PLSP 模式所產生之產品整備狀況 x_{jt} ，如表 6-6 所示。

表 6-6 產品之最佳整備工作發生狀態

機台	產品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
	6	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0

因此，整備總成本 = $\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T s_j x_{jt} = 310$

3. 滿足需求下之最佳批量排程結果 q_{jt}

各產品在面對已知需求的情況下，以遺傳演算法重複求解後，於各時段之製造排程結果如表 6- 7 所示。

表 6- 7 MM-PLSP 模式最佳批量排程結果

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	5	10	25	70	0	70	0	0	0	0
產品 2	0	0	0	10	40	10	35	50	30	20
產品 3	5	10	25	70	0	70	0	0	0	0
產品 4	5	10	25	80	40	80	35	50	50	0
產品 5	0	0	10	0	50	0	55	30	30	20
產品 6	0	0	10	0	50	0	55	30	50	0

4. 最佳批量排程結果所造成之庫存狀況 I_{jt}

最佳排程結果面對需求所造成之庫存狀況如表 6- 8 所示。

表 6- 8 MM-PLSP 模式最佳庫存結果

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	0	0	10	55	20	50	20	0	0	0
產品 2	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
產品 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
產品 4	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
產品 5	0	0	0	10	0	10	0	20	0	0
產品 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20

$$\text{庫存總成本} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T h_j I_{j_i} = 685$$

所以可從上述數據結果中計算出, MM-PLSP 之最小製造總成本 = 整備總成本+庫存總成本 = 310 + 685 = 995。

5. 最佳解(最小總成本)收斂過程

應用遺傳演算法於 MM-PLSP 解題過程中, 最佳解收斂於 177 代, 其收斂趨勢如圖 6- 2 所示。

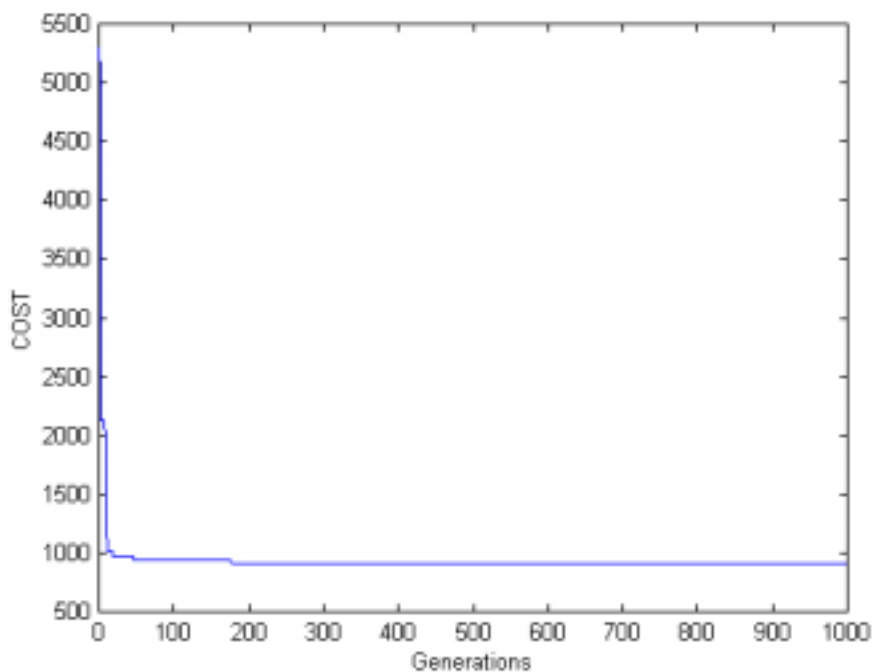


圖 6- 2 MM-PLSP 模式之最小製造總成本收斂過程

6.2.2 PLC-PLSP 最佳批量排程相關結果

為了能將依據產品生命週期階的市場特性，導入不同生產策略於 MM-PLSP 模式中，必須先進行產品之生命週期階段界定工作，再將界定之結果與策略之應用，與原先之 MM-PLSP 模式發展為 PLC-PLSP 模式，再依遺傳演算法之概念，求解出最佳之批量排程結果。

I. 產品生命週期階段界定

根據個案之資料，企業產品總體需求情況如表 6-9。

表 6-9 企業外部總體需求

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	5	10	15	25	35	40	30	20	0	0
產品 2	0	0	0	10	20	30	35	50	30	20
總體 (1+2)	5	10	15	35	55	70	65	70	30	20

在企業總體需求狀況計算後，將產品之總體需求數值予以不同之數值分析方式，並經由各分析項目之相互比較與分析，界定出產品生命週期之導入期、成長期、成熟期與衰退期。各項數值分析項目之分析結果如表 6-10，各分析項目之數值趨勢如圖 6-3。

表 6-10 產敏生命週期階段數值分析

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
單點變化量	5	5	5	20	20	15	-5	5	-40	-10
兩點移動平均值	2.5	7.5	12.5	25	45	62.5	67.5	67.5	50	25
三點移動平均值	5	10	20	35	53.3	63.3	68.3	55	40	16.7

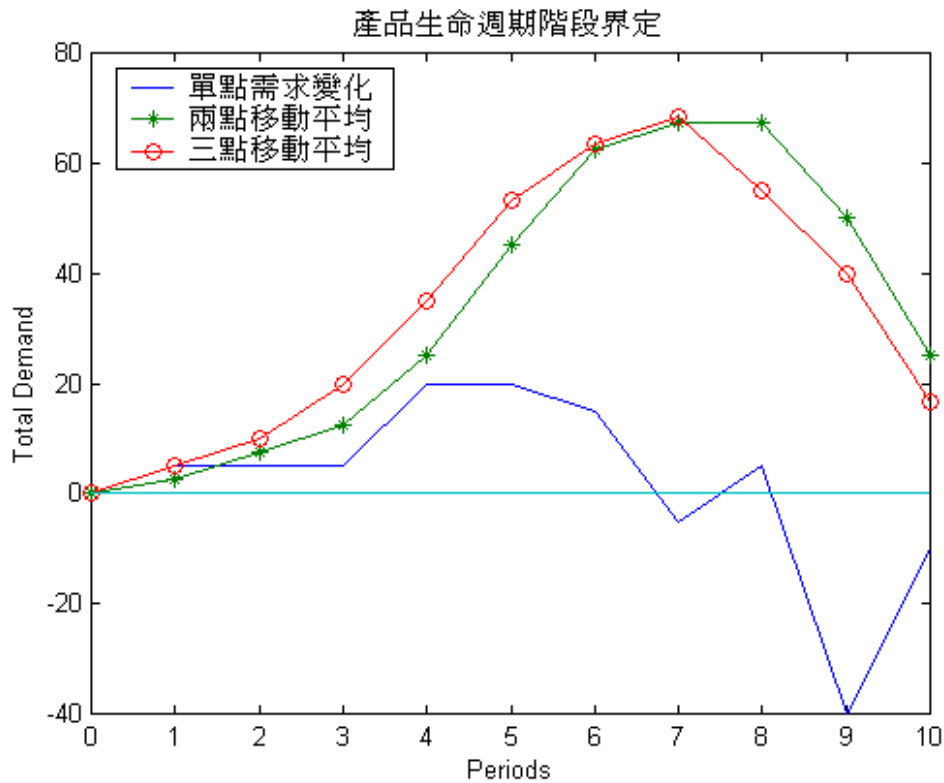


圖 6-3 階段界定數值分析圖

經過三種數值分析過後，將各分析數值之變化，繪製成，並由其各種分析數的趨勢變化，將產品生命週期階段分析過程如下：

1. 導入期：0~3(時段 1、時段 2 與時段 3)。首先，從單點需求變化的趨勢線中，可有看出總體之需求在此階段中，呈現增加之走勢，但增強力道平緩；此外，在兩點移動平均與三點移動平均的趨勢線於此階段中也呈現緩慢的增加，並於第 3 點時，開始呈現急速之轉折，故將此階段(0~3)界定為產品生命週期之導入期。

2. 成長期：3~6(時段 3、時段 4 與時段 6)。在此階段中，單點間之需求變化在第 3 點出現大幅度之轉折，且兩點移動平均與三點移動平均之走勢也呈陡峭之正成長走勢，直到第 6 點時才呈現趨緩之態勢。此階段的數值變化情況，符合產品生命週期理論中成長期的特徵與描述，因此，本研究將此階段(3~6)定義為成長期。

