

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

總體規劃方法對資訊分享下的
供應鏈之影響

研 究 生：周中偉

指 導 教 授：黃欽印 博士

陳武林 博士

中 華 民 國 一 〇 四 年 六 月

**The Impact on Supply Chain by Aggregate Planning
when Concerning Information Sharing**

By
Chung-Wei Chou

Advisors : Prof. Chin-Yin Huang
Prof. Wu-Lin Chen

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

June 2015
Taichung , Taiwan , Republic of China

總體規劃方法對資訊分享下的供應鏈之影響

學生：周中偉

指導教授：黃欽印 博士

陳武林 博士

東海大學工業工程與經營資訊學系

摘 要

在過去眾多的供應鏈資訊分享研究，已經進行了各項因素的效益分析，如不同資訊分享的程度、不同的需求模式、各項成本因素等影響，證明資訊分享存在的價值。然而本研究發現文獻對於製造商產能的研究是相當薄弱的。一直以來對於過去研究中的一階廠商零售商與二階廠商製造商運作模式的假設是相同的。本研究認為必須考量製造商生產特性，才能夠將此系列的研究擴展到製造業維度。

本研究在過往的資訊分享模型中，加入的製造商的總體規劃方法：模擬最佳化產能規劃法。並將模擬最佳化產能規劃法與一般啟發式的產能規劃法進行比較。其中採用的一般啟發式的產能規劃法包含平均產能規劃法與追逐需求產能規劃法。本研究篩選了因子，需求的常數截距項(d_c)、自我相關係數(ρ_c)、需求的標準差(σ_c)以及製造商設備例行的維修比例(z_M)，以製造商利潤作為衡量績效指標，探討各資訊分享程度下，各別參數組合與整體參數組合下，製造商的三種產能策略之間是否具有顯著差異。

本研究實驗結果發現製造商的總體規劃策略，採用模擬最佳化產能規劃法能在無資訊分享、資訊分享 1 與資訊分享 2 的各別 16 個參數組合裡，均顯著優於平均產能規劃與追逐需求產能規劃。整體比較方面，製造商的總體規劃策略在無資訊分享與資訊分享 1 時的整體參數組合裡，採用模擬最佳化產能規劃法均顯著優於平均產能、追逐需求產能規劃。此外，當製造商從平均產能策略變換為模擬最佳化產能策略之後平均利潤提升 16.69%；而其從追逐需求產能策略變換為模擬最佳化產能策略之後平均利潤提升 20.34%。

關鍵字詞：供應鏈、資訊分享、總體規劃、模擬

The Impact on Supply Chain by Aggregate Planning when Concerning Information Sharing

Student : Chung-Wei Chou

Advisors : Prof. Chin-Yin Huang

Prof. Wu-Lin Chen

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

Many previous studies regarding information sharing of the supply chain had shown the value of information sharing by investigating various factors to affect its benefit including different levels of information sharing, different demand models, and various unit costs. However, this research finds out that little studies were done about capacity planning. The assumption of similar operating models between the retailer and manufacturer was usually made in previous studies. This research propose that the manufacturer must consider the capacity property, so the literature can be extended to analyze the real manufacturing sector.

This research develops simulation-based optimization planning method as a method of aggregate planning added to the existing models of information sharing, and using simulation-based optimization planning method compare to the two heuristic methods of aggregate planning. Those two methods are the average capacity planning method and the chase demand planning method. Base on previous study, four factors are selected to experimental design in this study: intercept constant of demand (d_c), autocorrelation of demand (ρ_c), volatility of demand (σ_c) and routine maintenance percentage of manufacturer (z_c). The profit of the manufacturer is considered as the performance measure. In each level of information sharing, this study plans to discover if there are significant differences among the result of three capacity planning methods under each individual combination of parameters as well as the overall combination.

In each level of information sharing, this research find out simulation-based optimization planning method can get significantly higher profit than both average capacity planning method and chase demand planning method under all individual combinations of parameter. In no information sharing and information sharing-1, the simulation-based optimization planning method can achieve significantly higher profit than average capacity planning method and chase demand planning method under overall combination. Furthermore, this research discover that the manufacturer can increase 16.69% average profit by changing the average capacity planning method to the simulation-based optimization planning method and can enhance

20.34% average profit by changing the average capacity planning method to the simulation-based optimization planning method.

Keywords : Supply Chain, Information Sharing, Aggregate Planning, and Simulation

誌謝

碩班這兩年，說長不長、說短也不短。但不論是在學業上，還是為人處事，自己都成長了不少。還記得當初大學時，對於自己應該出社會還是念碩班是很猶豫不決的。畢竟在現代的大眾傳播中，總是充斥著那些較差的高學歷的例子。但在踏入研究所後的兩個月，我對此完全改觀，研究所無疑是可以使人快速成熟的地方。

在這之中不論每週的研究室會議，使得我們不知不覺中對研究的方法、看問題的深度潛移默化的提升。除此之外，還有系上準備的必修、選修課程，一堂接著一堂鍛鍊出我們身為工工人應有的利器。甚至在這廣大的校園中，有時會出現出奇不易的演講者來開拓我們的視野。

我一輩子都不會忘記東海的風景，東海是這麼美的地方。以後在記憶中，他會有著我的兩位指導老師不斷督促我們學習的日子，還有碩一、碩二同學間互相討論與成長的時光。同為研究室夥伴的台彥、羣亞、思逸、俊雄、家稜、騏偉、佳蕙、忠軒、政憲與婉巧，我不會忘記我們之間共同擁有的學習與歡笑。研究室中的學弟，昊騰與紹璿雖然我們才相處一年的時間，但也就是我們研究所的一半。感謝你們在研究室中諸多事務的幫忙，最開心的就是我們四個人，在每週開會結束時聚餐上的長談，即使我們大家都覺得疲憊。

在這我漫長的學習生涯中供我衣食、與細心教導，父母對我的教誨是最熟悉、最謹記，其中潛移默化的影響是一切也不能替代，謝謝父母親支持我攻讀碩士；且在這段這麼長的時間中，作為我強大的家庭後盾。

最後感謝這個校園，感謝工業工程與經營資訊系。即使目前的學習環境不是最完美，但我無疑是在這之下的最大受益者之一，讓我能這樣的環境中完成論文。

周中偉 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊學系

中華民國一〇四年六月

目錄

| | |
|---------------------------|-----|
| 摘要..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| 誌謝 | iv |
| 目錄 | v |
| 表目錄..... | vi |
| 圖目錄..... | vii |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| 1.1 研究背景與動機..... | 1 |
| 1.2 研究方法與目的..... | 2 |
| 1.3 研究架構..... | 2 |
| 第二章 文獻探討..... | 4 |
| 2.1 供應鏈資訊分享文獻探討..... | 4 |
| 2.2 粒子群最佳化演算法..... | 9 |
| 2.3 模擬最佳化方法..... | 10 |
| 第三章 供應鏈之設計與建置..... | 12 |
| 3.1 問題描述..... | 12 |
| 3.2 總體規劃方法..... | 17 |
| 3.3 資訊分享模型..... | 31 |
| 第四章 結果分析..... | 40 |
| 4.1 參數與實驗設定..... | 40 |
| 4.2 各別參數組合中總體規劃策略之差異..... | 45 |
| 4.3 整體參數組合中總體規劃策略之差異..... | 49 |
| 第五章 結論與未來研究方向..... | 55 |
| 5.1 結論..... | 55 |
| 5.2 未來研究方向..... | 56 |
| 參考文獻..... | 57 |

表目錄

| | |
|---|----|
| 表 2.1 供應鏈結構假設、資訊分享相關整理..... | 7 |
| 表 2.2 資訊分享之效益與假設相關整理..... | 8 |
| 表 3.1 鳥類例子與粒子群演算法參數名稱之轉換..... | 23 |
| 表 3.2 PSO-SO 最佳化流程圖之參數對照表..... | 29 |
| 表 4.1 參數設計總表..... | 41 |
| 表 4.2 參數組合總表..... | 42 |
| 表 4.3 模擬情境之組合表..... | 43 |
| 表 4.4 無資訊分享下各別參數組合中總體規劃策略之差異檢定總表..... | 46 |
| 表 4.5 資訊分享 1 下各別參數組合中總體規劃策略之差異檢定總表..... | 47 |
| 表 4.6 資訊分享 2 下各別參數組合中總體規劃策略之差異檢定總表..... | 48 |
| 表 4.7 無資訊分享整體參數組合中總體規劃策略間之變異數同質性檢定表..... | 50 |
| 表 4.8 無資訊分享整體參數組合中總體規劃策略間之差異檢定表..... | 50 |
| 表 4.9 無資訊分享整體參數組合中總體規劃策略間之事後檢定(DUNNETT3 法)..... | 50 |
| 表 4.10 資訊分享 1 整體參數組合中總體規劃策略間之變異數同質性檢定表..... | 52 |
| 表 4.11 資訊分享 1 整體參數組合中總體規劃策略間之差異性檢定表..... | 52 |
| 表 4.12 資訊分享 1 整體參數組合中總體規劃策略間之事後檢定(LSD 法)..... | 52 |
| 表 4.13 資訊分享 2 整體參數組合中總體規劃策略間之變異數同質性檢定表..... | 54 |
| 表 4.14 資訊分享 2 整體參數組合中總體規劃策略間之差異性檢定表..... | 54 |

圖目錄

| | |
|---|----|
| 圖 1.1 論文之研究架構..... | 3 |
| 圖 2.1 資訊分享程度圖..... | 5 |
| 圖 3.1 製造商總體規劃之決策流程..... | 17 |
| 圖 3.2 製造商總體規劃期數示意圖..... | 18 |
| 圖 3.3 製造商下訂單之示意圖..... | 19 |
| 圖 3.4 粒子群演算法中個體行為認知(COGNITIVE BEHAVIOR)示意圖..... | 21 |
| 圖 3.5 粒子群演算法中群體社會認知(SOCIAL COGNITIVE)示意圖..... | 22 |
| 圖 3.6 粒子群演算法流程圖..... | 25 |
| 圖 3.7 模擬最佳化方法流程圖..... | 27 |
| 圖 3.8 PSO-SO 最佳化流程圖..... | 29 |
| 圖 3.9 無資訊分享零售商之決策流程..... | 33 |
| 圖 3.10 無資訊分享之製造商決策流程..... | 34 |
| 圖 3.11 有資訊分享之零售商決策流程..... | 37 |
| 圖 3.12 資訊分享 1 之製造商決策流程..... | 38 |
| 圖 3.13 資訊分享 2 之製造商決策流程..... | 39 |
| 圖 4.1 模擬期數對應示意圖..... | 44 |
| 圖 4.2 無資訊分享中各總體規劃策略之信賴區間圖..... | 49 |
| 圖 4.3 資訊分享 1 中各總體規劃策略之信賴區間圖..... | 51 |
| 圖 4.4 資訊分享 2 中各總體規劃策略之信賴區間圖..... | 53 |

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

在現今複雜的供應鏈中，供應鏈的危機來自於不確定性，而其中最根本也是最基礎的就是需求的不確定性。大多數的消費性產品可以被區分為兩類，(1)流行性產品與(2)功能性產品。流行性產品具有較短的生命週期，以及較高的需求不確定性；功能性產品具有較長的生命週期，以及較低的需求不確定性。當產品有著較長的生命週期時，市場資訊對於預測需求的波動來說是很重要的。然而供應鏈中的批發商、分銷商、製造商以及供應商因為遠離市場，他們並沒有辦法輕易取得第一手的市場資訊、顧客對價格的回應。這些上游廠商僅剩的方法，就是利用下游廠商的訂單進行預測。然而沒有人能夠保證下游廠商所提供的訂單資訊就是正確的，下游廠商可能對著需求有著錯誤的理解、或者是自作聰明，最後下游廠商所犯的錯誤終將導致上游廠商高庫存以及高成本，引發長鞭效應。在1961年，由Forrester研究機構提出「長鞭效應」之解釋(Forrester, 1961)。Forrester認為長鞭效應是因為在供應鏈上資訊回饋困難與前置時間延遲所造成需求不穩定的效果。Lee(1997b)提出了四種在供應鏈中造成長鞭效應的主要原因，包含需求預測的不準確、廠商的批量訂購、供給缺貨的不足、產品價格的波動。並提出了企業間的資訊分享是長鞭效應的主要解決方式，而後資訊分享成為此系列研究探討的重要議題。

至今已經有許多學者對供應鏈資訊分享的議題做了研究，多數都以時間序列模型為終端市場需求來建模。而Lee et al. (2000)認為潛在的需求過程可以透過與零售商定期的討論，傳達給更上游的製造商。因此不同的資訊分享程度從此產生，開始比較出不同的程度資訊分享情境所造成的庫存與成本之差異。

但在回顧此系列的研究中，對於廠商一階零售商與二階廠商製造商運作的假設相同。不同的是廠商階層數的高低，越高階的廠商將會被長鞭效應影響的更劇烈。其中也表示製造商在過去研究不具有生產的特性，此系列研究的供應鏈結構類似於大盤商與小盤商的結構，並不符合製造業產業情況。因此本研究將在供應鏈資訊分享的研究中，加入製造商的生產特性。

1.2 研究方法與目的

本研究將接續過往研究，在既定的資訊分享模式與模型下，對製造商建立出三種不同的產能規劃，包含模擬最佳化產能規劃法、平均產能規劃法與追逐需求產能規劃法。並進行實驗設計與模擬，探討在各種情況時，三種總體規劃策略之差異。

本研究主要目的如下：

1. 整理供應鏈中資訊分享的相關研究，探討過去研究在製造商產能部分的假設，並區分出本研究產能假設與以往研究的差異。
2. 以模擬的方式，在既有的資訊分享模式下，獲得製造商使用模擬最佳化產能規劃法、平均產能規劃法與追逐需求產能規劃法時所得到之利潤。
3. 探討各資訊分享程度下，各別參數組合與整體參數組合下，製造商的三種總體規劃策略之間是否具有顯著差異。