3. 成熟期：6-8(時段 7 與時段 8)。在此階段中，單點需求變化走勢開始出現明顯下降之轉折點，即表示產品總體需求狀況增加開始趨緩，並在第 8 點後需求變化狀況亦值維持在負的狀態中(總體需求持續減少)；另外，從兩點移動平均與三點移動平均的走勢中可看出，產品總體需求狀況到達頂點後開始下降，並於第 8 點急速下降。故視產品生命週期中成熟期之特徵，將此階段定義為成熟期。
4. 衰退期：8-10(時段 9 與時段 10)。在此階段中，需求之變化情況一直維持衰退之狀態(小於 0)，也就是產品總體需求持續的下降直到最後。而兩點移動平均與三點移動平均的趨勢也如同需求變化趨勢所敘述的狀況，故將此定義為衰退期。

因此，總和上述之分析，產品生命週期之階段界定結果如圖 6-4 所示。

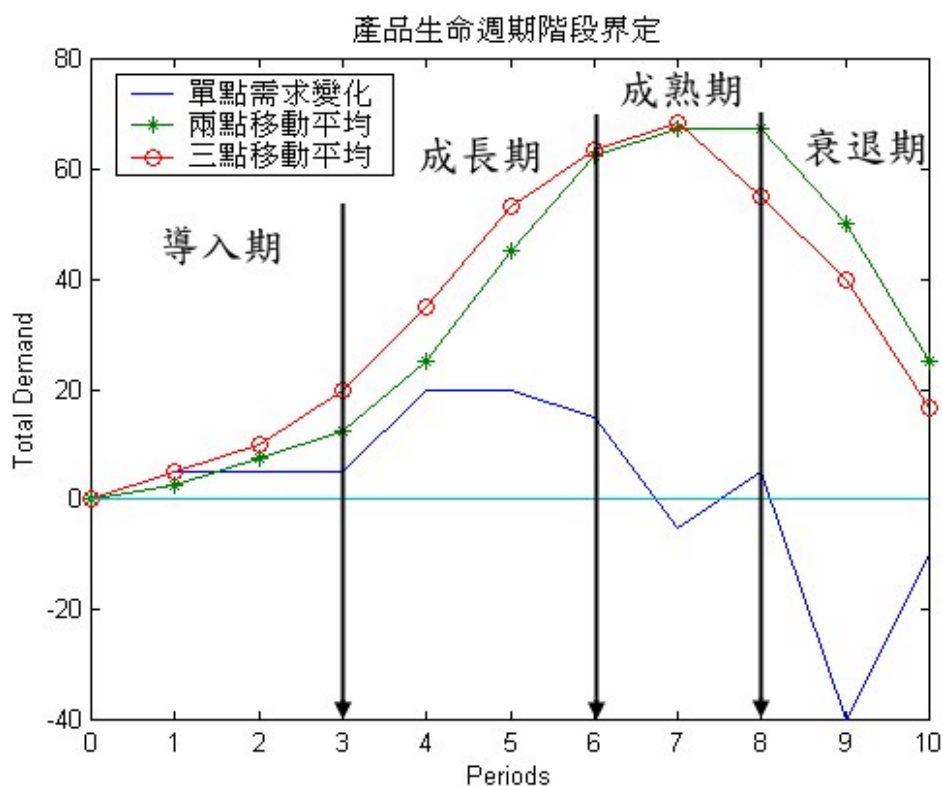


圖 6-4 企業產品生命週期階段界定結果

II. 產能與批量之限制

在根據市場端需求之變化情形與產品生命週期階段的特性，本研究在產品生命週期階段界定後，對各階段之產能設定由原先之常數，對各階段之產能限制狀況為

1. 導入期：每一機台可使用之產能由原先之 80，調整為

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{In}} d_{jt}}{T} \times \frac{T}{In} \right\} = \min \{80, 21.33\}$$

$$= 21.33 \cong 21. \text{ for } t = 1, 2, 3. \ m = 1, 2, 3.$$

2. 成長期：每一機台可使用之產能由原先之 80，調整為

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Gr}} d_{jt}}{T} \times \frac{T}{Gr} \right\} = \min \{80, 113.78\} = 80. \text{ for } t = 4, 5, 6. \ m = 1, 2, 3.$$

3. 成熟期：每一機台可使用之產能由原先之 80，調整為

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^{T_{Ma}} d_{jt}}{T} \times \frac{T}{Ma} \right\} = \min \{80, 144\} = 80. \text{ for } t = 7, 8. \ m = 1, 2, 3.$$

4. 衰退期：每一機台可使用之產能由原先之 80，調整為

$$C'_{mt} = \min \left\{ C_{mt}, C_{mt} \times \frac{\sum_{t=1}^T d_{jt}}{T} \times \frac{T}{De} \right\} = \min \{80, 53.33\}$$

$$= 53.33 \cong 53. \text{ for } t = 9, 10. \ m = 1, 2, 3.$$

此外，階段策略下之批量上限的計算，循式(16)~(19)的公式計算後，各產品在不同階段下之批量限制如表 6- 11 所示。

表 6- 11 各階段之生產批量上限

	時間									
	導入期			成長期			成熟期		衰退期	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	10	10	10	53	53	53	67	67	25	25
產品 2	10	10	10	53	53	53	67	67	25	25
產品 3	10	10	10	53	53	53	67	67	25	25
產品 4	20	20	20	106	106	106	134	134	50	50
產品 5	10	10	10	53	53	53	67	67	25	25
產品 6	10	10	10	53	53	53	67	67	25	25

III. 階段策略應用下之最佳批量排程結果

1. 產品與機台在不同時間下之最佳整備狀況 y_{jt} :

在階段界定與生產策略之制訂後，經過遺傳演算法不同演化代數設定計算後，PLC-PLSP 之各機台排程過程中，最小總成本之產品整備情況 y_{jt} (二進位表示，1：整備；0：不整備)，及產品被選擇整備時所使用之規則，如表 6- 12。

表 6- 12 PLC-PLSP 模式最佳製造整備狀況

機台	產品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_5)$	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_1)$
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	0	0	0	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_3)$
	6	0	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	0
	3	0	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	$1(\delta_5)$	0	$1(\delta_1)$	0	0	0	0	0	0	0
	4	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0
	5	0	0	0	$1(\delta_5)$	$1(\delta_5)$	0	$1(\delta_5)$	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0

2. 產品在不同時間下於各機台發生整備工作之狀況 x_{jt} :

PLC-PLSP 模式以最小總成本為決策目標所產生之最佳整備工作情況如表 6- 13。

表 6- 13 產品之最佳整備工作發生狀態 x_{jt}

機台	產品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	6	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
	3	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

根據整備工作之狀況，可計算出整備總成本 $= \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T s_j x_{jt} = 300$

3. 滿足需求下之最佳批量排程結果 q_{jt}

各產品在面對已知需求的情況下，以遺傳演算法重複求解後，於各時段之製造排程結果，如表 6- 14。

表 6- 14 PLC-PLSP 模式最佳批量排程結果

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	9	10	11	25	35	40	50	0	0	0
產品 2	0	0	0	10	20	35	30	55	25	20
產品 3	9	11	10	25	35	40	50	0	0	0
產品 4	12	7	11	35	55	80	75	55	45	0
產品 5	0	0	0	30	30	0	35	57	23	20
產品 6	0	0	10	20	30	35	0	57	43	0

4. 最佳批量排程結果所造成之庫存狀況 I_{jt} :

最佳排程結果面對需求所造成之各產品於各時段下之庫存狀況，如表 6- 15 所示。

表 6- 15 PLC-PLSP 模式最佳庫存結果

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	4	4	0	0	0	0	20	0	0	0
產品 2	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0
產品 3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
產品 4	3	0	0	10	0	0	0	0	20	0
產品 5	0	0	0	25	30	0	0	2	0	0
產品 6	0	0	10	20	30	35	0	0	20	0

$$\text{庫存總成本} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T h_j I_{j_i} = 526$$

所以，PLC-PLSP 之最小製造總成本 = 整備總成本+庫存總成本
= 300 + 526 = 826。

5. 最佳解(最小總成本)收斂過程：

PLC-PLSP 模式於遺傳演算法求解過程中，最佳解的趨勢圖如圖 6- 5 所示，最佳解收斂在第 613 代(由於在第 613 代時變化值過小，因此於圖中無法清楚看出其轉折情況。)。

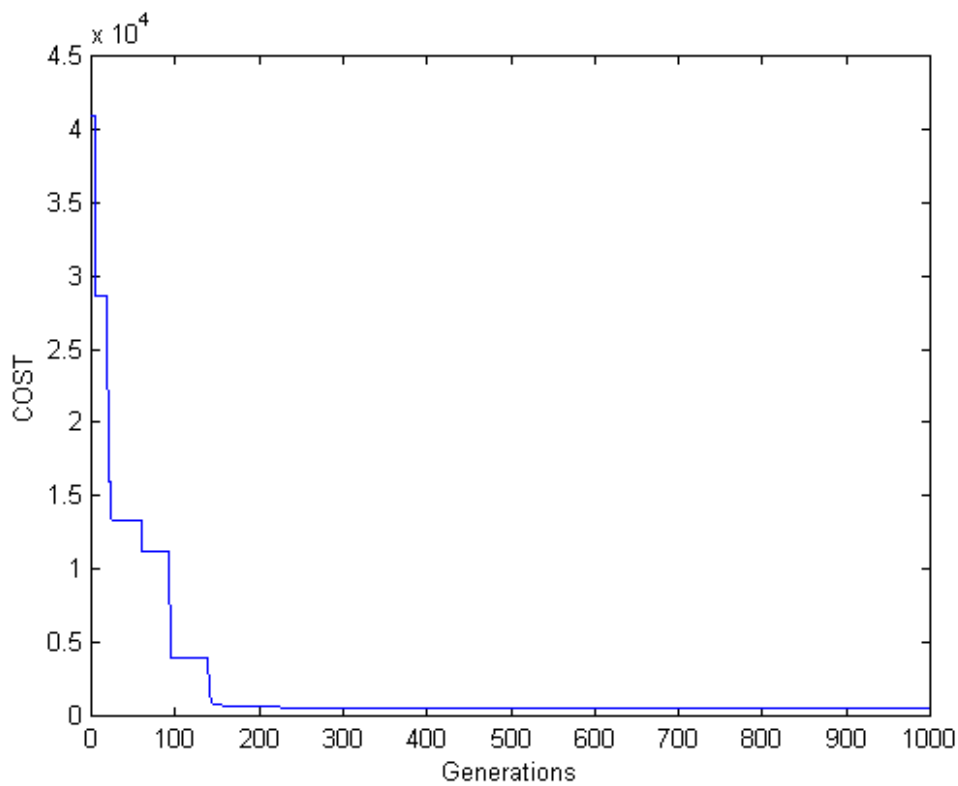


圖 6- 5 PLC-PLSP 模式之最小製造總成本收斂過程

6.2.3 CF-PLSP 模式最佳批量排程相關結果

將 MM-PLSP 模式融入現金流量之考量與整備工作學習率因素後，發展成為 CF-PLSP 模式，改以最小資本支出為決策依據，且每一時段之利率為 0.5%。並以遺傳演算法求解後，其最佳之批量排程結果如下。

1. 每一產品各時間下之整備成本係數 S_{jt} ：

依據式(26)所示， $S_{jt} = 10 \times (t)^{-0.321928}$ for $t = 1, 2, \dots, J$ ，每項產品在不同時間下之整備成本如表 6- 16，其學習趨勢圖如圖 6- 6。

表 6- 16 每產品各階段之整備成本係數

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品	10	8	7.0210	6.4	5.9564	5.6168	5.3449	5.12	4.9295	4.7651

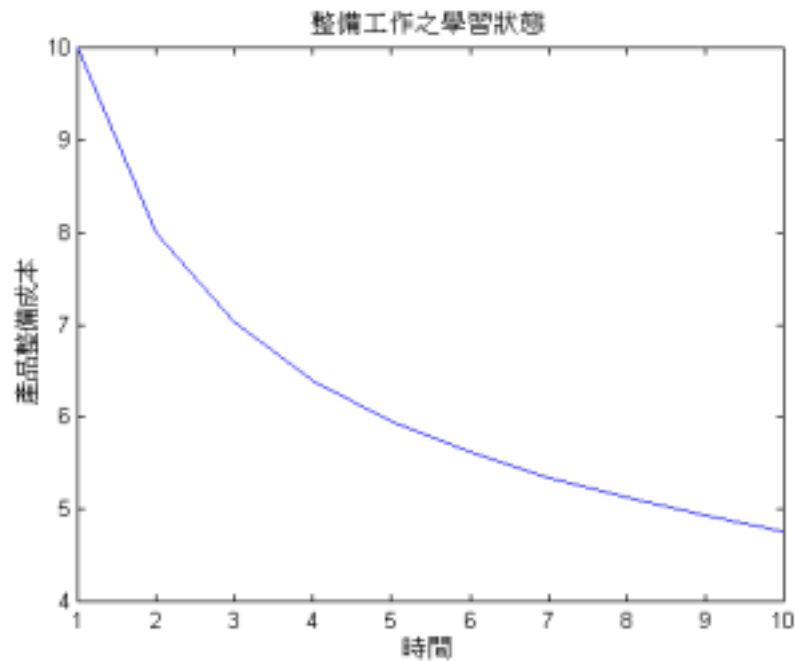


圖 6- 6 整備學習趨勢圖

2. 產品與機台在不同時間下之最佳整備狀況 y_{jt}

CF-PLSP 以最小資本支出前提下之最佳產品製造整備情況 y_{jt} (二進位表示, 1: 整備; 0: 不整備), 及排程所使用之規則如表 6-17。

表 6-17 CF-PLSP 模式最佳製造整備狀況

機台	產品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	0	0	$1(\delta_5)$	0	$1(\delta_5)$	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	0	0	0
	5	0	0	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_3)$	0
	6	0	0	$1(\delta_1)$	0	0	0	$1(\delta_1)$	0	0	0
2	1	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_3)$	0	$1(\delta_5)$	0	$1(\delta_5)$	0	0	0
	2	0	0	0	$1(\delta_3)$	0	0	0	0	0	$1(\delta_2)$
	3	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_2)$
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	$1(\delta_3)$	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	0	0
	4	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_5)$
	5	0	0	0	$1(\delta_5)$	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	0	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_2)$

3. 產品在不同時間下於各機台發生整備工作之狀況 x_{jt}

各產品於滿足需求與達到最小資本支出的前提下，根據 CF-PLSP 模式於遺傳演算法求解後所產生之產品最佳整備狀況 x_{jt} 表 6-18。

表 6-18 產品之最佳整備工作發生狀態

機台	產品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	5	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
2	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	3	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	4	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1

因此，可由上表之整備結果計算出

$$\text{整備總成本} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T \left(\frac{S_{jt} x_{jt}}{(1+i)^t} \right) = 204.0365$$

4. 最佳批量排程結果 q_{jt}

各產品在面對已知需求的情況下，以遺傳演算法重複求解後，於各時段之製造排程結果，如表 6- 19 所示。

表 6- 19 CF-PLSP 模式最佳批量排程結果

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	5	10	15	25	35	40	50	0	0	0
產品 2	0	0	0	55	0	40	0	50	30	20
產品 3	5	10	15	25	35	40	50	0	0	0
產品 4	5	10	15	80	75	40	50	50	30	20
產品 5	0	0	30	25	40	0	20	30	30	20
產品 6	0	0	55	0	40	0	20	30	30	20

5. 最佳批量排程結果所造成之庫存狀況 I_{jt}

最佳排程結果面對需求所造成之各產品於各時段下之庫存狀況，如表 6- 20 所示。

表 6- 20 CF-PLSP 模式最佳庫存結果

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
產品 2	0	0	0	45	25	35	0	0	0	0
產品 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
產品 4	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
產品 5	0	0	30	0	40	0	20	0	0	0
產品 6	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0

$$\text{庫存總成本} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T \left(\frac{h_j I_{j_i}}{(1+i)^i} \right) = 681.5920$$