1.3 研究架構

本研究共分成五大章進行討論。圖 1.1 為本篇論文之研究架構。第一章緒論將闡述本論文的研究背景、動機，並說明研究方法及目的，最後列出本論文的研究架構。第二章文獻探討將分為三個部分，首先將對過去資訊分享在供應鏈上的文獻進行探討，發現過去研究對於產能假設是相當薄弱的，最後進行文獻統整。第二個部分與第三個部分，則將針對製造商規劃產能的方法，在方法論上進行介紹。第三章供應鏈之設計與建置，3.1 中將在次定義本研究求解之問題，接著建立出研究基本假設與符號說明。3.2 會介紹本研究之總體規劃問題，而後提出製造商的三種總體規劃策略，並描述製造商規劃總體規劃之方法。3.3 中將介紹過去研究所建立之資訊分享的模型，數學模式、分享內容會一併解釋。第四章結果分析，4.1 將篩選出過去研究之重要因子，與本研究產能規劃之重要因子做結合，進行實驗設計並重覆實驗，4.2 與 4.3 探討各資訊分享程度下，各別參數組合與整體參數組合下，製造商的三種總體規劃策略之間是否具有顯著差異。第五章結論與未來研

究方向，總結本研究之結果，並針對不足與可更進一步探討之處，提出未來研究的建議與方向，以供他人進行後續相關發展。

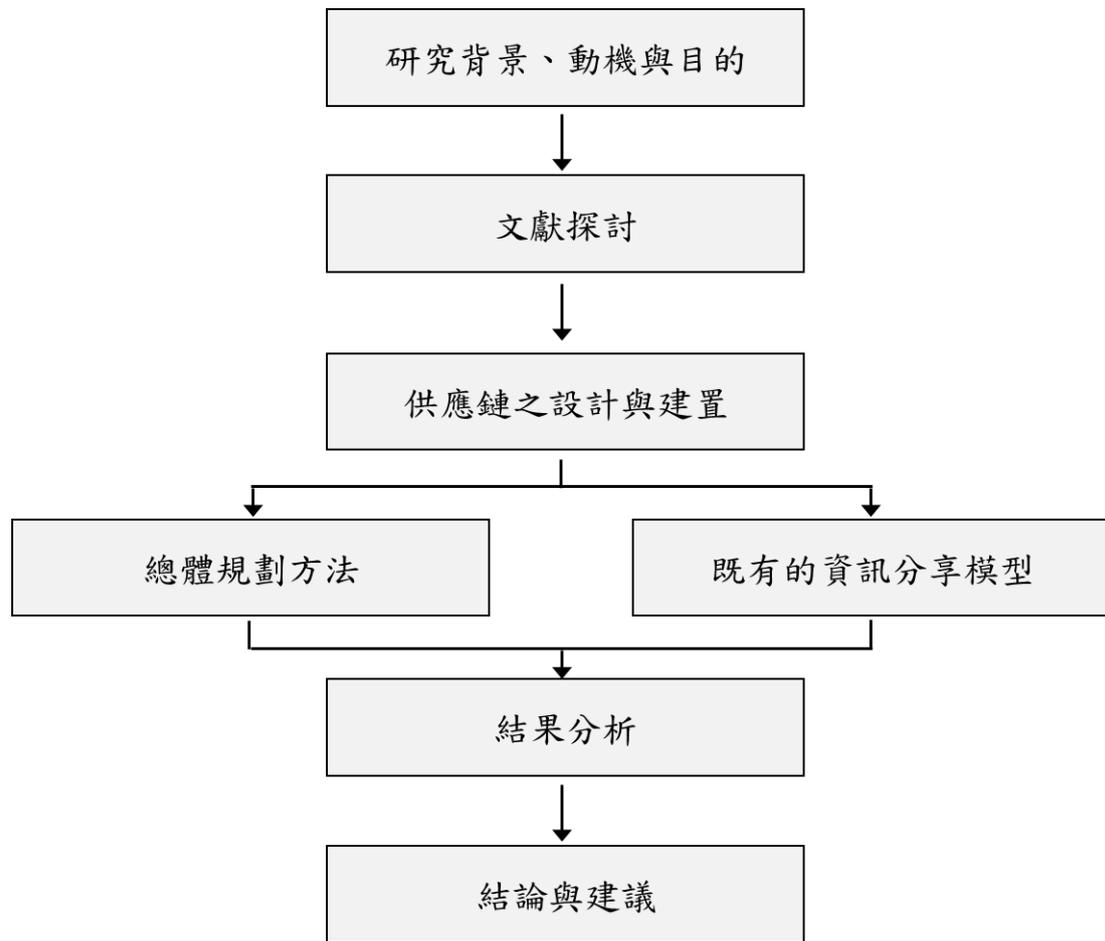


圖 1.1 論文之研究架構

第二章 文獻探討

本章將對探討過去資訊分享研究發展的脈絡，並統整出過去研究不嚴謹之處與發展製造商產能策略的動機。之後將會針對最佳化的產能策略探討最佳化的方法。

2.1 供應鏈資訊分享文獻探討

在 Forrester(1961)第一次提出長鞭效應的概念後，有許多的研究設法在證明長鞭效應的存在，但形成長鞭效應的主要因素並未有人提出。一直到 Lee(1997)提出了四種在供應鏈中造成長鞭效應的主要原因，包含需求預測的不準確、廠商的批量訂購、供給缺貨的不足、產品價格的波動。同時提出企業間的資訊分享是長鞭效應的主要解決方式，但在此時資訊分享還只是一個概念性的做法，還沒有研究能證實資訊分享是一個有效消除長鞭效應的方法。

直到了 Lee et al.(2000)使用時間序列法 AR(1)為市場需求，利用數學推導建立出二階單廠的供應鏈，即一個零售商與一個製造商的結構。期中假設了零售商與製造商皆使用定期盤存(Periodic Review)中訂購到目標存貨的存貨政策(Order-Up-To-Level policy)，且建立出 2 種資訊分享程度，包含無資訊分享與資訊分享。在無資訊分享中，製造商只能使用零售商的向製造商發出的歷史訂單，來決定最大存貨水準計算出對上游的訂購量。在資訊分享中，製造商將可以藉由零售的資訊分享，因而得到終端的市場需求。製造商將可以使用市場需求來準備存貨，不會被零售商對製造商的訂購量給影響。因此在資訊分享時，製造商將不會被零售商對市場需求的誤判、自做聰明給影響。在比較資訊分享與無資訊分享後，研究結果發現資訊分享可以降低製造商的存貨水準與成本。

Yu et al. (2002)延續 Lee et al. (2000)的資訊分享模型發展，使用數學模式推導將資訊分享區分為 3 種不同的程度，如圖 2.1：(1)僅分享訂單資訊，即無資訊分享；(2)分享訂單之外，零售商亦分享了顧客需求資訊給製造商；(3)透過電子數據交換(Electronic Data Interchange)，即時分享顧客需求資訊。結果發現隨著資訊分享程度的上升能有效降低製造商的成本與存貨。

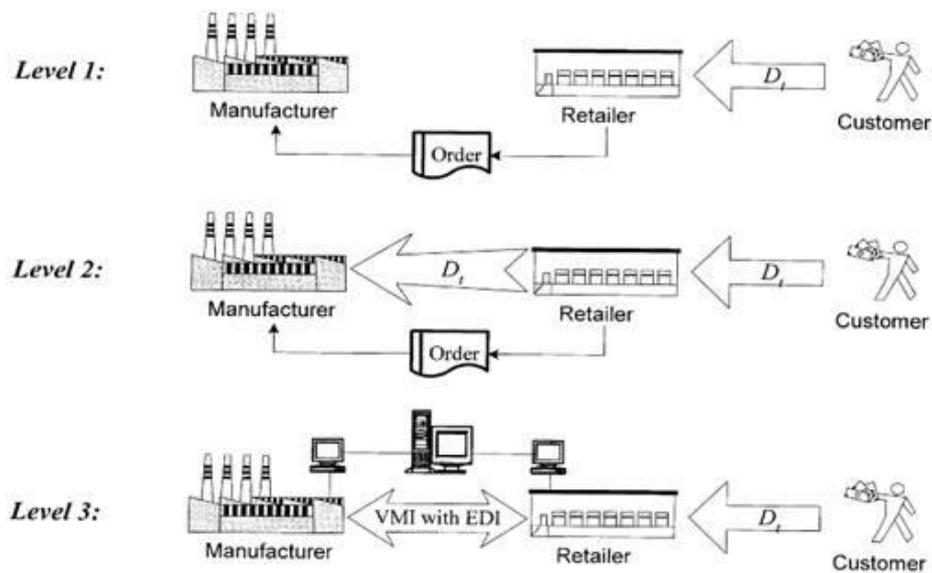


圖 2.1 資訊分享程度圖

資料來源(Yu et al., 2002)

Raghunathan (2001)緊接著 Lee et al. (2000)在次年後發表。Raghunathan 提到在 Lee et al. (2000)的研究中，對於製造商決定存貨的方式可以考量的更精確，如此一來資訊分享的程度就會降低。

Gaur et al. (2005)以 Lee et al. (2000)的資訊分享模型延伸發展，把原本為時間序列 AR(1)的終端市場需求發展成更通用的 ARMA(1,1)模式，並指出需求參數在某些情況下會具有可逆的特性。當需求具有可逆特性時，製造商可以不靠著資訊分享就逆推出真實的市場需求。

Cheng and Wu(2005)延續 Lee et al. (2000)資訊分享模型延伸發展，將供應鏈的結構擴大到多個零售商與一個製造商，推論出資訊分享可以減少庫存水準。

Zhao and Xie (2002)擴大供應連結到四個零售商與一個製造商，運用模擬的方式，使用含趨勢及季節性的模型做為市場需求。資訊分享情境分為兩種，為分享市場需求資訊與訂單資訊。其結果發現資訊分享可以節省成本以及選擇適當的預測模型能改善供應鏈的績效。但此篇研究最重大的缺點為假設訂購的前置時間為零，即廠商在訂購時，上游能夠即時滿足下游的需求。

Babai et al.(2013)利用數學推導出二階供應鏈的模型，包含一個零售商與一個製造商，其假設的市場需求為 ARIMA(0,1,1)模式，是一個整合移動平均的序列。研究中探討兩個資訊分享模式，為無資訊分享與未來的預測訂單分享。

Simchi-Levi & Zhou(2003, 2004)利用數學模式推導，建立起兩階供應鏈包含一個零售商與一個製造商。並假設零售商面對的外部需求為獨立且服從相同分配的隨機數，且存貨政策使用的是訂期盤存中訂購到目標的存貨政策。而此研究為了簡化問題的複雜度，將存貨政策中的目標存貨水準設為常數。

Davis et al. (2011)建立起二階供應鏈，包含一個零售商與製造商。探討的內容是當零售商與製造商的倉庫具有限制時，資訊分享所具有的效益。結果顯示資訊分享可以減少失去的訂單，讓零售商與製造商少損失 7% 與 16% 的成本。

林芸甄(2012)延續 Yu et al.(2002)的研究，但在資訊分享模型之中，只使用 Yu 的前兩個資訊分享模式，即(1)僅分享訂單資訊；(2)分享訂單之外，零售商亦分享了顧客需求資訊給製造商，並不討論 EDI 即時分享需求的情形。林雲真使用了 Yu 的模型進行模擬研究，發現在某些需求參數時資訊分享帶來的效益更高。

吳銘哲(2014)指出 Lee et al.(2000)與 Yu et al.(2002)等研究中，假設的無資訊分享其實還是分享了潛在的需求模型。因此吳銘哲建立了不分享需求模型的無資訊分享，運用了基本統計量取代了無資訊分享中使用時間序列模型的假設。

表 2.1 供應鏈結構假設、資訊分享相關整理

| 作者 | 供應鏈結構 | 存貨系統 | 預測模型 | 資訊分享程度 |
|--|----------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Lee et al. (2000) | 一個零售商 一個製造商 | Order-up-to-level-system | AR(1) | 無資訊分享 需求資訊分享 |
| Z Yu, Yan, and Cheng (2002) | 一個零售商 一個製造商 | Order-up-to-level-system | AR(1) | 無資訊分享 需求資訊分享 即時需求資訊分享 |
| Zhao and Xie (2002) | 一個零售商 四個製造商 | Order-Quantity system (EOQ) | 含趨勢季節的預測模型 | 無資訊分享 未來訂單資訊分享 |
| Simchi-Levi & Zhou (2003,2004) | 一個零售商 一個製造商 | Order-up-to-level-system | Normal (μ, σ^2) | 無資訊分享 未來訂單分享 |
| Gaur et al. (2005) | 一個零售商 一個製造商 | Order-up-to-level-system | ARMA(1, 1) | 無資訊分享 需求資訊分享 |
| Cheng and Wu (2005) | 一個零售商 多個製造商 | Order-up-to-level-system | AR(1) | 無資訊分享 需求資訊分享 |
| Davis et al. (2011) | 一個零售商 一個製造商 | 自定義 | Binomial Uniform Poisson | 無資訊分享 潛在模型分享 |
| M. Babai, M. M. Ali, J. Boylan, and A. A. Syntetos (2013a) | 一個零售商 一個製造商 | Order-up-to-level-system | ARIMA(0, 1,1) | 無資訊分享 需求資訊分享 |
| 林芸甄 (2012) | 一個零售商 一個製造商 | Order-up-to-level-system | AR(1) | 無資訊分享 需求資訊分享 |
| 吳銘哲(2014) | 一個零售商 一個製造商 | Order-up-to-level-system | ARMA(1, 1) AR(1) | 無資訊分享 訂單資訊分享 需求資訊分享 |

表 2.2 資訊分享之效益與假設相關整理

| 作者 | 是否考慮 Lead time | 資訊分享 是否有效益 | 是否考慮 產能限制 |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|--------------|
| Lee et al. (2000) | ✓ | ✓ | |
| Z Yu et al. (2002) | ✓ | ✓ | |
| Zhao and Xie (2002) | | ✓ | |
| Simchi-Levi & Zhou (2003,2004) | ✓ | ✓ | ✓ |
| Gaur et al. (2005) | ✓ | ✓ | |
| Cheng and Wu (2005) | ✓ | ✓ | |
| Babai et al. (2013a) | ✓ | ✓ | |
| Davis et al. (2011) | ✓ | ✓ | |
| 林芸甄 (2012) | ✓ | ✓ | |
| 吳銘哲(2014) | ✓ | ✓ | |

2.1.1 供應鏈資訊分享文獻小結

在大多數過去的研究中，皆假設製造商沒有產能的限制，換句話說製造商具有的是無限產能。這種假設對於製造商的角色來說本來就太過簡陋。而 Lee et al.(2000)與 Yu et al.(2002)研究之中，也因產能無限的假設得出的結論只有製造商受益。不具產能限制的製造商，將能滿足零售商的所有要求。所以資訊分享後獲得資訊的只有製造商，製造商能利用資訊分享獲得終端市場需求；而零售商並不會因為資訊分享得到更好的訂單滿足，因為在所有假設下，製造商的無限產能將能滿足他的所有要求。而在 Simchi-Levi & Zhou(2003, 2004)研究中，雖然有考慮的產能，但研究中過又把產能結構過於簡化。如此產能限制的假設，與假設製造商具有最大訂購量的限制無異，並不算是考量到製造商的生產特性。

本研究以製造商的產能限制與生產特性作為考量，在製造商的角色中加入總體規劃。使製造商不同於以往的研究，能夠考慮需求的波動來調整產能，並使用模擬最佳化的方法讓製造商能夠適應含有隨機性的供應鏈需求，最後比較模擬最佳化的方法與一般啟發式方法的差異。

2.2 粒子群最佳化演算法

粒子群最佳化演算法(Particle Swarm Optimization Algorithm)是一個搜尋全域最佳解的啟發式演算法，此演算法源自於 Kennedy and Eberhart(1995)。粒子群演算法搜尋最佳解的概念模擬生物搜尋食物的過程，主要來自於對鳥群覓食、魚群覓食與蜂群覓食，或者是對人社交行為的觀察。粒子群演算法是以群體為基礎(Population-based)的最佳化工具，可以很容易的去求解方程式最佳化問題，或者是求解任何可以被轉換為方程式的問題。與現今許多廣泛使用的演算法，如基因演算法(Genetic Algorithms)、模擬退火法(Simulated Annealing)，粒子群演算法有一個主要的優勢，就是它具有非常快速的收斂速度。因粒子群演算法是以群體為基礎的啟發式(Heuristics)演算法，依靠的是決策變數的相關性如何去得到更好的相依變數，使用智慧的移動策略(Movement Strategy)從上組決策變數移動到下一組更佳的決策變數，造成他的快速收斂。但也因此在某些情況下可能導致它過早的收斂，落

入了區域最佳解，這也是粒子群演算法的缺點之一。儘管如此，多數的缺點還是能在參數調整中進行解決。

本研究將使用最佳化方法求解總體規劃問題，Islam et al.(2014)採用粒子群最佳化演算法與基因演算法應用於真實世界問題 (Real-World Problem) 中的總體規劃問題，並進行兩個最佳化方法的比較，重要結果顯示出粒子群演算法能在更短的時間中得到更佳的目標函數值，並結論出粒子群最佳化演算法能有效求解總體規劃問題。

同樣最佳化求解總體規劃問題，林詩彥(2011)利用線性規劃方式，將數學模型切割成許多個較小的組合，並對個別數學模型的組合使用分散式平行運算，大幅提升求得最佳解的速度，但其中假設的總體規劃問題擁有明確的環境變數。過去總體規劃的最佳化方法多數都只針對確定性的問題求解，本研究求解總體規劃問題之特性不同於以往，包含對未來未知需求的部分，使用粒子群演算法結合模擬最佳化方法來求解隨機最佳化問題。

2.3 模擬最佳化方法

隨著電腦的發達，電腦被廣泛應用到模擬系統的輸出，進而評估整個系統的優劣。目前模擬的應用到相當多的領域，如供應鏈管理、金融、製造業、工程設計與醫療產業。在模擬中選擇最佳化的參數，將能夠使得運作效果更佳，但要徹底了解這些參數仍然是一個具有挑戰的問題。模擬最佳化方法是一個結合最佳化技術到模擬分析的方法。由於整個系統的複雜度，目標方程式的可能很難、或者很昂貴才能被衡量出來。因此，目標方程式會存在於每次模擬的輸出結果中。然而不準確的目標方程式還是常常複雜化了最佳化的過程。雖然在很多情況下可以利用導數來求解，但在大多數這樣的問題中，導數的方法得到的解可能不具任何意義，因此某些情況下導數的方法可能不適用。(Deng, 2007)

模擬的過程中，最大的問題就在於每次系統的不確定性。不確定性的產生是因為系統具有隨機性，為了去處理這些因為系統隨機性而產生的結果，可以採用簡單效率法(Simple and Effective Approach)。他是一個對每組樣本多次採樣的方法，利用多次採樣的平均來降低不確定性。因為單一次採樣

一定會被系統的隨機性給影響，而此方法沒有特定的程序，但他能夠得到一組好的解，雖然這組解不會是特定的一組解。

模擬結果輸出的不穩定，通常是被白雜訊(White Noise)給影響。若 ε 是一個白雜訊，則 ε 的期望值 $E(\varepsilon) = 0$ 。不管系統的輸入參數相不相同，白雜訊在每次模擬中產生的影響都是獨立的。在某些情況下為了去比較輸入參數之間的差異，我們可以把模擬中的隨機種子(Random Seed)固定，如此一來每次系統產生的隨機因子都將成為常數，這個方法稱為固定隨機數值(Common Random Number)。

此外，現在一些常與模擬最佳化結合的最佳化方法，分別是反應取面法(Response Surface Methodology)、啟發式的方法(Heuristic Methods)與隨機近似法(Stochastic Approximation)，本研究所結合的粒子群演算法是隸屬於在啟發式的方法中。

第三章 供應鏈之設計與建置

本章主要是在建立出二階供應鏈模型，其中廠商包含一零售商與一個製造商。此供應鏈會有無資訊分享、資訊分享 1(分享需求模式、零售商訂單)、資訊分享 2(分享需求模式、零售商訂單與市場需求)三種資訊情境，本研究將針對製造商建立出製造商的產能總體規劃方法：模擬最佳化產能規劃法，與其他兩個具一般性的啟發式產能規劃法。

3.1 問題描述

本節將對本研究之問題進行定義，並建立基本假設與符號假設。

3.1.1 問題定義

在過去供應鏈資訊分享的研究中，許多研究分別針對了供應鏈中不同議題進行探討，其中這些議題包涵(1)前置時間、(2)供應鏈廠商結構的不同、(3)廠商的庫存堆積與缺貨、(4)各階廠商存貨政策之差異、(5)資訊分享的程度帶來之效益。在這些議題之中，大多數所使用最簡要的結構是二階供應鏈單廠商的結構進行研究與分析。在過去的假設下，絕大多數的研究並沒有考量到製造商具有產能的限制。只有少數的研究有考量到產能，並對每一期產能設定最大上限，在此看來這是遠遠不足的。過去那些沒有設定產能限制的研究中，製造商只不過是一個分銷倉庫，他的運作模式與零售商是相似的。而在那些考量製造商產能的研究，也只不過是對製造商的產能假設了每期最大的上限，產能的分配與抉擇應該是都兩難的問題，製造商應該是要可以根據需求來決定產能的配給，而不是只有最大上限來限制製造商。上述的研究皆沒有考量到製造商是一個生產的角色，少了生產特性的製造商在整體供應鏈中，供應鏈結構就像是一個盤商接著另一個盤商，最後連接市場。因此本研究針對製造商的生產特性做考量，製造商將在有限的時間內進行總體規劃，並提出最佳化的方法與一般啟發式的方法，探討不同總體規劃策略間的利潤差異。

3.1.2 基本假設

1. 本研究為一零售商及一製造商所組成之兩階層供應鏈結構並考慮為單一產品。每一期顧客會有需求向零售商購買，因此，零售商每期都會跟製造商下訂單，而製造商也會每期上游進行補貨。而零售商與製造商皆為定期盤存制並且允許缺貨後補，廠商須承擔缺貨成本。
2. 本研究忽略機台的整備時間以及運輸時間。
3. 由於經過長期之訂購，假設零售商與製造商之前置時間為已知。
4. 本研究之模擬的期數採用相對期數，如：零售商的第一期，不為製造商的第一期。
5. 市場需求為隨機值；當資訊分享時，期望需求值、自我相關係數、前置時間內的總需求期望值與變異數為已知的參數值；而無資訊分享時，則為未知的參數值。
6. 當各階廠商配送貨品時，如遇缺貨則會限制下游的當期收貨量，且下由廠商無法借調其他資源進行補足。
7. 本研究將製造商的生產問題限制在總體規劃終，因此製造商利用擴場與購買設備來增加產能的問題不在探討範圍。

3.1.3 符號假設說明

在本研中所使用之符號可以供應鏈中的成員進行區分，包含市場之符號、零售商之符號與製造商之符號。成員之區別可以藉由符號之下標進行辨識，分別為 c 、 R 、 M 。 c 表示的是市場的符號參數， R 表示的是一階廠商零售商的符號參數， M 表示的是製造商的符號參數。

而在各個供應鏈成員之中，又可將符號參數拆為三個部分，分別為模擬前「給定的參數」、模擬中供應鏈成員對下游參數的估計以及估計後經過處理之變數，與各成員所使用之「決策變數」。

1. 市場之符號

➤ 給定的參數

- (1) d_c : 需求的常數截距項
- (2) ρ_c : 需求的自我相關係數
- (3) σ_c : 需求的標準差
- (4) p_c : 市場的購買價格

➤ 決策變數

$Y_{c(t)}$: 第 t 期之顧客訂購量

2. 零售商之符號

➤ 給定的參數

- (1) l_R : 零售商的前置時間
- (2) h_R : 零售商的單位持有成本
- (3) π_R : 零售商的單位缺貨成本
- (4) p_R : 零售商的單位訂購成本

➤ 從市場訂單中估計出的參數

- (1) \hat{d}_R : 零售商估計的常數截距項
- (2) $\hat{\rho}_R$: 零售商估計的自我相關係數
- (3) $\hat{\sigma}_R$: 零售商估計的標準差
- (4) $\hat{m}_{R(t)}$: 第 t 期零售商估計前置時間內的需求期望值
- (5) $\hat{v}_{R(t)}$: 第 t 期零售商估計前置時間內的需求變異數

➤ 決策變數

- (1) $M_{R(t)}$: 第 t 期零售商前置時間內的需求期望值
- (2) $V_{R(t)}$: 第 t 期零售商前置時間內的總需求變異數
- (3) $A_{R(t)}$: 第 t 期零售商決定的目標存貨水準
- (4) $Y_{R(t)}$: 第 t 期零售商的訂購量
- (5) $G_{R(t)}$: 第 t 期零售商的收到量
- (6) $I_{R(t)}$: 第 t 期零售商的庫存量

(7) $B_{R(t)}$: 第 t 期零售商的缺貨量

(8) $S_{R(t)}$: 第 t 期零售商的配銷量

3. 製造商之符號

➤ 給定的參數

(1) l_M : 製造商的前置時間

(2) x_M : 製造商規劃期間內的設計產能

(3) z_M : 製造商規劃期間內的維修比率

(4) t_M : 製造商的總體規劃時間的週期

(5) u_M : 製造商的一次總體規劃時間的長度

(6) h_M : 製造商的單位成品持有成本

(7) π_M : 製造商的單位成品缺貨成本

(8) p_M : 製造商的單位原料訂購成本

(9) f_M : 製造商每次的開機成本

(10) n_M : 製造商的單位生產成本

➤ 從零售商訂單中估計出的參數

(1) \hat{d}_M : 製造商估計的常數截距項

(2) $\hat{\rho}_M$: 製造商估計的自我相關係數

(3) $\hat{\sigma}_M$: 製造商估計的標準差

(4) $\hat{m}_{M(t)}$: 第 t 期製造商估計前置時間內的需求期望值

(5) $\hat{v}_{M(t)}$: 第 t 期製造商估計前置時間內的需求變異數

➤ 決策變數

(1) $M_{M(t)}$: 第 t 期製造商前置時間內的需求期望值

(2) $V_{M(t)}$: 第 t 期製造商前置時間內的需求變異數

(3) $Y_{M(t)}$: 第 t 期製造商訂購量

(4) $C_{M(t)}$: 第 t 期製造商的產能

(5) $P_{M(t)}$: 第 t 期製造商的生產量

(6) $J_{M(t)}$: 第 t 期製造商是否有停機維修

- (7) $G_{M(t)}$: 第 t 期製造商的收到量
- (8) $I_{M(t)}$: 第 t 期製造商的庫存量
- (9) $B_{M(t)}$: 第 t 期製造商的缺貨量
- (10) $S_{M(t)}$: 第 t 期製造商的配銷量
- (11) $W_{M(t)}$: 第 t 期製造商的利潤

3.2 總體規劃方法

在本節主要說明本研究考量的種總體規劃之差異，包含模擬最佳化產能規劃法、平均產能規劃法與追逐需求產能規劃法。本研究假設製造商將與以往不同，製造商的運作不在是一個下訂購的過程，在進行決策時製造商必須進行總體規劃，決定產能分配。

3.2.1 總體規劃問題假設

製造商的產能規劃問題，必須追朔至製造商對零售商的預測，預測的結果將影響到製造商的產能分配。製造商產能規劃決策流程如圖 3.1 所示，其中預測的準確度影響到製造商產能規劃的準確度，因此本研究在不同的資訊分享程度下定義出不同的預測模型，預測模型會在 3.3 節介紹。

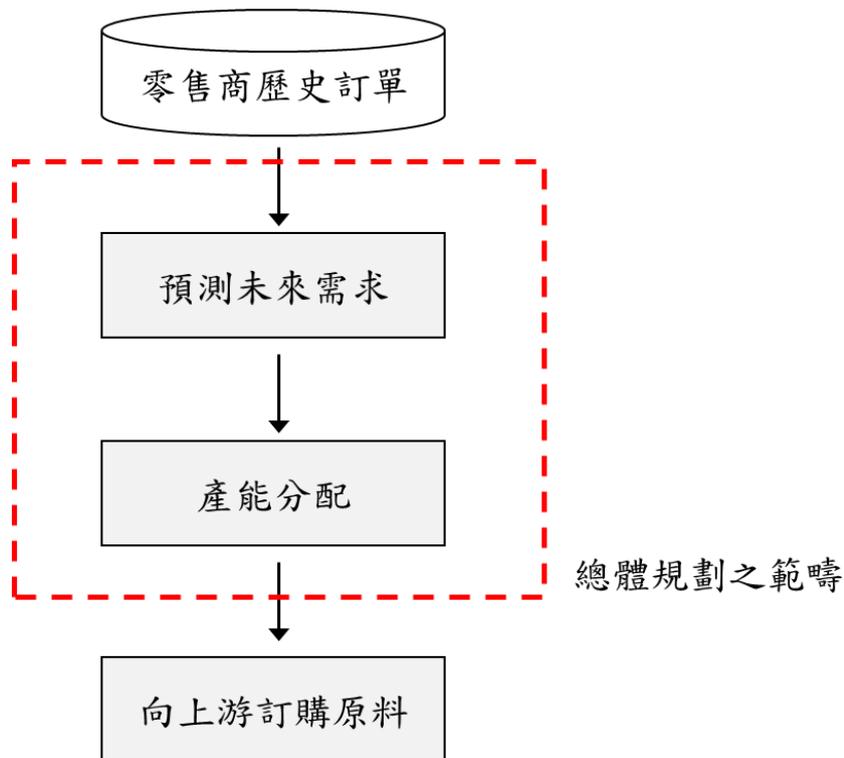


圖 3.1 製造商總體規劃之決策流程

製造商的總體規劃是一個固定週期的行為，每當模擬期數到達循環週期(t_M)時，製造商就會開始針對此次的規劃期間展開預測與配給產能，其中規劃期間為($t + l_R \dots t + l_R + u_M$)。