所以，CF-PLSP 之最小資本支出 = 整備總成本+庫存總成本
 = 204.0365+ 681.5920 = 885.6555

6. 最佳解(最小總成本)收斂過程

應用遺傳演算法於 CF-PLSP 解題過程中，最佳解收斂於 764 代 (因變化值小，因此於圖中無法看出其轉折處)，其收斂趨勢如圖 6-7 所示。

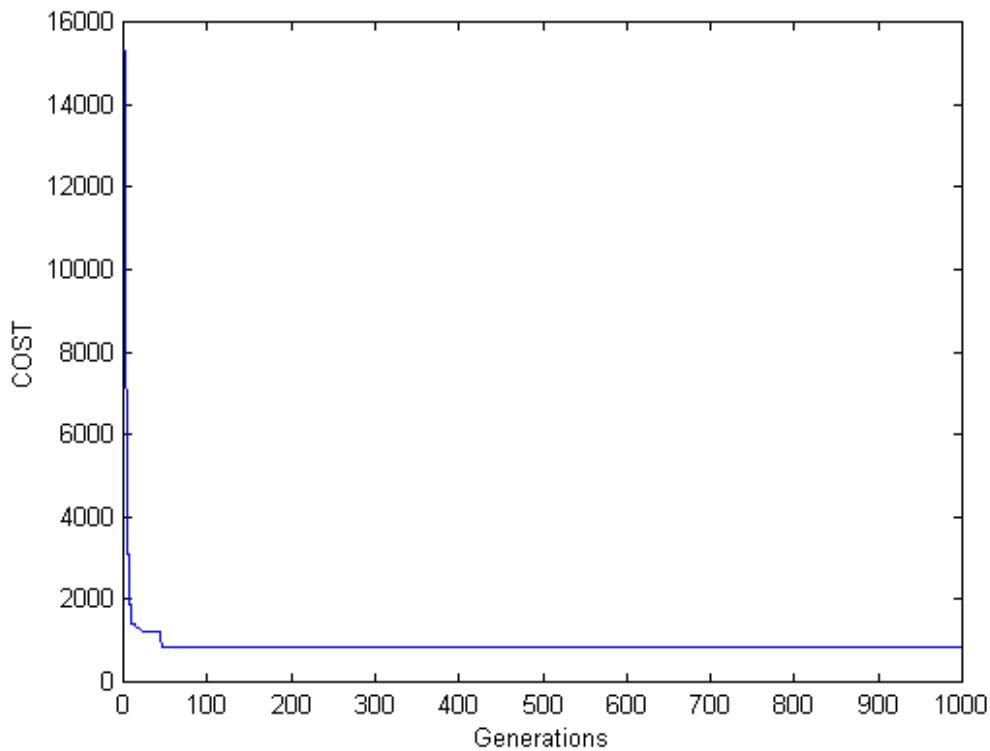


圖 6-7 CF-PLSP 模式之最小資本支出收斂過程

6.2.4 Cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最佳批量排程相關結果

本研究整合產品生命週期階段策略與現金流量應用於 MM-PLSP 模式，發展成為兼具市場端、生產端與財務管理概念之批量排程模式- Cash flow-oriented PLC-PLSP。應用遺傳演算法求解後，其最佳(最小資本支出)批量排程結果如下。

1. 產品與機台在不同時間下之最佳整備狀況 y_{jt}

在產品生命週期階段界定、現金流量與整備工作學習之因素納入後，Cash flow-oriented PLC-PLSP 之產品整備情況 y_{jt} (二進位表示，1：整備；0：不整備)，及產品排程所使用之規則如表 6- 21。

表 6- 21 cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最佳製造整備狀況

機台	產品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_5)$	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_2)$
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	0	0	0	$1(\delta_1)$	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_3)$
	6	0	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	$1(\delta_2)$	0
	3	0	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	$1(\delta_5)$	0	$1(\delta_1)$	0	0	0	0	0	0	0
	4	$1(\delta_1)$	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_5)$
	5	0	0	0	$1(\delta_5)$	$1(\delta_5)$	0	$1(\delta_5)$	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	$1(\delta_1)$	$1(\delta_1)$	$1(\delta_2)$

2. 產品在不同時間下於各機台發生整備工作之狀況 x_{jt}

經過程式重複求解後，在滿足需求下之最佳整備工作狀況如表 6-22 所示。

表 6-22 產品之最佳整備工作發生狀態

機台	產品	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	6	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
	3	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

可由上表之整備結果計算出

$$\text{整備總成本} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T \left(\frac{s_{ji} x_{jt}}{(1+i)^t} \right) = 172.0116$$

3. 滿足需求下之最佳批量排程結果 q_{jt}

各產品在面對已知需求的情況下，以遺傳演算法重複求解後，於各時段之製造排程結果，如表 6- 23 所示。

表 6- 23 cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最佳批量排程結果

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	9	10	11	25	35	40	50	0	0	0
產品 2	0	0	0	10	20	35	30	55	25	20
產品 3	9	11	10	25	35	40	50	0	0	0
產品 4	12	7	11	35	55	80	75	55	25	20
產品 5	0	0	0	30	30	0	35	57	23	20
產品 6	0	0	10	20	30	35	0	57	23	20

4. 最佳批量排程結果所造成之庫存狀況 I_{jt}

最佳排程結果面對需求所造成之各產品於各時段下之庫存狀況，如表 6- 24 所示。

表 6- 24 cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最佳庫存結果

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	4	4	0	0	0	0	20	0	0	0
產品 2	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0
產品 3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
產品 4	3	0	0	10	0	0	0	0	0	0
產品 5	0	0	0	25	30	0	0	2	0	0
產品 6	0	0	10	20	30	35	0	0	0	0

$$\text{庫存總成本} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^T \left(\frac{h_j I_{jt}}{(1+i)^t} \right) = 473.0800$$

所以，MM-PLSP 之最小資本支出 = 整備總成本+庫存總成本
= 172.0116+473.0800 = 645.0916

5. 最佳解(最小總成本)收斂過程

應用遺傳演算法於 Cash flow-oriented PLC-PLSP 解題過程中，最佳解收斂於 329 代，其收斂趨勢如圖 6- 8 所示。

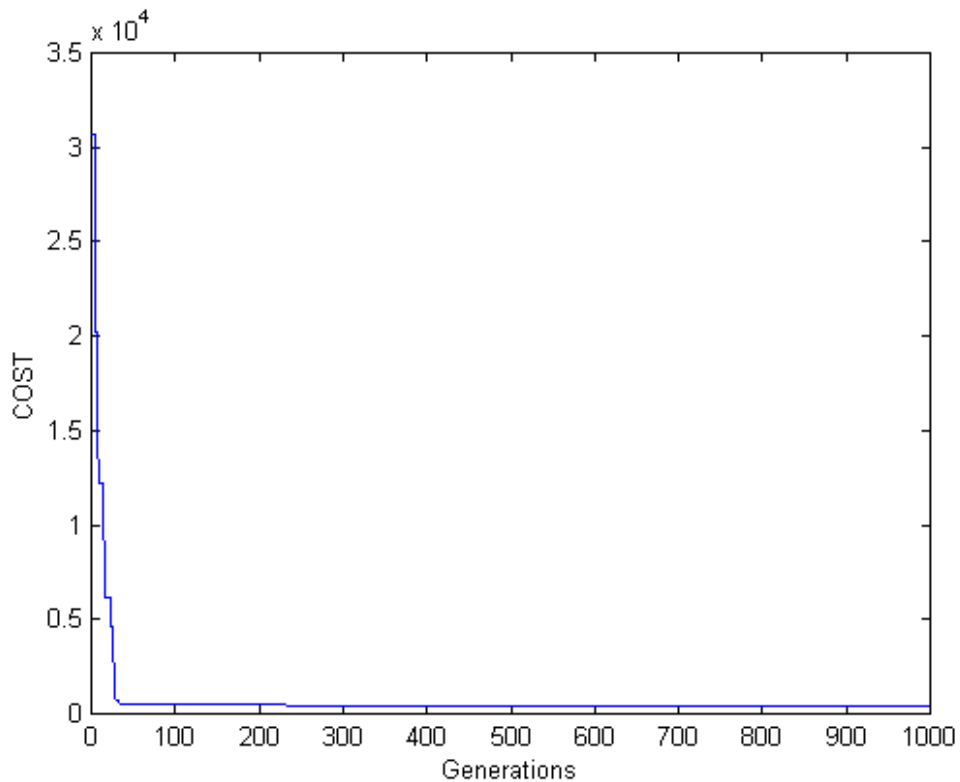


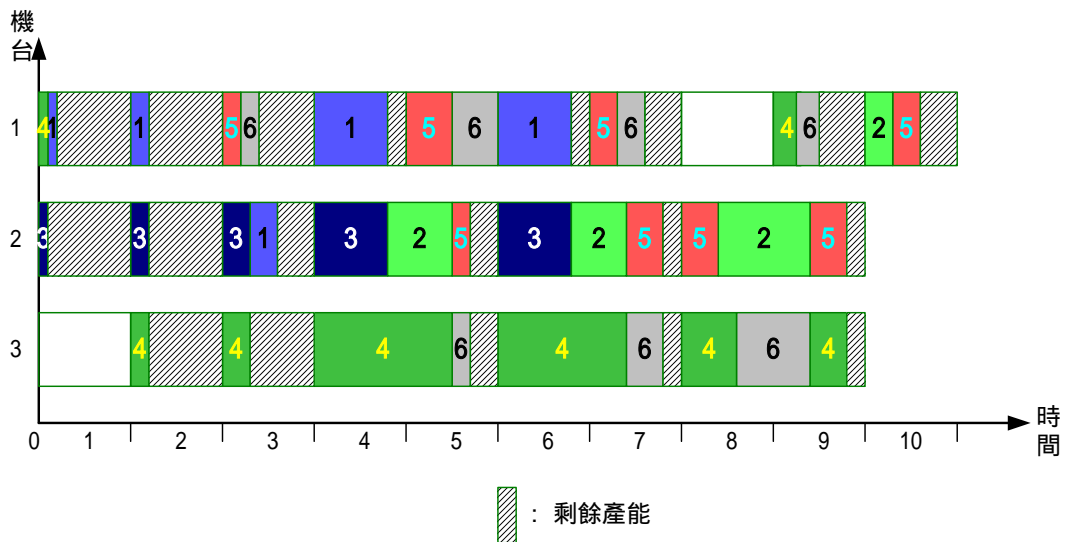
圖 6- 8 cash flow-oriented PLC-PLSP 模式最小資本支出收斂過程