本研究探討的範圍只在總體規劃期數的長度(u_M)與規劃循環週期(t_M)相同。圖 3.2 將用範例進行說明，假設製造商的前置時間($l_M = 1$)、規劃週期與總體規劃一次的長度($t_M = 4$)，規劃的循環週期($u_M = 4$)。且上一次規劃，製造商的第三次總體規劃在第 12 期，因此第四次總體規劃將在第 16 期開始。

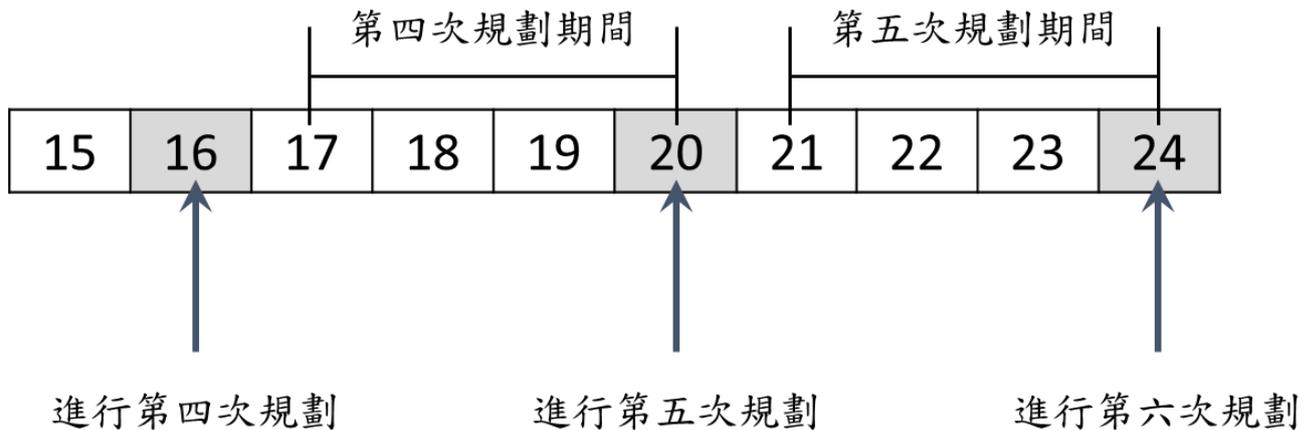


圖 3.2 製造商總體規劃期數示意圖

在每次總體規劃期間內，製造商會被有限的設計產能(x_M)給限制，而且製造商必須排定一定的維修比例(z_M)進入設計產能中，以確保機台能穩定生產不發生故障。亦即設計產能是一個母集合，其中存在互補的兩個子集合：(a)配給產能(C_M)與(b)維修(J_M)。

設計產能為模擬中給定的參數，製造商將會把設計產能分配到每個期數上，這些被分配的產能就是配給產能，配給到產能的部分可視為製造商當期的機台開機時間，製造商在這些時段內可自行決定生產量。而每日的配給產能將會有最大的配給上限，用於限制製造商每期的最大生產量，最大的每日產能配給限制為(x_M/u_M)。

在製造商開始進行總體規劃後，規劃完的結果會獲得每期的機台開關機資訊、產能分配、生產量，而後利用生產量向前推至製造商的前置時間期，可推算出每期向供應商訂購量。如在製造商的第四次總體規劃($t = 16$)期時，參數設計產能($x_M = 50$)、維修比例($z_M = 0.2$)，則製造商的可用產能($\sum_{t=17}^{20} C_M(t) = 40$)，製造商必須把這些可用產能分配至規劃期間。

$$\sum_{t=17}^{20} C_{M(t)} = 50 \times (1 - 0.2) = 40$$

分配完畢時即可判斷開機狀態，倘若 17 期完全不生產，則機台則為關機狀態；若 17 期產能達到滿載($C_{M(17)} = x_M/u_M$)，則視為製造商機台全天使用，隔天不必在重新開機，可以省去機台整備成本(f_M)。在每天配給之產能 $C_{M(t)}$ 之下，也就是機台開機時，製造商可以自行決定生產量($P_{M(t)}$)。

圖 3.2 描述的是製造商下訂單之情況，當製造商前置時間($l_M = 1$)、規劃週期與總體規劃一次的長度($t_M、u_M = 4$)，製造商在 16 期規劃完畢時，得到 17 期至 20 期的機台生產量($P_{M(t)}$)，以 17 期的生產量為例，則製造商可知道 16 期必須向供應商下訂單的數量，其必要的生產原物料將會在 17 期到達製造商的廠房，供製造商生產所需。

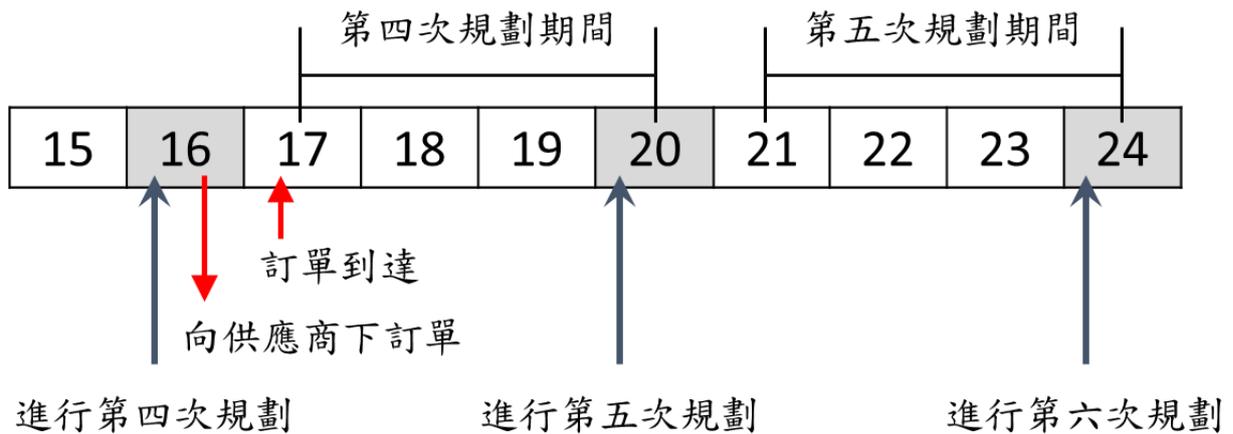


圖 3.3 製造商下訂單之示意圖

3.2.2 模擬最佳化產能規劃法

本研究將粒子群最佳化演算法(Particle Swarm Optimization Algorithm)及模擬最佳化方法(Simulation Based Optimization)結合，發展出製造商的總體規劃方法。本節將敘述粒子群演算法及模擬最佳化方法，與最後將兩者結合的模擬最佳化產能規劃方法，並應用於本研究供應鏈模型製造商的角色中。

1. 粒子群最佳化演算法(Particle Swarm Optimization Algorithm)

(1) 粒子群最佳化演算法之概念—以鳥類覓食為例

此處將舉例說明粒子群演算法搜尋最佳解的過程，以鳥類覓食的過程為例。粒子群演算法存在四個概念，(a)鳥的位置、(b)食物位置、(c)每隻鳥自己曾經最靠近食物的位置、(d)整體鳥群曾經最靠近食物的位置。鳥群會在迭代之後移動，移動的目的是為了讓自己更靠近食物，同時探索自己所在的位置是否更靠近食物。鳥群移動的根據主要可以分為兩個，分別是在個體中的行為認知(Cognitive Behavior)與在群體中的社會認知(Social Behavior)。移動時鳥會參考自己曾經最靠近食物的位置即為「行為認知」；移動時鳥會參考整體鳥群曾經到過最靠近食物的位置即為「社會認知」。

圖 3.4 表示的是個體鳥的行為認知(Cognitive Behavior)，個體鳥自己能夠利用嗅覺感知自己與食物的接近程度並加以量化，此處假設越靠近食物時得到的分數就越高。在 Iteration 1 時個體鳥的位置與食物接近的程度是 100 分，經過隨機移動後，在 Iteration 2 牠到達第二個位置，此處與食物的接近程度有 80 分，而 Iteration 3 時，本身的位置與食物的接近程度是 50 分，則因為 Iteration 1 的 100 分比 Iteration 2,3 的 80 分與 50 分都還要高。因此在 Iteration 2,3 移動時，個體的行為認知會影響個體鳥往 Iteration 1 的位置移動。

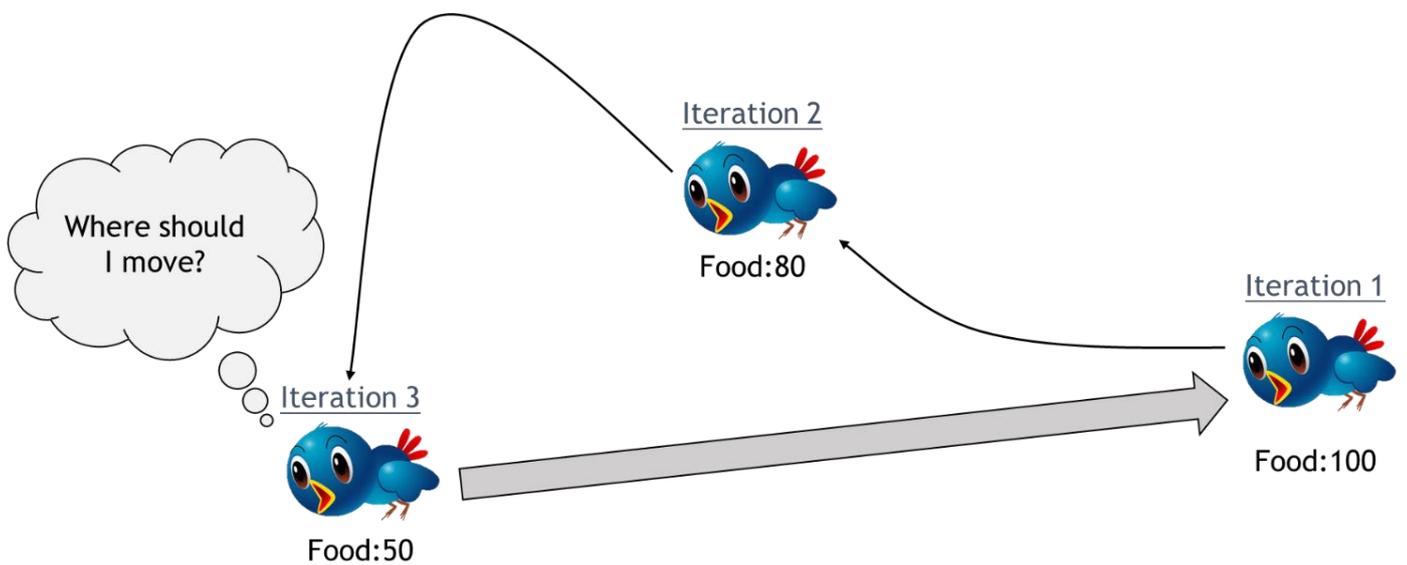


圖 3.4 粒子群演算法中個體行為認知(Cognitive Behavior)示意圖

圖 3.5 表示的是群體鳥的社會認知(Social Cognitive)，社會認知指的是個體鳥能夠在鳥群間彼此學習。在圖中表示的是在第一次迭代下，個體鳥查覺出鳥群中的 Bird 1~4 都比牠還要靠近食物，因此在移動時個體鳥會被影響往最靠近食物的那隻鳥移動。圖中 Bird 4 有 400 分，剩過 Bird 1~3 的 150 分、100 分、100 分，因此個體鳥會往 Bird 4 的位置移動。

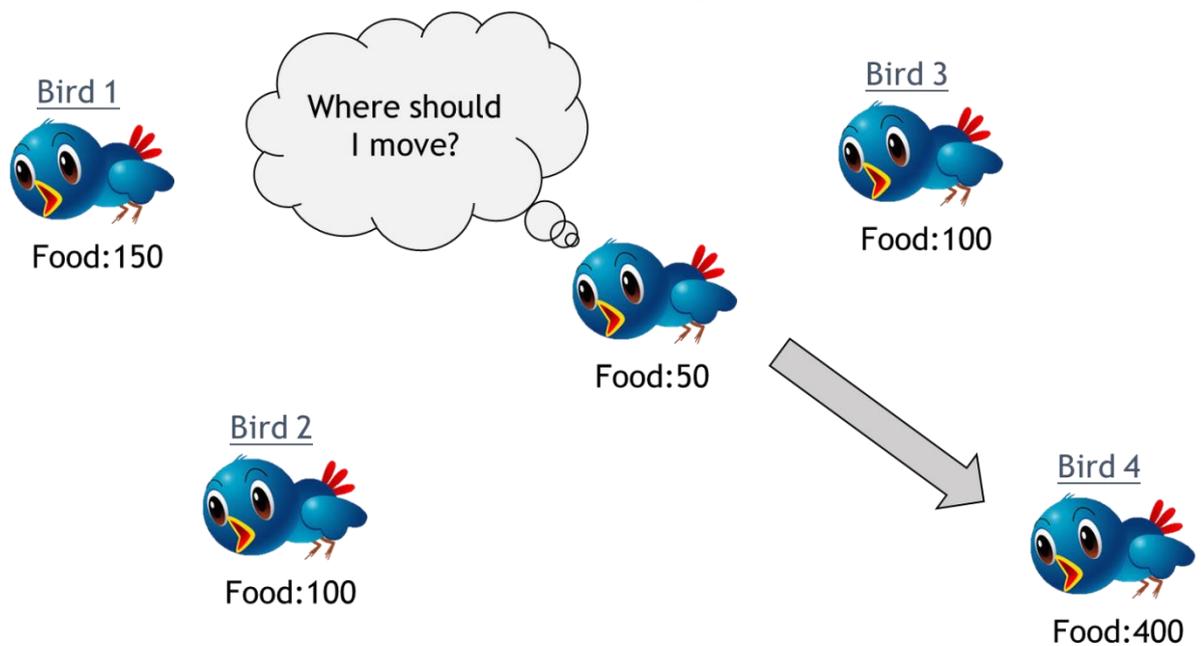


圖 3.5 粒子群演算法中群體社會認知(Social Cognitive)示意圖

表 3.1 鳥類例子與粒子群演算法參數名稱之轉換

鳥類例子與粒子群演算法參數名稱之轉換如下：

| 參數次序 | 鳥類例子之參數名稱 | 粒子群演算法之參數名稱 |
|------|---------------------|-------------|
| a | 鳥的位置 | 粒子位置 |
| b | 食物的位置 | 解的位置 |
| c | 每隻鳥自己曾經最靠近 食物的位置 | 個體最佳解 |
| d | 整體鳥群曾經最靠近 食物的位置 | 群體最佳解 |