6.3 結果比較與分析

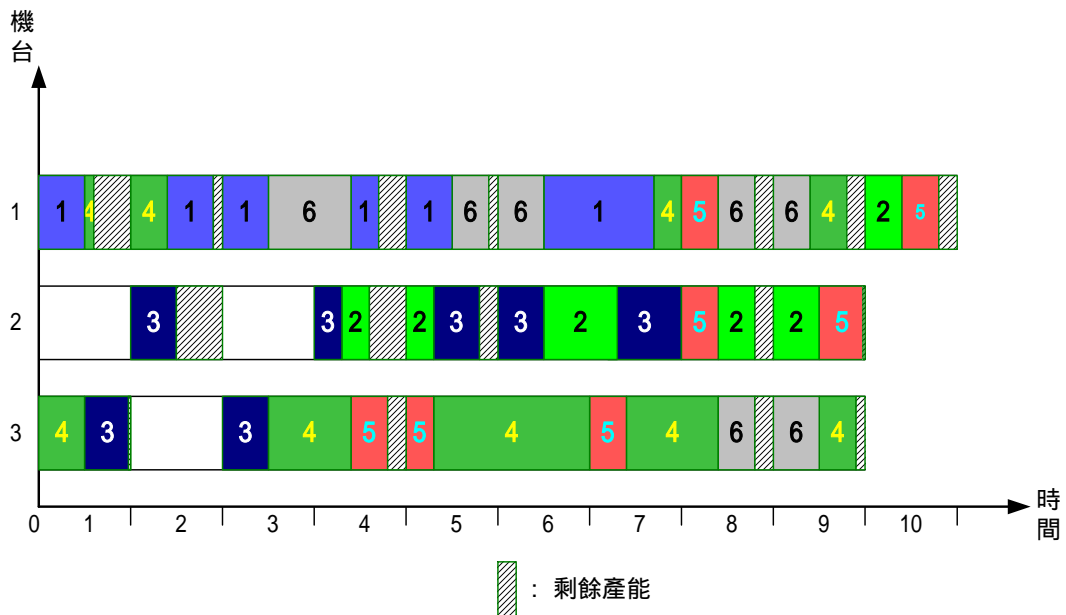
6.3.1 各模式排程結果

本研究將各模式之排程結果，加以使用圖示之方式表示如下。

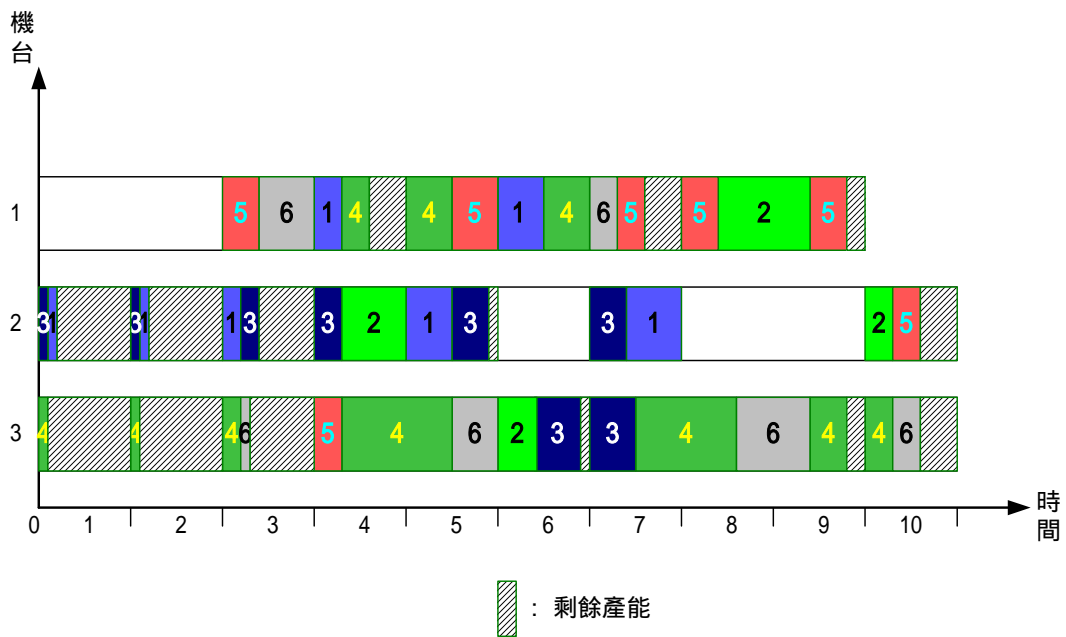
1. MM-PLSP



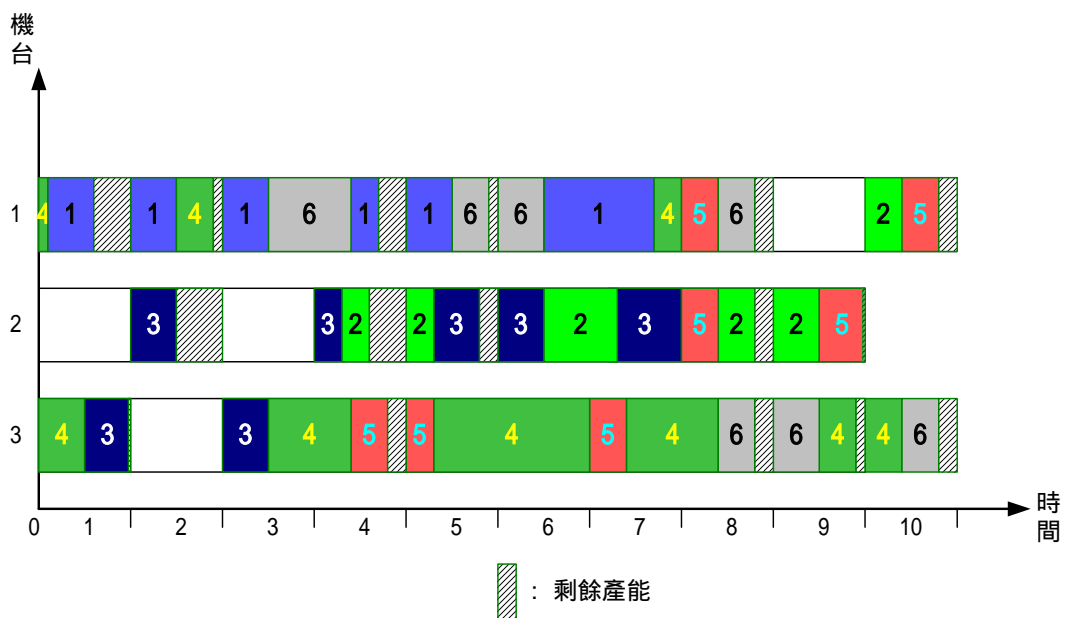
2. PLC-PLSP



3. CF-PLSP



4. Cash flow-oriented PLC-PLSP



6.3.2 各模式最佳之排程結果成本比較

在各模式不同代數逐次求解與比較分析後，各模式最佳批量排程結果相關成本/資本支出的數值，整理如表 6- 25。

表 6- 25 各模式之最佳解

	整備成本	持有成本	總成本	最佳解收斂代數
M	310	685	995	177
P	300	526	826	613
C	181.4295	681.5920	885.6555	764
CP	172.0116	473.0800	645.0916	329

1. PLC 因素影響之比較

在 PLC 因素比較方面，可由 M&P 及 C&CP(兩組間之差別為 PLC 因素)來做一比較性之分析。可由表 6- 26 中看出，當批量排程模式應 PLC 之階段策略之特性，融入不同之生產策略後，整備成本與持有成本低於未納入 PLC 因素之批量排程模式。其中，以持有成本得下降最為顯著。

表 6- 26 PLC 因素對批量排程模式影響之成本比較

	整備成本		持有成本		總成本	
M & P	310	300(-3.3%)	685	526(-23.2%)	995	826(-17.0%)
C & CP	181	172(-5.2%)	681	473(-30.6%)	885	645(-27.2%)

2. 現金流量與整備學習因素之影響比較

在這兩因素比較方面，可由 M&C 與 P&PC 來做一比較與分析，但由納入現金流量之計算方式，因此無法從成本之觀點來比較其優劣。本研究將以下小節之內容來做一比較與分析。

6.3.3 產品實際需求與排程結果之比較分析

此一小節將從各模式之排程結果與產品實際需求量間之關係角度出發，對各模式之結果做一比較與分析。產品於各時段下之實際需求量如表 6- 27 所示。

表 6- 27 產品實際需求量

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
產品 1	5	10	15	25	35	40	30	20	0	0
產品 2	0	0	0	10	20	30	35	50	30	20
產品 3	5	10	15	25	35	40	30	20	0	0
產品 4	5	10	15	35	55	70	65	70	30	20
產品 5	0	0	0	10	20	30	35	50	30	20
產品 6	0	0	0	10	20	30	35	50	30	20

依各模式之排程結果與產品實際之需求量，各時段下之產品實質需求量與各模式排程結果之製造量整理如表 6- 28，且將之繪製成圖 6- 13，以便能更清楚的觀察其差異。並進一步計算出各模式之排程結果與實際需求之誤差平方和，如表 6- 29。

表 6- 28 每時段下之實際需求量與各模式排程製造量

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
實質需求量	15	30	45	115	185	240	230	260	120	80
M	15	30	95	230	180	230	190	160	160	40
P	30	28	42	145	205	230	240	224	136	40
C	15	30	130	210	255	160	190	160	120	80
CP	30	28	42	145	205	230	240	224	116	60

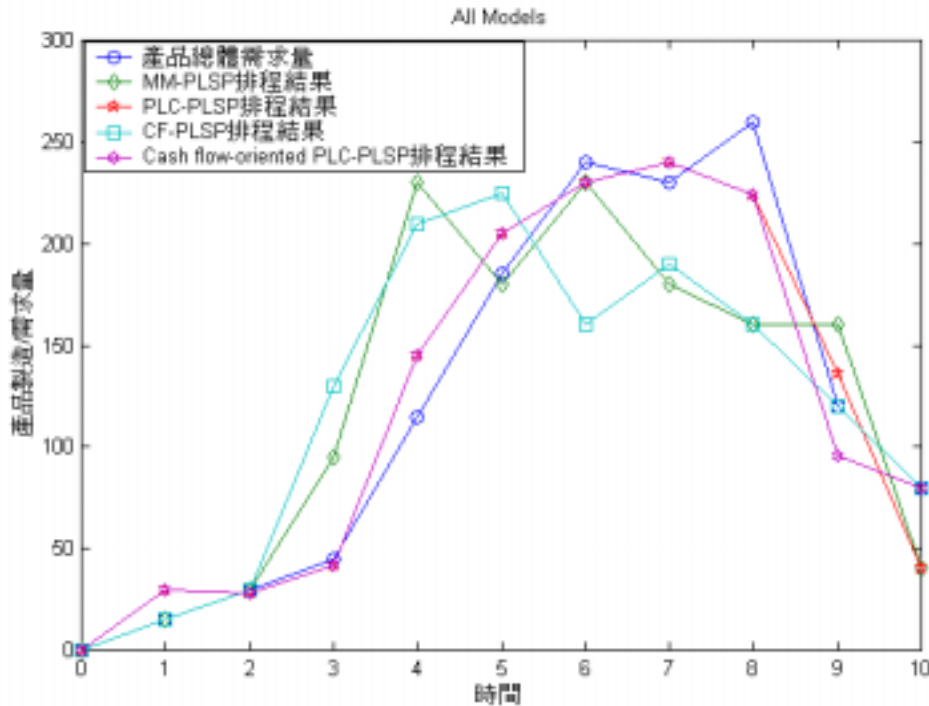


圖 6-13 產品實際需求量與各模式排程製造量趨勢圖

表 6-29 各模式之排程結果與實質產品需求之誤差平方值

	M	P	C	CP
誤差平方和	31550	4890	35850	3610

1. PLC 因素影響之比較

M&P 與 C&CP 兩組結果之間的差異，可由圖 6-13 之趨勢圖與表 6-29 之誤差計算中看出，當批量排程模式融入 PLC 因素後，批量排程之結果能更切實得貼近產品實際之需求。亦即融入 PLC 因素之 P 與 CP 模式將有較低之持有成本，而此差異之結果也與表 6-26 相互呼應。

2. 現金流量與整備學習率因素之影響比較

如圖 6-13 與表 6-29 之結果所表示，當 P 模式融入現金流量與整備學習率因素後，批量排程結果與實際需求之誤差將減低，亦即能夠更能實際的反應產品之需求狀況。

3. 整合 PLC、現金流量與整備學習率因素之影響比較

當批量排程模式同時考量產品之市場因素、財物因素與學習曲

線，其模式即由原始之 M 模式變為 CP 模式，並可由圖 6- 13 與表 6- 29 中看出，CP 模式明顯的比 M 模式能夠反應產品之需求。亦即，當傳統之批量排程模式整合這些因素之考量後，能大大的改善批量排程之結果。

在前述各模式間之成本與排程結果的比較後，可得知 PLC-PLSP 與 Cash Flow oriented PLC-PLSP 模式批量排程結果之持有成本比 MM-PLSP 有顯著的差異與改善，為了能更清楚的比較出各模式間庫存之差異，本研究已累計之觀點來觀察比較各模式間之差異。各時段下之產品實質累計需求量與各模式排程之累計製造量如表 6- 30 所示。

表 6- 30 產品實際累計需求量與各模式排程累計製造量

	時間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
實質累計需求量	15	45	90	205	390	630	860	1120	1240	1320
M	15	45	140	370	550	780	960	1120	1280	1320
P	30	58	100	245	450	680	920	1144	1280	1320
C	15	45	175	385	610	770	960	1120	1240	1320
CP	30	58	100	245	450	680	920	1144	1240	1320