(2) 粒子群演算法之數學模式

粒子群演算法是在一個決策變數有 D 個圍度的空間中，參考個體最佳解與群體最佳解，並在每次迭代中不斷改變自己的位置，最後收斂得到最佳解的搜尋方法。每一次迭代中都有一群粒子，此處一群指的就是 i 個粒子，每個粒子都有 D 個圍度。 X_{id} 表示的就是第 i 個粒子的第 d 個維度之位置 ($d=1, 2, \dots, D$)， V_{id} 表示的就是第 i 個粒子的第 d 個維度之位移量，則每一次迭代粒子位置的前後關係：

$$X_{id}(k+1) = X_{id}(k) + V_{id}(k) \quad , \text{where } d=1,2,\dots,D$$

粒子的位移量 (V_{id}) 也會每次迭代而改變， V_{id} 的前後關係可以定義為：

$$V_{id}(k+1) = cV_{id}(k) + c_1r_1(P_{id}(k) - X_{id}(k)) + c_2r_2(P_{gd}(k) - X_{id}(k))$$

其中，

k 迭代次數

P_{id} 個體最佳解

P_{gd} 群體最佳解

c 上次位移的權重

c_1 個體最佳解的權重

c_2 群體最佳解的權重

r_1, r_2 隨機數值(通常為 0~1)

$c_1r_1(P_{id} - X_{id})$ 表示的是個體的行為認知， $c_2r_2(P_{gd} - X_{id})$ 表示的是個體的社會學習。因此位移 V_{id} 的前後關係可以解釋為，這次的位移改變量等於上一次的位移改變量加上個體的行為認知以及社會認知。

(3) 粒子群演算法之流程圖

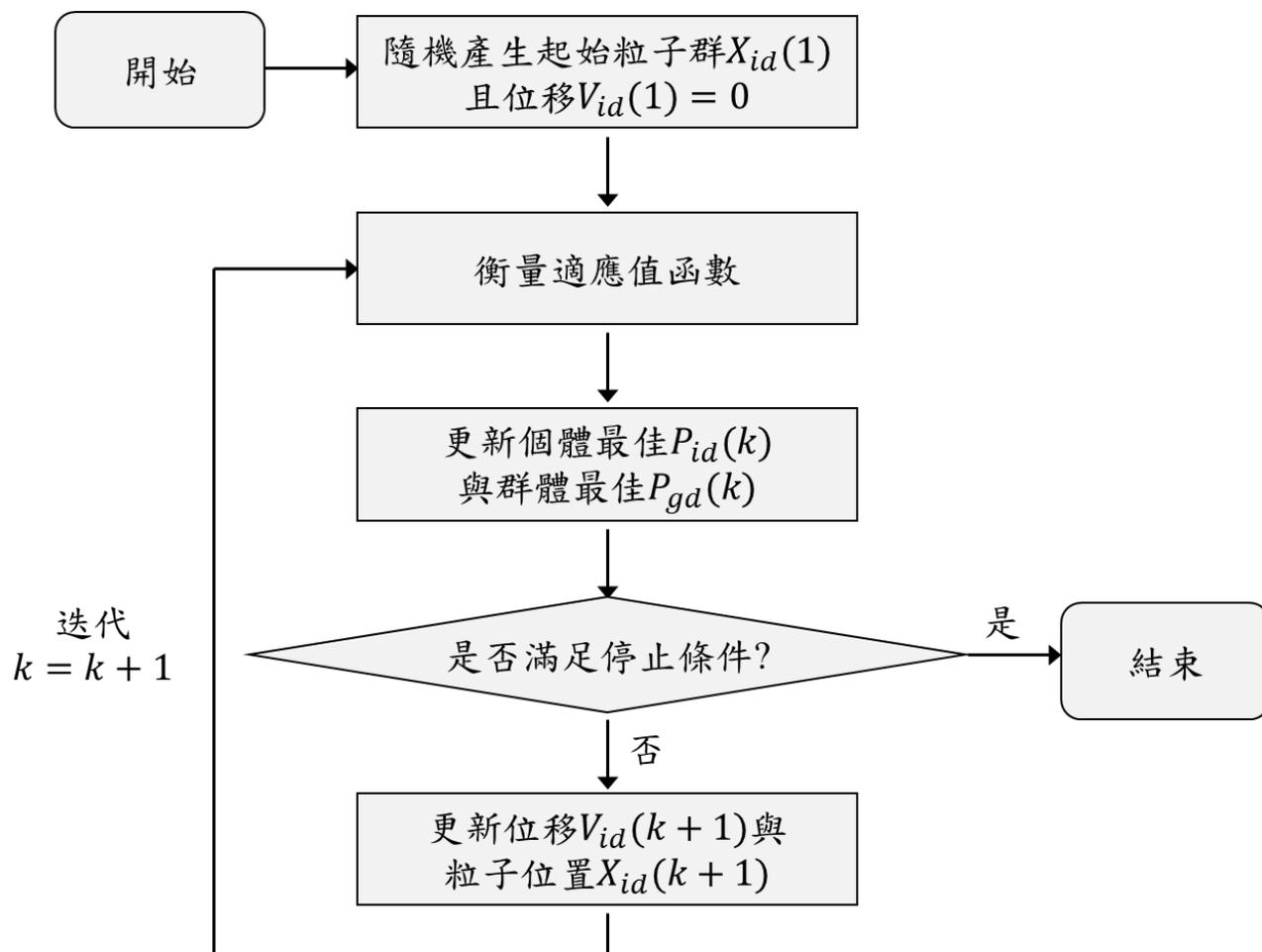


圖 3.6 粒子群演算法流程圖

2. 模擬最佳化方法(Simulation-Based Optimization)

在現實生活中存在的系統，通常不是全部的系統參數皆可由使用者進行控制，可能只有部分的參數可由使用者進行控制。且存在部分的參數是使用者無法控制的隨機因子，隨機因子將會擾動每一次系統產生的結果，這些隨機因子通常來自於知識的缺乏、控制能力精度的不足。

隨機問題在現實中具有多的形式，在理論上可以建立出以下簡單的隨機模型：

$$\max_{x \in \Omega} f(x) = E[F(x, \xi(\omega))], \quad (3-1)$$

Where $\Omega = \{x \in \mathbb{R}^n : l \leq x \leq u\}$.

存在一個最大值問題 $f(x)$ ，目的是為了控制 x 使得 $f(x)$ 最大。 $f(x)$ 受到兩個變數所影響，分別是 x 與 $\xi(\omega)$ 。 x 表是的是在整個系統中，可由使用者控制的變數， l 與 u 分別表示參數 x 的上下界。 $\xi(\omega)$ 表示的是在整個系統中的隨機因子，且在任何隨機因子下 $f(x)$ 都存在凸面(Convex)。

模擬最佳化方法(Simulation-Based Optimization)能夠有效的去求解 $\min_{x \in \Omega} f(x)$ 。模擬最佳化主要是使用 Monte Carlo 模擬隨機問題，在模擬之後可以得到多種輸出的環境變數，最後結合最佳化方法，使得 $f(x)$ 有著最佳的期望值。

圖 3.7 表示面對一個含有隨機性環境，要找出最佳輸入參數(x)的模擬最佳化過程，參數(I)表示模擬迴圈的次數，參數(U)表示環境變數(Condition Variable)的組數。流程開始時，會針對模擬迴圈的次數(I)與環境變數的組數(U)的假設，在步驟 1 的時候利用模擬隨機產生(U)組環境變數；而在步驟 2 的時候使用最佳化方法將對求解這(U)組環境變數下最佳的輸入參數(x)，同時有著最佳期望輸出 $E(y_{I(1)}, y_{I(2)}, \dots, y_{I(U)})$ ；在步驟 3 的時候將會去比較此次與上次求出來的期望輸出 $E(y_{I(1)}, y_{I(2)}, \dots, y_{I(U)})$ 是否具有差異，如果差異過大則更新模擬迴圈次數，並隨機模擬產生前一次 U 組環境變數 n 倍組數的環境變數，每次模擬迴圈增加時，環境變數的組數將會變為 $n \times U$ 組。在這樣子的考量下，隨著模擬迴圈數的增加，最終期望輸出將會收斂，並得到最佳的輸入參數(x)，可認為這組最佳輸入參數(x)已經熟悉了環境變數的變化。

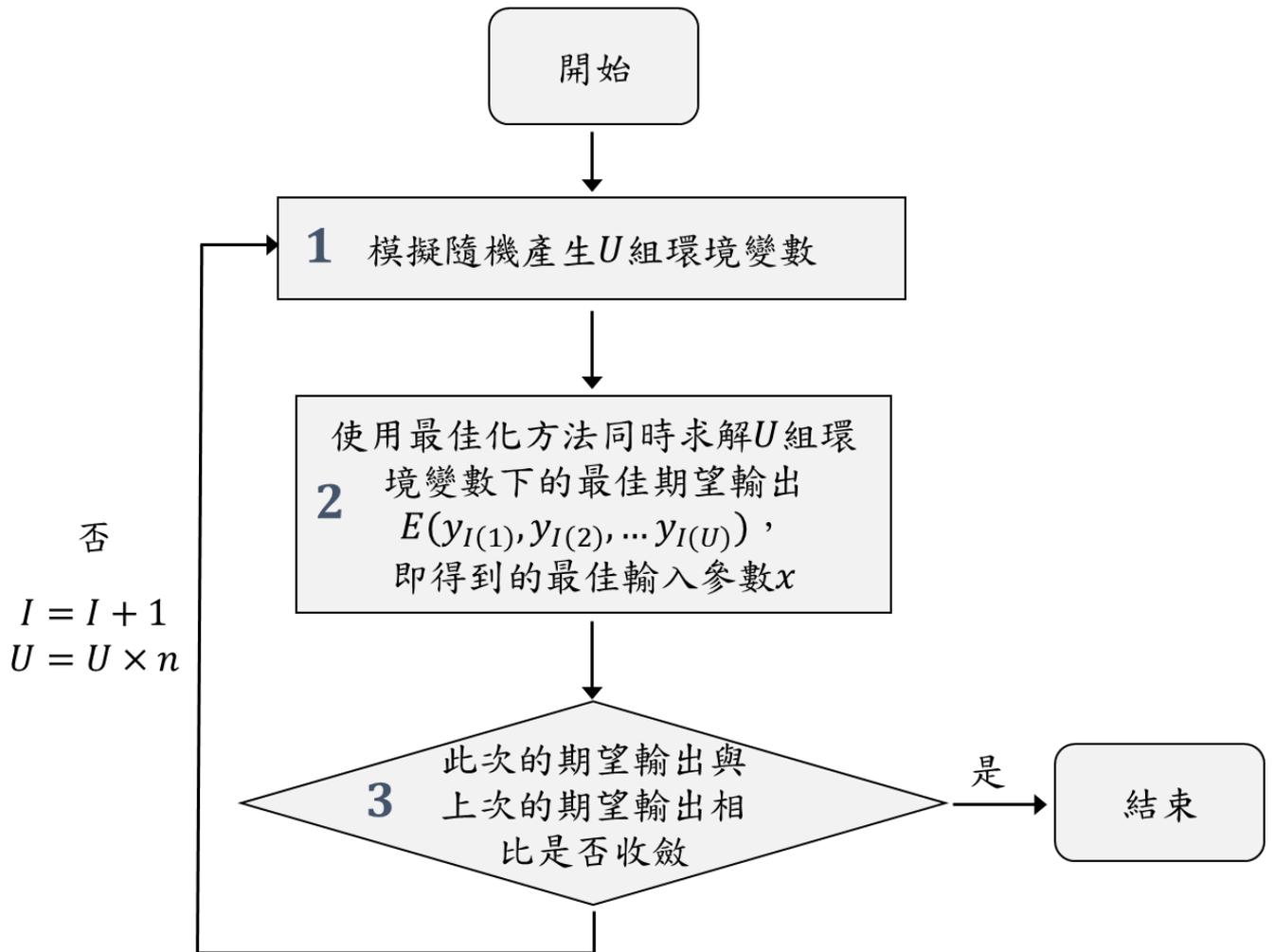


圖 3.7 模擬最佳化方法流程圖

3. 粒子群最佳化演算法結合模擬最佳化方法(Particle Swarm Optimization—Simulation-Based Optimization)

本研究提出粒子群最佳化演算法結合模擬最佳化方法(Particle Swarm Optimization—Simulation-Based Optimization)，以下簡稱為 PSO-SO，來最佳化供應鏈模型中製造商的產能規劃問題。由於製造商在面臨總體規劃問題，必須從預測結果作為考量，如圖 3.1。而製造商對同一組歷史訂單所產生的預測，是會被隨機因子給波動的(預測之數學模型於 3.3 節)。因此總體規劃問題是一個隨機問題，若製造商指針對單一次的需求預測進行最佳化，則會陷入區域最佳解。因此本研究提出 PSO-SO，結合兩種方法最佳化製造商，其中粒子群最佳化演算法能夠針對確定性的問題求解最佳解，而模擬最佳化方法能夠處理問題的隨機性。此兩種方法結合後，可利用模擬最佳化方法模擬多次預測，再利用粒子群演算法對多次預測的需求同時求解最佳解。