依照上表之分析數值將之繪製成表 6- 30，且各模式排程累計製造量與實際累計需求之誤差值如表 6- 31 所示。

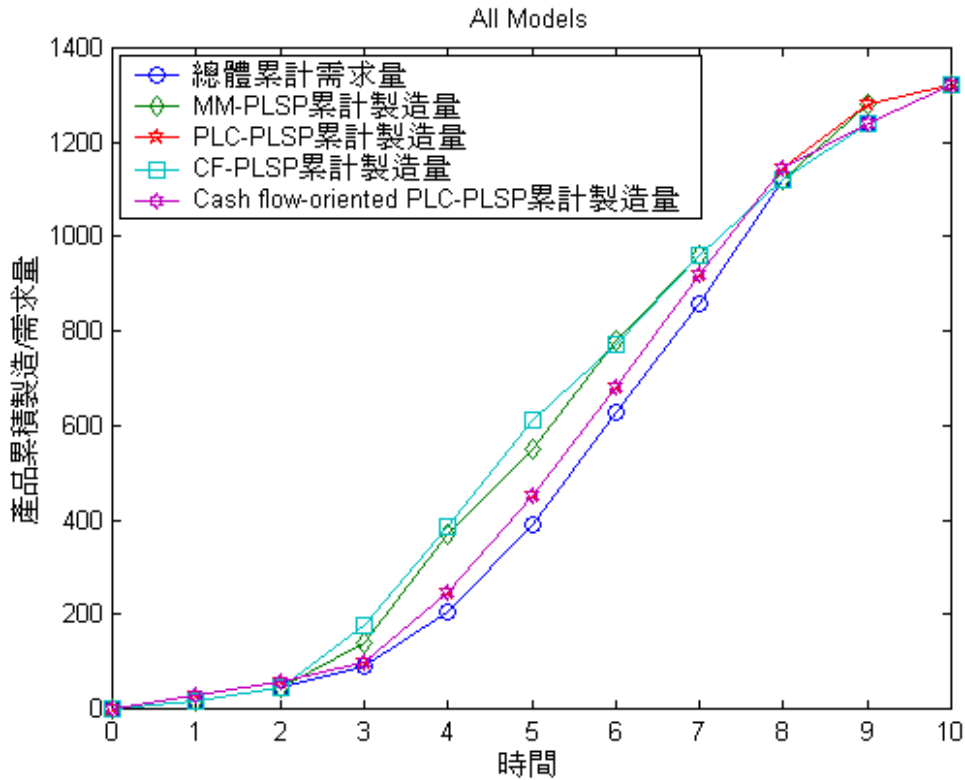


圖 6-14 產品實際累計需求量與各模式排程累計製造量趨勢圖

表 6-31 各模式之排程累積製造量與產品實際累計需求之誤差平方和

	M	P	C	CP
誤差平方和	89425	13970	117625	12370

延續上述之比較與分析結果後，進一步的由圖 6-14 與表 6-31 之分析結果中可看出，PLC-PLSP 與 Cash Flow oriented PLC-PLSP 之累計製造趨勢線比 MM-PLSP 與 CF-PLSP 能更貼近產品實際累計需求量。相對的，MM-PLSP 與 CF-PLSP 模式於各時段下超量製造之情況比 PLC-PLSP 與 Cash Flow oriented PLC-PLSP 嚴重，因此 MM-PLSP 與 CF-PLSP 之持有成本將遠高於 PLC-PLSP 與 Cash Flow oriented PLC-PLSP。

若在進一步的比較 PLC-PLSP 與 Cash Flow oriented PLC-PLSP 模式之優劣，由圖 6-13、表 6-29、圖 6-14 與表 6-31 中所表現的結果，將得之 Cash Flow oriented PLC-PLSP 之批量排程結果優於 PLC-PLSP 之批量排程結果。最後，本研究則證實當

傳統批量排程能夠同時納入市場因素、財務因素與學習率的考量後，將能夠改善傳統批量排程模式之排程結果，讓批量排程模式不只在聚焦在生產模式之最佳化，而能並進一步成為整合生產、市場與財務之批量排程模式並成為更符合實際之應用與批量排程模式。

第七章 結論與建議

7.1 結論

除了原本 MM-PLSP 模式於生產方面之多方考量外，本研究融入產品的生命週期階段策略之應用、實務上現金流量與整備學習率因素之考量於 MM-PLSP 模式中，並根據各因素之特性與理論架構，發展出 PLC-PLSP、CF-PLSP 與 Cash Flow oriented PLC-PLSP 模式，經由遺傳演算法(GA)求解出各模式之最佳批量排程結果與各模式排程結果之比較分析後，本研究得到下述幾點之結論：

1. 本研究改善傳統批量排程模式只專注於生產面最佳化的缺點
傳統之批量排程問題主要是以生產面之最佳化為主要目的，而忽略了現實環境中產品於市場中之角色轉換與企業在面對市場角色轉換時所採取之相關生產策略；此外，有些相關研究雖有考量到貨幣之時間價值與整備學習率的問題，但其理論架構本身卻太過於簡單，無法真實反應現實環境中生產之情況。
2. 整合市場端之變化，讓批量排程模式能更兼具理論與實務
本研究以產品生命週期為基礎，探討產品於市場中角色變換時，企業所採取之應對策略，並將之融入 MM-PLSP 模式中，發展成為 PLC-PLSP 模式。並經由數據實證後，證實傳統之批量排程模式能整合市場端因素，考量產品市場地位之變化，給予適當之生產策略，將使得批量排程模式結果優於未融入市場因素考量之批量排程模式之排程結果。
3. 在相同條件下，本研究獲得更佳之排程結果
除了結合市場端之因素應用外，本研究在融入實務中現金流量與整備學習率考量於 PLC-PLSP 中，發展為 Cash Flow oriented PLC-PLSP 模式。經由數據實證後，本研究證實傳統批量排程

模式若能同時整合市場、財務與生產之因素後，將使得批量排程模式之排程結果優於納入個別(PLC-PLSP 與 CF-PLSP)因素或未納入(MM-PLSP)因素之批量排程模式。

因此，從數據的相關結果得知，生產管理人員面臨生產決策時，除了考量生產面的因素的最佳化外，若能結合行銷部門或市場方面相關部門對於產品銷售的觀察或統計的資訊，來對生產面給予適當的生產策略，將使得生產決策的製造成本更低，進而提升企業整體的競爭力。

7.2 建議

1. 本研究所使用之產品生命週期模式是以傳統產品生命週期模式(分為導入、成熟、成長與衰退期)為市場理論基礎架構。根據研究人員(如[14][68]...等)發現至少有 6 到 17 種不同之 PLC 形式。因此，不同 PLC 形式下之策略應用，有待後續研究。
2. 本研究所界定之產品生命週期階段為明確之區間，但其在真實環境中具有模糊之特性，若能利用模糊理論加以分析探討，將使本研究之架構更具真實性與實用性。
3. 在各模式求解方面，本研究使用遺傳演算法為求解模式之基本概念與架構，對於不同求解工具如 tabu、模擬退火法..等等之應用，是否對模式之求解結果有更進一步之影響，將待後續研究探討分析。
4. 本研究產品生命週期階段策略之應用主要於生產策略之制訂，其他因素如價格、流通...等等，也會影響到生產者對生產活動的管理。因此，如價格與生產活動之互動與相關性對批量排程模式之影響，亦是另一重點。

參考文獻

- [1] Aaker, D. A., *Strategic Market Management*, New York City, 1996, The Fress Press, 1984.
- [2] Argote, L., and Epple, D., “Learning curve in manufacturing”, *Science* 247, pp. 920-924, 1990.
- [3] Bahl, H. C., Ritzman, L. P., and Gupta, J. N. D., “Determining lot sizes and resource requirements: a review”, *Operation Research* 35, No. 3, pp.329-345, 1987.
- [4] Barany, I., Roy, T. J., and Wolsey, L. A., “Strong formulations for multi-item capacitated lotsizing”, *Management Science* 30, pp.1255-1261, 1987.
- [5] Belville, H. J., “The Product Life Cycle Theory Applied to Color television”, *Master thesis*, New York City, 1966.
- [6] Bitran, G. R. and Yanasse, H. H., “Computational complexity of the capacitated lot size problem”, *Management Science* 28, pp.1174-1186, 1982.
- [7] Bitran, G. R. and Matsuo, H., “Approximation formulations for the single-product capacitated lot size problem”, *Operations Research* 34, pp.63-74, 1986.
- [8] Bob, G. J., “A logistics Approach to the demand for private cars”, *Tilburg University*, 1970.
- [9] Boston Consulting Group, “Perspectives on Experience”, *Boston Consulting Gourd*, 1972.
- [10]Cattrysse, D., M. Salomon, R. Kuik, L. N. Wassenhove, “A dual ascent and column generation heuristic for the discrete lotsizing and scheduling problem with setup-times”, *Management Science* 39, pp.477-486, 1993.
- [11]Chatterjee, A., Laudato, M. and Lynch, L. A., “Genetic algorithms and their statistical applications: an introduction”, *Computer Statistics & Data Analysis* 22, pp.633-651, 1996.
- [12]Chuen-Lung, C., Vempati, V. S. and Aljaber, N., “An application of genetic algorithms for flow shop problems”, *European Journal of Operational Research* 80, pp.389-396, 1995.
- [13]Coleman, B. J. and Mcknew, M. A., “An improved heuristic for multilevel lot sizing in material requirements planning”, *Decision Sciences* 22, pp.136-156, 1991.
- [14]Cox, W. E., Jr., “Product Life Cycle as Marketing Models,” *Journal of Business* 40, pp.385-400, 1967.
- [15]Dauzere-Peres, S. and Lasserre, J. B., “Integration of lotsizing and scheduling decisions in a job-shop”, *European Journal of Operational Research* 75, pp.413-426, 1994.