PSO-SO 最佳化之流程如圖 3.7，參數之說明置於表 3.2。規劃開始時，製造商會利用過去資料預測未來需求量，起始的預測模擬組數為 ($U = 1$)，即在迴圈($I = 1$)時，會產生 1 組模擬預測。粒子群演算法將對針對這組模擬預測最佳化，搜尋出規劃期間內利潤最高的機台關開機、產能配置與生產量此三個生產資訊。之後將判斷模擬最佳化過程是否結束，結束條件來自於兩個，(a)模擬預測資料的組數(U)要大於最低接受收斂的模擬預測組數 (V)，換句話說模擬預測的資料組數若太少，則無法確認製造商已經考量了需求的各種可能。另外一個結束條件(b)第 I 次迴圈求解出的平均利潤與第 $I - 1$ 次迴圈求解出的平均利潤，兩者間差值的比例如果大於接受收斂的誤差值(e)，則無法接受收斂，同時滿足(a)與(b)時則判斷結束。倘若(a)與(b)其中一個條件並未滿足時，則進入第二次迴圈($I = 2$)，模擬預測資料的組數($U = 2$)。在第二次迴圈中，粒子群演算法將針對兩組預測需求，求解規劃期間內第一組需求解出的平均利潤，與第二組需求解出的平均利潤，兩者平均得到第二次同時求解 2 組模擬預測的平均利潤(\bar{W}_2)。如此一來在第二次迴圈能夠計算利潤之間的差值比例($\frac{\bar{W}_2 - \bar{W}_1}{\bar{W}_1}$)是否小於收受誤差值(e)。本研究實驗中最低接受收斂的模擬預測組數(V)設定為 4，接受收斂誤差值(e)設定為 0.03。

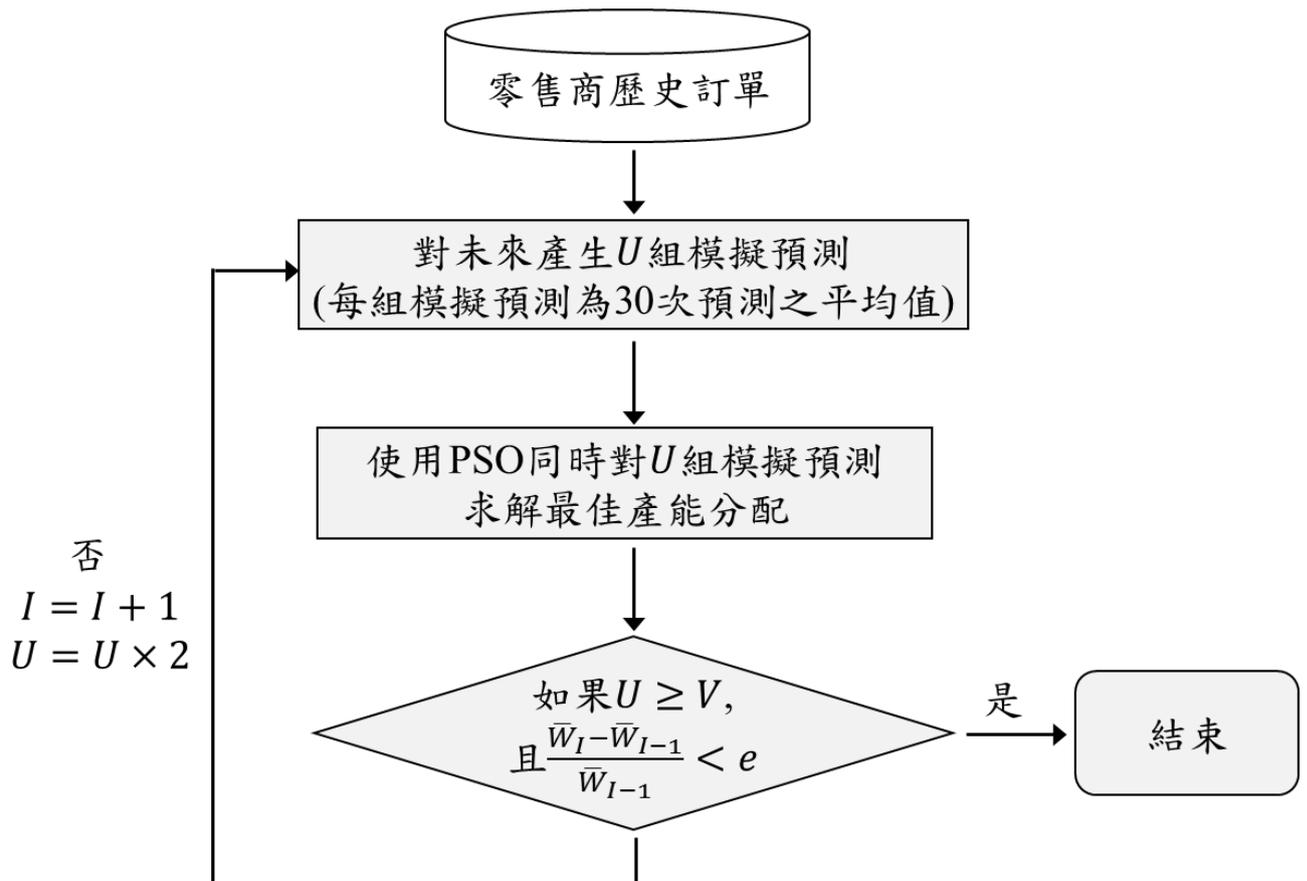


圖 3.8 PSO-SO 最佳化流程圖

表 3.2 PSO-SO 最佳化流程圖之參數對照表

| 順序 | 參數 | 參數名稱 |
|----|-------------|---------------------|
| 1 | I | 迴圈次數 |
| 2 | U | 模擬預測的組數 |
| 3 | V | 最低接受收斂門檻的 模擬預測組數 |
| 4 | \bar{W}_I | 第 I 次求解之平均利潤 |
| 5 | e | 接受收斂的誤差值 |

3.2.3 平均產能規劃法

在少數有考慮產能參數的供應鏈研究中，絕大多數都把產能參數設為一個水準，這個水準代表的是製造商從模擬的最初期，直到最後模擬結束的產能限制。本研究所採用的平均產能規劃法，決定產能的方式類似於這些以往的供應鏈研究。此種總體規劃方法在需求不確定性高時，製造商所冒的風險比較低。

3.2.4 追逐需求產能規劃法

在一般生產管理的叢書中，製造商產能規劃的章節都會提到追逐需求的總體規劃方法。追逐需求產能規劃方法指的是製造商的產能將追逐預測的需求波動，上下調整自己的產能，此種總體規劃方法與平均產能規劃法相比，在需求不確定性低時顯示出製造商高服務水準、低庫存與低缺貨的優勢。

3.3 資訊分享模型

在本節主要說明資訊分享模式之差異，包涵無資訊分享模型與資訊分享 1 與資訊分享 2 三種模型，此三種資訊分享程度引用於吳銘哲(2014)。無資訊分享模型，由於參數與模型並沒有分享，因此參數是藉由參數估計軟體而得，再進行後續推導。資訊分享 1 與資訊分享 2 可利用數學模式推導直接看出數學模型上之差異。

本研究假設此二階供應鏈之市場需求，是一時間序列法 AR(1)之時間序列：

$$D_{c(t)} = d_c + \rho_c D_{c(t-1)} + \varepsilon_t \quad (3-1)$$

式(3-1)為時間序列法 AR(1)之模型， d 為顧客需求的期望值並且為一大於 0 之常數， $|\rho| < 1$ 為自我相關係數，為動態方程式的安定性條件(stability condition)，當 $\rho > 0$ 時，表示當期需求量與前一期需求量有正相關性、當 $\rho = 0$ 時，表示當期需求量與前一期需求為無相關、當 $\rho < 0$ 時，表示當期需求量與前一期需求量有負相關性。 ε_t 為顧客需求第 t 期的誤差項，獨立且相同之常態隨機變數 $N(0, \sigma^2)$ ， σ 為需求波動程度。

3.3.1 無資訊分享模型

本研究之無資訊分享模型由吳銘哲(2014)建立，在無資訊分享模式中，各階廠商僅具有下單交易關係，即各階廠所擁有的資訊只有來自下游廠商之訂單。本節將說明無資訊分享模型之預測模式與訂購決策。

1. 無資訊分享各階廠商之預測模式

在無資訊分享模式時，因為各階廠商僅具有彼此交易的訂單資訊，參數與模型並無分享，製造商與零售商在此時沒有其他關於需求的資訊，廠商會使用時間序列模型 ARMA(1,1)進行預測。因 ARMA 模型本身涵

蓋 AR 模型，更加考量了誤差項(ε_t)的移動平均，使的供應鏈上的各階廠商較能夠捕捉到需求之波動。

$$D_c(t) = d_c + \rho_c D_c(t-1) + \theta \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3-2)$$

式(3-2)為時間序列法 ARMA(1,1)之模型，ARMA 模型為 AR 和 MA 兩模型為基礎結合而成。本研究之預測工具使用由 MathWorks 公司開發的 Matlab 之經濟學套件，故不針對模型參數之估計下去探討。

2. 無資訊分享模型之各階廠商訂購決策

本研究無資訊分享模型之零售商，引用 Lee et al.(2000)推導之供應鏈模型。Lee et al. (1997a, 2004)認為當每期市場需求會隨時間不斷改變時，如果企業每次訂購的固定成本極小，小至可以忽略時，則目標存貨政策便是最佳存貨政策，其可以使持有成本和缺貨成本的總和為最小。本研究假設零售商採用目標存貨政策(order-up-to level inventory policy)，零售商會以前一期需求來預測當期的目標存貨水準。

零售商每期期初會根據下游需求資訊進行訂單決策及決定目標存貨水準，零售商將利用式(3-3)向上游發出訂單訊息，Heyman and Sobel (1984) 以總成本最小模式為評估標準建立此模式之假設。