- [16]Delporte, C. and Thomas, L., “Lot sizing and sequencing for N products and one facility”, *Management Science* Vol. 23, pp.1071-1079, 1977.
- [17]Diaby, M., Bahl, H. C., Karwan, M. H., and Zionts, S., “A Lagrangean relaxation approach for very-large-scale capacitated lot-sizing”, *Management Science* 38, pp.1329-1340, 1992.
- [18]Diaby, M., Bahl, H. C., Karwan, M. H., and Zionts, S., “Capacitated lot-sizing and scheduling by Lagrangean relaxation”, *European Journal of Operational Research* 59, pp.444-458, 1992.
- [19]Di Febbraro, A., Minciardi, R. and Sacone, S., “Optimal control law for lot-sizing in a single production facility”, *International Conference on Robotics & Automation*, Oct. 2000.
- [20]Drexl, A. and Haase, K. “Proportional lot sizing and scheduling”, *International Journal of Production Economics* 40, pp.73-87, 1995.
- [21]Drexl A. and Kimms A., “Lot sizing and scheduling – Survey and extensions”, *European Journal of Operation Research* 99, pp.221-235, 1997.
- [22]Easingwood C. J., “Product Lifecycle Patterns for New Industrial Product”, *R&D Management* 18, 1988
- [23]Elmaghraby, S. E., “The economic lot scheduling problem: review and extensions”, *Management Science* 24, pp.587-598, 1978.
- [24]Fleischmann, B., “The discrete lot-sizing and scheduling problem” *European Journal of Operational Research* 44, pp.337-348, 1990.
- [25]Fleischmann, B., “The discrete lot-sizing and scheduling problem with sequence-dependent setup costs”, *European Journal of Operational Research* 75, pp.395-404, 1994.
- [26]Eppen, G. D. and Martin, R. K., “Solving multi-item capacitated lot-sizing problems using variable redefinition”, *Operations Research* 35, pp.832-848, 1987.
- [27]Gallego, G. and Moon, I., “The effect of externalizing setups in the economic lot scheduling problem’, *Operations Research* 40, pp.614-619, 1992.
- [28]Glass, C. A., “Feasibility of scheduling lot sizes of three products on one machine”, *Management Science* 38, pp.1482-1494, 1992.
- [29]Groot, X., “Flexibility and marketing/manufacturing coordination”, *International Journal of production Economics* 36, pp.153-167, 1994.
- [30]Gupta, S. M. and Brennan, L., “Lot sizing and backordering in multi-level product structures”, *Production and Inventory Management Journal* 33, pp.27-35, 1992.

- [31]Haessler, R. and Hogue. “A Note on the Single Machine Multi-Product Lot Scheduling Problem”, *Management Science* 22, No. 8, pp.909-912, 1976.
- [32]Hernandez, W. and Suer, G. A., “Genetic Algorithm in Lot Sizing Decisions”, *IEEE*, pp.2280-2286, 1999.
- [33]Hindi, K. S., “Solving the CLSP by a Tabu Search heuristic”, *Journal of the Operational Research Society* 47, pp.151-161, 1996.
- [34]Hoesel, S. and Kolen, A., “A linear description of the discrete lot-sizing and scheduling problem”, *European Journal of Operational Research* 75, pp.342-353, 1994.
- [35]Hofmann, C., “Investments in modern production technology and the cash flow-oriented EPQ model”, *International journal of production economics* 54, pp.193-206, 1998.
- [36]Hsu, W. L., “On the general feasibility test of scheduling lot sizes for several products on one machine”, *Management Science* 29, pp.93-105, 1983.
- [37]Ishii, K. and Imori, S., “A production ordering system for two-item, two-stage, capacity-constraint production and inventory model”, *Int. J. Production Economics* 44, pp.119-128, 1996.
- [38]Jinxing, X., “An application of Genetic Algorithm for General Dynamic Lotsizing Problem”, *Genetic Algorithm in Engineering System: Innovations and Applications* 414, pp.82-87, 1995.
- [39]Jolicoeur P. and Pontier J., “Population growth and decline: a four-parameter generalization of the logistic curve”, *J.Theoret.Biol.* 141, pp.563-571, 1997.
- [40]Jordan, C., “Batching and scheduling-Models and Methods for Several Problem Classes”, *Lecture Notes in Economics and Mathematical System* 437, Springer, Berlin, 1996.
- [41]Karmarkar, U. S. and Kekre, S., “The deterministic lotsizing problem with startup and reservation costs”, *Operational Research* 35, pp.389-398, 1987.
- [42]Khouja, M., Michalewicz, Z. and Wilmot, M., “The use of genetic algorithm to solve the economic lot size scheduling problem”, *European Journal of Operational Research* 110, pp.509-524, 1998.
- [43]Kimms, A., “A genetic algorithm for multi-level, multi-machine lot sizing and scheduling”, *Computers & Operation Research* 266, pp.829-848, 1999.
- [44]Kimms, A., “Multi-level Lot Sizing and Scheduling Methods for Capacitated”, *Dynamic, and Deterministic Models, Physica, Heidelberg*, 1997.

- [45] Kimms, A., "Competitive methods for multi-level lot sizing and scheduling: Tabu Search and randomized regrets", *International Journal of Production Research* 34, pp.2279-2298, 1996.
- [46] Kimms A., "Multi-level, single-machine lot sizing and scheduling (with initial inventory)", *European Journal of Operational Research* 89, pp86-99, 1996.
- [47] Kirca, O. and Kokten, M. A., "A new heuristic approach for the multi-item dynamic lot sizing problem", *European Journal of Operational Research* 75, pp.332-341, 1994.
- [48] Kolter and Armstrong, "Marketing Management: Analysis, Planning, and Control", 6th edition, Prentice Hall, 1988
- [49] Kung, F. H., "Fitting logistic growth curve with predetermined carrying capacity", *ASA Proceedings of the Statistical Computing Section*, pp. 340-343, 1986.
- [50] Kurawarwala, A. A., and Matsou, H., "Forecasting and Inventory Management of Short Life-Cycle Products", *Operation Research* 44(1), pp.131-150, 1996.
- [51] Kurawarwala, A. A., and Matsou, H., "Product Growth Models for Medium-Term Forecasting of Short-Life-Cycle Products", *Technological Forecasting and Social Changes* 57, pp.169-196, 1998.
- [52] Lambkin M. and Day, G. S., "Evolutionary Process in Competitive Markets: Beyond the Product Life Cycle", *Journal of Marketing* 53, pp.4-20, July 1989
- [53] Levitt, T., "Exploit the Product Life Cycle", *Harvard Business Review* 4, Nov.-Dec., 1965, 81-94
- [54] Moutaz, K. "The use genetic algorithms to solve the economic lot scheduling problem" *European Journal of Operational Research* 110, pp.509-524, 1998.
- [55] Ozdamar, L. and Birbil, S. I., "Hybrid heuristics for the capacitated lot sizing and loading problem with setup times and overtime decisions", *European Journal of Operational Research* 110, pp.525-547, 1998.
- [56] Pearl, R., Reed, J. and Kish. J., "The logistic curve and the census count of 1940". *Science* 92, pp.486-488, 1940.
- [57] Ping-Teng, C. and Yu-Ting, L., "Modeling of job-shop scheduling with multiple quantitative and qualitative objectives and a GA/TS mixture approach ", *Int. J. Computer Integrated Manufacturing* 14, pp.367-384, 2001.
- [58] Ping-Teng, C. and Ching-Hsiang, C. "A product life cycle modeling with stage characteristic-preserving capability", *The 5th Annual International Conference of Industrial Engineering Theory, Applications & Practice*, December 13-15, 2000.

- [59]Polli, R. and Cook, V., “Validity of the Product Life Cycle”, *Journal of Business* 42, pp.385-400, Oct.1969
- [60]Porteus, E. L., “Investing in reduced setups in the EOQ model”, *Management Science* 31, pp.998-1010, 1985.
- [61]Ram, R. and Thomas, J. S., “Optimal and heuristic policies for lot sizing with learning in setups”, *Journal of Operations Management* 13, pp. 229-245, 1995.
- [62]Rink, D. R. and J. E. Swan, “Product Life Cycle Research: A Literature Review,” *Journal of Business Research* 7, pp.156-242, 1979.
- [63]Rogers, E. M., *The diffusion of Innovations*, New York: The Free Press, 1962.
- [64]Rogers, J., “A computational approach to the economic lot scheduling problem”, *Management Science* 4, pp.264-291, 1958.
- [65]Roger, M. H., “Batching policies for a product life cycle”, *Int. J. Production Economics* 45, pp. 421-427, 1996.
- [66]Roy, T. K. and Maiti, M., “A Fuzzy EOQ model with demand-dependent unit cost under limited storage capacity”, *European Journal of Operational Research* 99, pp.425-432, 1997.
- [67]Sarker, R. B. and Coates, E. R., “Manufacturing setup cost reduction under variable lead times and finite opportunities for investment”, *Int. J. Production Economics* 49, pp.237-247, 1997.
- [68]Smallwood, J. E., “The Product Life Cycle: A key to Strategic Marketing Planning”, *MSU Business Topics* 21, winter 1973.
- [69]Yelle, L. E., “The learning curve: Historical review and comprehensive survey”, *Decision Science* 10, pp. 302-312, 1979.