$$\text{零售商訂購式：} Y_{R(t)} = A_{R(t)} - A_{R(t-1)} + Y_{C(t)} \quad (3-3)$$

無資訊分享模式中製造商之訂購量，來自於製造商之產能規劃。製造商在規劃結束後，會提前前置時間(l_M)之前向供應商訂購，以配合每期產能之配置生產。

3. 無資訊分享廠商之決策流程

此處將描述模擬實驗結果之流程，包含無資訊分享零售商與製造商之決策流程。

(1) 無資訊分享零售商之決策流程

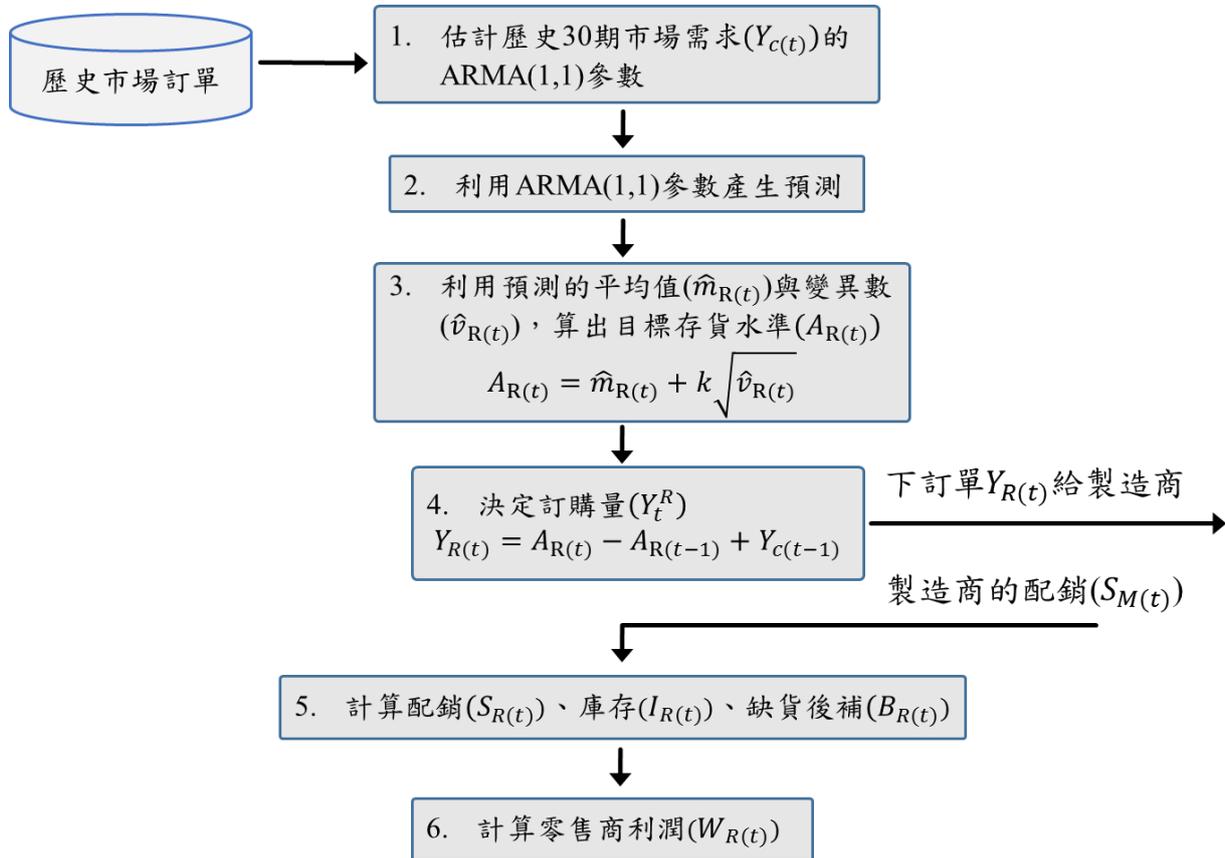


圖 3.9 無資訊分享零售商之決策流程

(2)無資訊分享之製造商決策流程

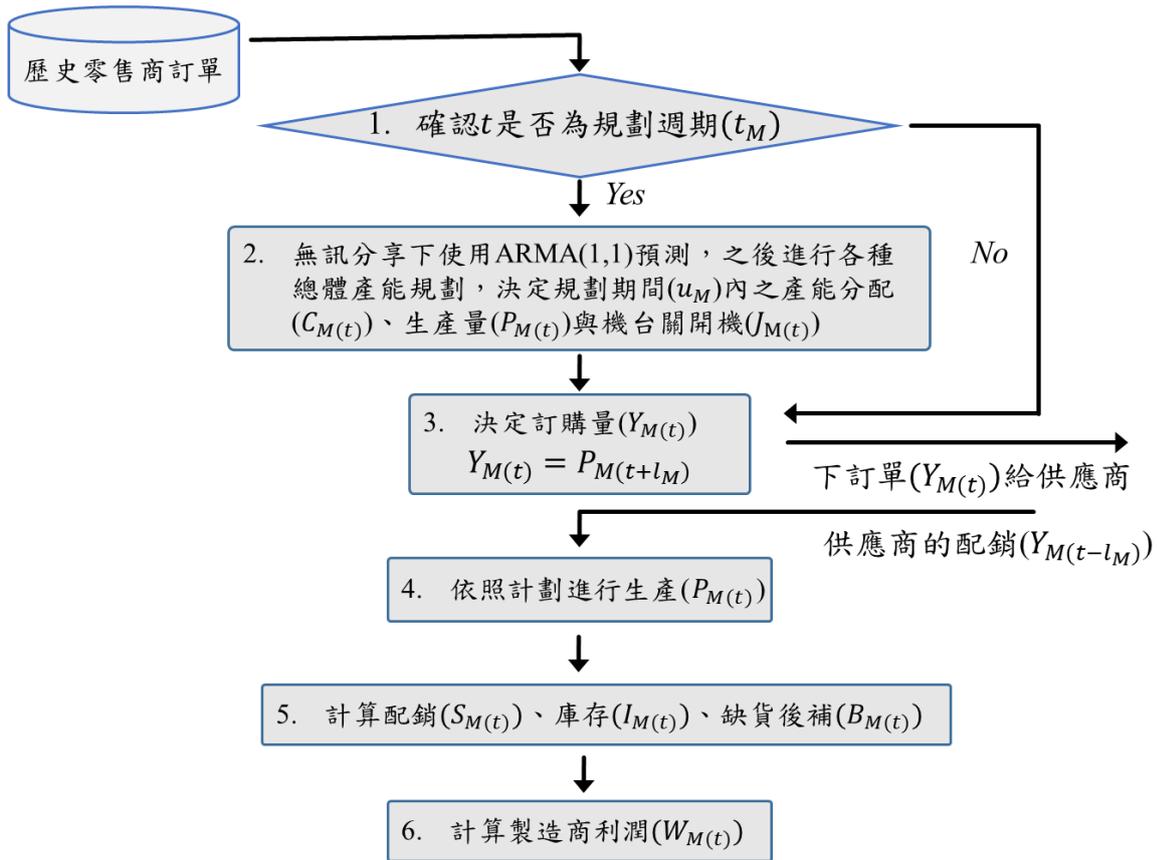


圖 3.10 無資訊分享之製造商決策流程

3.3.2 有資訊分享模型

製造商在接收零售商的訂單資訊之後，會向上游廠商發出原料訂購量，由於在吳銘哲(2014)建立了不分享參數與模型的無資訊分享模型，Z Yu et al. (2002)所提出的無資訊分享與資訊分享模型，改名為資訊分享 1 與資訊分享 2。在資訊分享 1 模式中，各階廠商除了具有下單交易關係之外，還分享了市場的模型與參數；在資訊分享 2 模式中，各階廠商將會分享市場需求、模型與參數。本節將說明資訊分享 1 與資訊分享 2 模式下零售商與製造商的之訂購決策。

1. 有資訊分享模型之零售商訂購決策

Kahn(1987)提出在時間序列法 AR(1)之需求模式下，假設 $\rho > 0$ ，則各期需求量皆可由前一期需求量推估，因此在式子(3-1)可利用遞迴之特性推導 t 期的需求量：

$$\begin{aligned} D_{c(t+i-1)} &= d_c + \rho_c D_{c(t+i-2)} + \varepsilon_{t+i-1} \\ &= d_c(1 + \rho_c) + \rho_c^2 D_{c(t+i-2)} + (\rho_c \varepsilon_{t+i-2} + \varepsilon_{t+i-1}) = \dots \\ &= d_c \frac{1 - \rho_c^i}{1 - \rho_c} + \rho_c^i D_{c(t+i-2)} + \sum_{j=1}^{l_R+1} (1 - \rho_c^j) \varepsilon_{t+l_R+1-j} \end{aligned}$$

for $i \geq 1$

零售商在補貨前置時間(l_R)內，顧客仍會向零售商下單，故零售商在前置時間內之總需求為

$$\sum_{j=1}^{l_R+1} D_{c(t+i-1)} = d_c \sum_{j=1}^{l_R+1} \frac{1 - \rho_c^j}{1 - \rho_c} D_{c(t-1)} + \frac{1}{1 - \rho_c} \sum_{j=1}^{l_R+1} (1 - \rho_c^j) \varepsilon_{t+l_R+1-j}$$

零售商求得前置時間內的需求後，在持有成本與缺貨成本為最低考量下，計算出前置時間內總需求之期望值 $M_{R(t)}$ 與變異數 $V_{R(t)}$

$$\begin{aligned} M_{R(t)} &= E \left(\sum_{j=1}^{l_R+1} D_{c(t+i-1)} | D_{c(t-1)} \right) = d_c \sum_{j=1}^{l_R+1} \frac{1 - \rho_c^j}{1 - \rho_c} + \frac{\rho_c(1 - \rho_c^{l_R+1})}{1 - \rho_c} D_{c(t-1)} \\ V_{R(t)} &= \text{Var} \left(\sum_{j=1}^{l_R+1} D_{c(t+i-1)} | D_{c(t-1)} \right) = \frac{\sigma^2}{(1 - \rho_c)} \sum_{j=1}^{l_R+1} (1 - \rho_c^j)^2 \end{aligned} \quad (3-6)$$

將式子(3-6)帶入式子(3-5)中即可求得零售商定購之目標存貨水準 $A_{R(t)}$ ，再利用存貨水準 $A_{R(t)}$ 改寫零售商之 t 期訂購量 $Y_{R(t)}$

$$A_{R(t)} = M_{R(t)} + k \sqrt{V_{R(t)}}$$

$$k = \Phi^{-1} \left[\frac{\Pi}{H + \Pi} \right]$$

$$Y_{R(t)} = \frac{\rho_c (1 - \rho_c^{l_R+1})}{1 - \rho_c} (D_{c(t-1)} - D_{c(t-2)}) \quad (3-7)$$

2. 資訊分享 1 之製造商預測模式

在資訊分享 1 的情況下，分享的資訊包含零售商與製造商交易的資訊、市場的模型與參數，從數學模式上來觀察，可由式子(3-1)帶入零售商的訂購量式子(3-7)，製造商將用已知的零售商前期($t-1$)期定購量進行推算(t)期零售商訂購量，其中誤差項 ε_t 為未知

$$Y_{R(t)} = d_c + \rho_c Y_{R(t-1)} + \frac{1 - \rho_c^{l_R+2}}{1 - \rho_c} \varepsilon_t - \frac{\rho_c (1 - \rho_c^{l_R+1})}{1 - \rho_c} \varepsilon_{t-1} \quad \text{for } t \geq 1 \quad (3-8)$$

3. 資訊分享 2 之製造商預測模式

在資訊分享 2 的情況下，分享了零售商與製造商交易的資訊、市場的模型與參數，更重要的分享了市場的需求，在這種情況下，製造商的預測模式將會與零售商的訂購量相同，製造商將可以用零售商的訂購模式來預測零售商的訂購量

$$Y_{R(t)} = \frac{\rho_c (1 - \rho_c^{l_R+1})}{1 - \rho_c} (D_{c(t-1)} - D_{c(t-2)}) \quad (3-7)$$

4. 有資訊分享廠商之決策流程

此處將描述模擬實驗結果之流程，包含資訊分享 1 與資訊分享 2 的零售商與製造商之決策流程。

(1) 有資訊分享之零售商決策流程

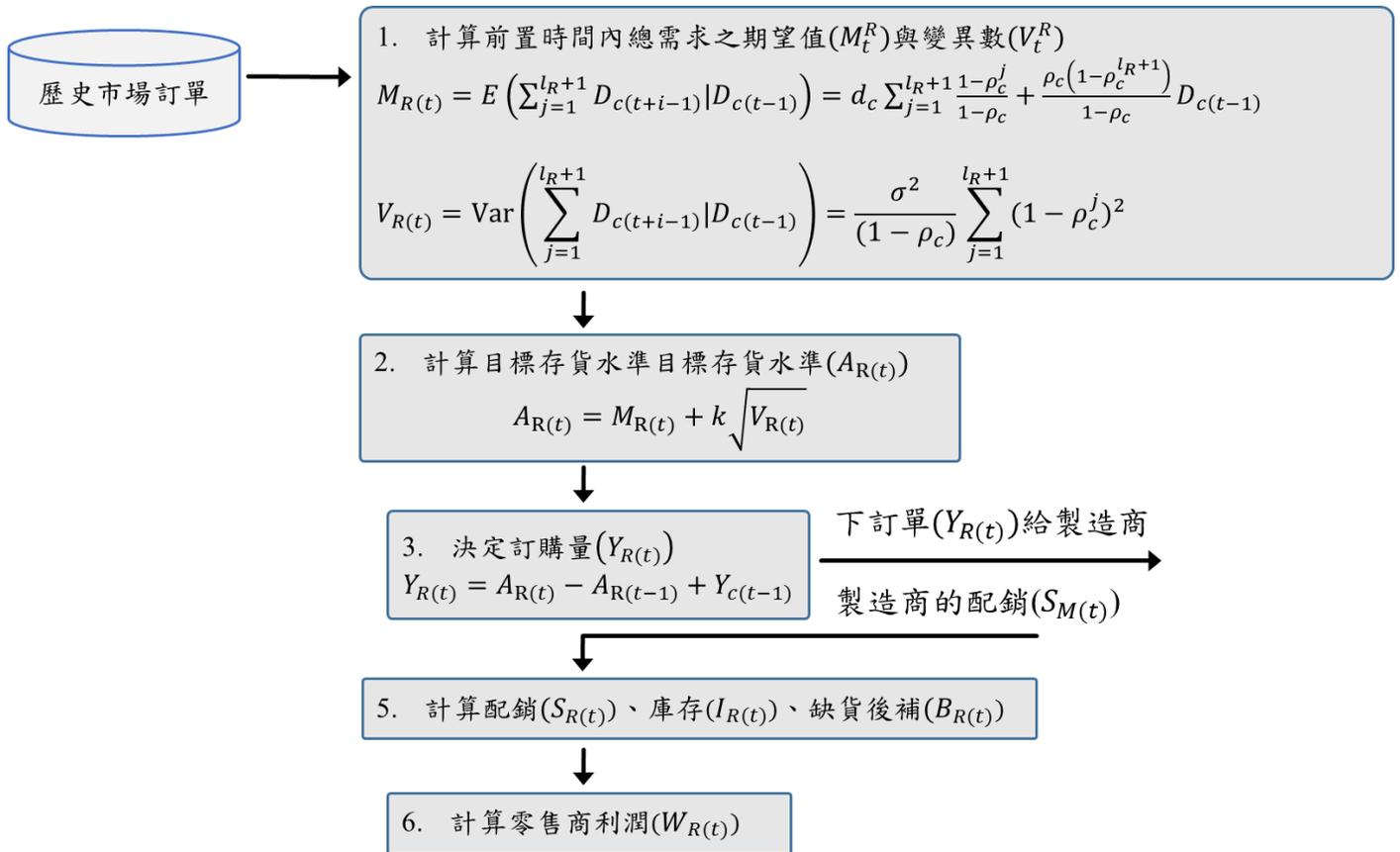


圖 3.11 有資訊分享之零售商決策流程

(2) 資訊分享 1 之製造商決策流程

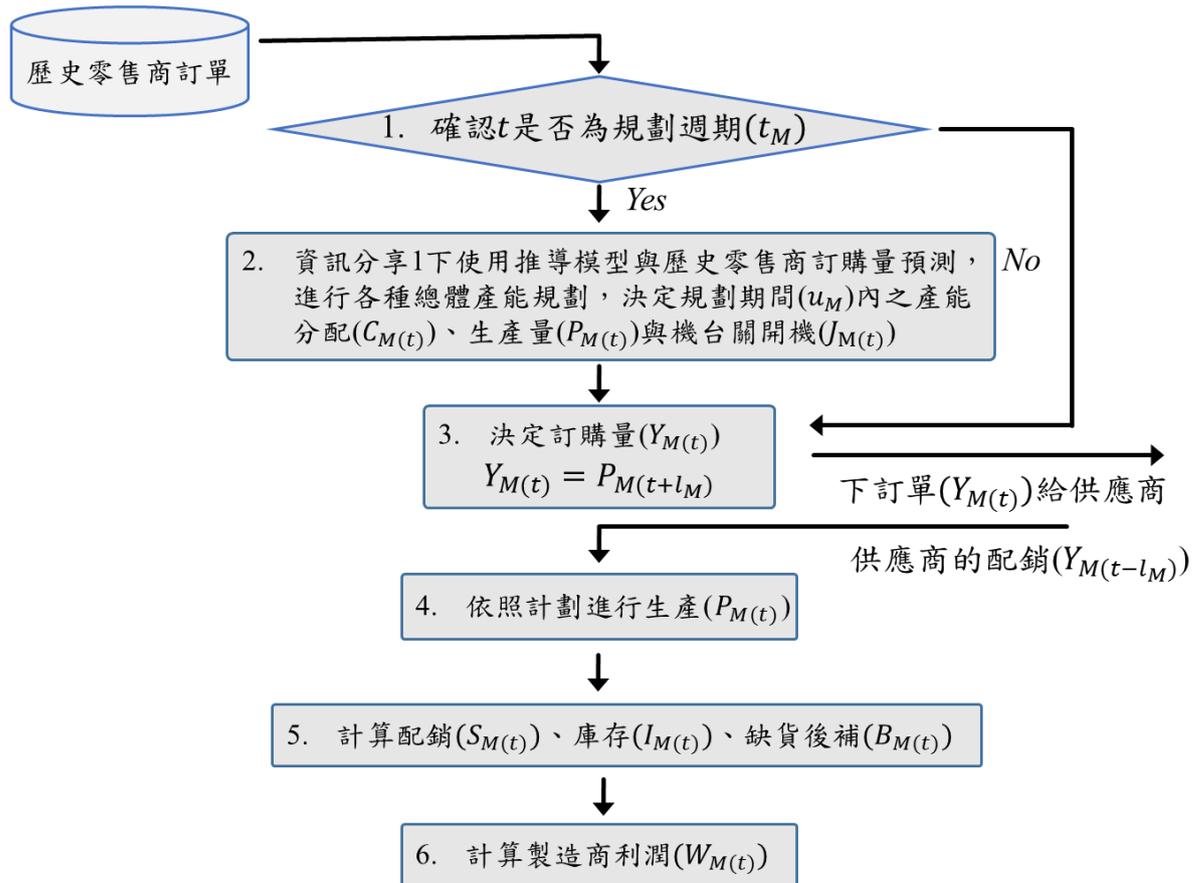


圖 3.12 資訊分享 1 之製造商決策流程

(3) 資訊分享 2 之製造商決策流程

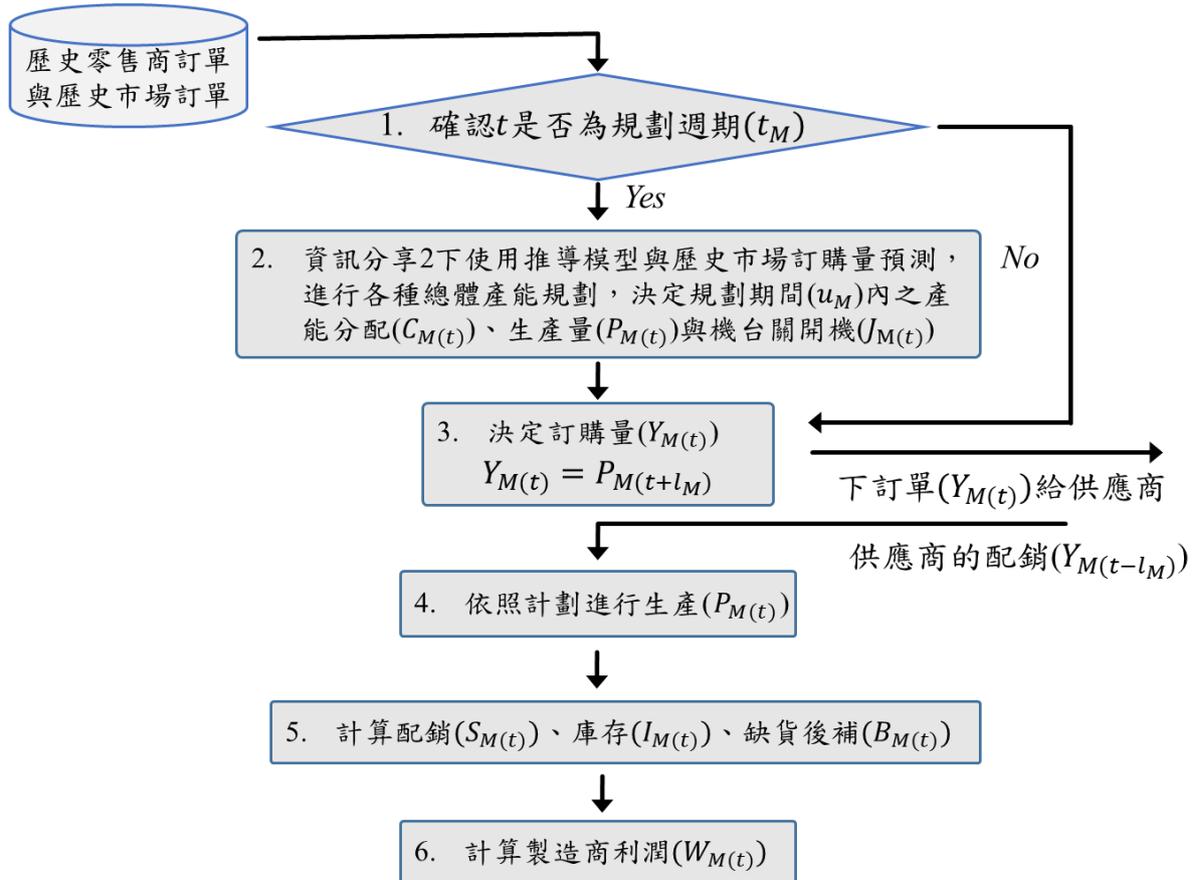


圖 3.13 資訊分享 2 之製造商決策流程

第四章 結果分析

4.1 參數與實驗設定

1. 因子選擇

本研究模型之因子數眾多，為了縮減因子數，實驗設計之因子篩選主要有兩個來源，首先本研究參考以往供應鏈資訊分享的研究篩選出供應鏈考量資訊分享下之重要因子。此外本研究考量產能規劃之後將面臨新的因子，在自行做過一些測試之後，篩選出總體規劃中影響性最大之因子。

蔡乃菱(2014)認為在無資訊分享、資訊分享 1 與資訊分享 2 時，需求的常數截距項(d_c)、自我相關係數(ρ_c)、需求的標準差(σ_c)對零售商、製造商與整體供應鏈之成本有顯著的影響。產能規劃中的因子包涵製造商的設計產能(x_M)、維修比例(z_M)、總體規劃的週期(t_M)、一次總體規劃的長度(u_M)、製造商的整備成本(f_M)。經過實驗之後，得出維修比例(z_M)作為總體規劃之因子。最後篩選出的因子包含常數截距項(d_c)、自我相關係數(ρ_c)、需求的標準差(σ_c)、維修比例(z_M)，總共四個因子。

2. 參數組合與總表

實驗中假設零售商之訂購前置時間(l_R)、製造商之訂購前置時間(l_M)皆為 2。參數組合包含需求的常數截距項(d_c)低與高水準、自我相關係數(ρ_c)造成需求的低與高水準、需求的標準差(σ_c)低與高水準、維修比例(z_M)所造成產能的寬鬆與緊繃水準。總共選擇了四因子、各雙水準，全部 16 種組合。參數設計總表置於表 4.1，參數組合總表置於表 4.2。

➤ 參數總表:

➤ 表 4.1 參數設計總表

| 符號 | 名稱 | 參數 | |
|------------|-----------------|------|--------|
| d_c | 需求的常數截距 | 100 | 300 |
| ρ_c | 自我相關係數 | 0.1 | 0.9 |
| σ_c | 標準差 | 10 | 25 |
| h_R | 零售商的單位成品持有成本 | 50 | |
| π_R | 零售商的單位成品缺貨成本 | 50 | |
| p_R | 零售商的單位訂購成本 | 350 | |
| x_M | 製造商規劃期間內的設計產能 | 1.5 | |
| z_M | 製造商規劃期間內的維修比率 | 0.2 | 0.3333 |
| t_M | 製造商的總體規劃時間的間隔 | 10 | |
| u_M | 製造商的一次總體規劃時間的長度 | 10 | |
| h_M | 製造商的單位成品持有成本 | 100 | |
| π_M | 製造商的單位成品缺貨成本 | 100 | |
| p_M | 製造商的單位原料訂購成本 | 10 | |
| f_M | 製造商每次的開機成本 | 3000 | |
| n_M | 製造商的單位生產成本 | 10 | |

➤ 參數組合：

表 4.2 參數組合總表

| 組合 | d_c | ρ_c | σ_c | z_m |
|----|-------|----------|------------|--------|
| 1 | 100 | 0.1 | 10 | 0.2 |
| 2 | 300 | 0.1 | 10 | 0.2 |
| 3 | 100 | 0.9 | 10 | 0.2 |
| 4 | 300 | 0.9 | 10 | 0.2 |
| 5 | 100 | 0.1 | 25 | 0.2 |
| 6 | 300 | 0.1 | 25 | 0.2 |
| 7 | 100 | 0.9 | 25 | 0.2 |
| 8 | 300 | 0.9 | 25 | 0.2 |
| 9 | 100 | 0.1 | 10 | 0.3333 |
| 10 | 300 | 0.1 | 10 | 0.3333 |
| 11 | 100 | 0.9 | 10 | 0.3333 |
| 12 | 300 | 0.9 | 10 | 0.3333 |
| 13 | 100 | 0.1 | 25 | 0.3333 |
| 14 | 300 | 0.1 | 25 | 0.3333 |
| 15 | 100 | 0.9 | 25 | 0.3333 |
| 16 | 300 | 0.9 | 25 | 0.3333 |

3. 模擬實驗之假設與方法

本研究引用吳銘哲(2014)建立出的 3 種資訊分享程度，包含無資訊分享、資訊分享 1 與資訊分享 2。在本研究中考量製造商的總體規劃後，每種資訊分享程度之下，都會有 3 種總體規劃：PSO-SO、平均產能規劃與追逐需求產能規劃。因此最後總情境組合為資訊分享程度與各種產能規劃之組合，總共 9 種情境，如表 4.3。在每種情境之下皆有 16 個參數組合(表 4.2)，且為符合大樣本的基本假設，每組參數組合都會重覆實驗 30 次。

表 4.3 模擬情境之組合表

| 資訊分享程度 | 總體規劃策略 | 情境數 |
|--------|----------|-----|
| 無資訊分享 | PSO-SO | 1 |
| | 平均產能規劃 | 2 |
| | 追逐需求產能規劃 | 3 |
| 資訊分享1 | PSO-SO | 4 |
| | 平均產能規劃 | 5 |
| | 追逐需求產能規劃 | 6 |
| 資訊分享2 | PSO-SO | 7 |
| | 平均產能規劃 | 8 |
| | 追逐需求產能規劃 | 9 |

在每組模擬實驗中，模擬期數對應如圖 4.1。首先產生 200 期的市場需求，當時間運行至 30 期時，零售商將會擁有 1 至 30 期的市場需求，零售商將使用這 1 至 30 期的市場需求計算庫存水準與訂購決策。在經過 31 期的暖機之後，在 32 期零售商就會像製造商下訂單。32 期至 61 期中，製造商開始接收零售商的訂單。當期數至 61 期時，製造商將會擁有 30 期的零售商訂單，接下來製造商需要製造商前置時間(l_M)期的暖機。因零售商的前置時間($l_R=2$)，零售商在 62 期下的訂單，製造商將會在 64 期第一次做出配送。零售商與製造商實際模擬資料皆為 64 期至 200 期，共 137 期的資料。

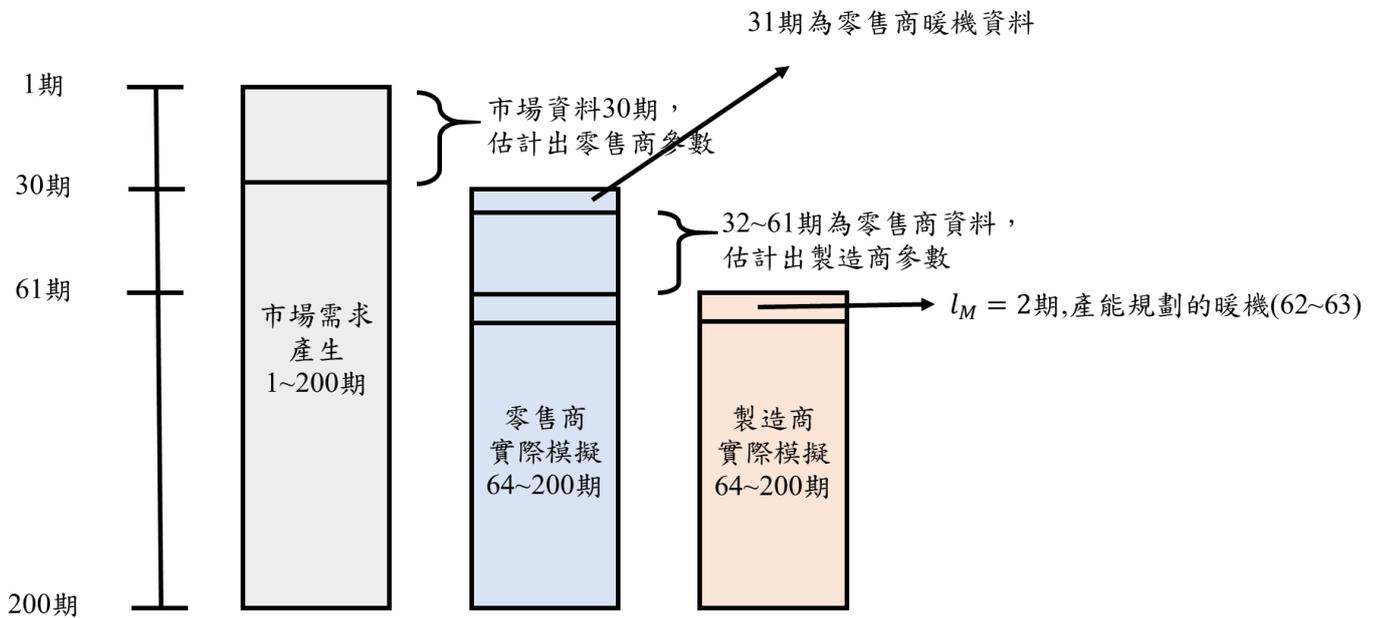


圖 4.1 模擬期數對應示意圖

4. 相依變數

本研究相依變數為製造商之利潤，參照表 4.3 模擬情境組合表，資訊分享程度與產能策略之交差組合，共有 9 組情境的相依變數。製造商每次模擬的利潤計算方式為 $\sum_{t=64}^{200} W_{M(t)}$ 。

其中，

$$W_{M(t)} = S_{M(t)} \cdot p_r - I_{M(t)} \cdot h_M - B_{M(t)} \cdot \pi_M - P_{M(t)}(h_R + n_M) - J_{M(t)} \cdot f_M$$

4.2 各別參數組合中總體規劃策略之差異

本節將針對無資訊分享、資訊分享 1 與資訊分享 2 中，檢定各別 16 個參數的產能策略間是否存在顯著差異，並做了變異數同質性檢定，與事後分析確認三種總體規劃策略之間何者與何者具有差異。

1. 無資訊分享下各別參數組合中總體規劃策略之差異

表 4.4 中，無資訊分享下 16 個參數組合中，PSO-SO、平均產能規劃與需求追逐規劃法三者間有顯著差異。變異數同質性檢定中，16 個參數組合也全部都是顯著，因此事後檢定需使用變異數不同質的假設進行。在事後檢定中，呈現出 PSO-SO 在無資訊分享中的 16 個參數組合中皆與平均產能規劃與追逐需求規劃有顯著差異，且 PSO-SO 優於其他兩者。而在某些情況下(第 10, 12, 13, 14 個組合)平均產能規劃會與追逐需求產能規劃有顯著差異，且平均產能優於追逐需求產能規劃。

表 4.4 無資訊分享下各別參數組合*中總體規劃策略之差異檢定總表

| 無資訊分享下參數組合 | | 總體規劃策略間 是否有顯著差異? | 變異數同質 性檢定 | Post-hoc分群 |
|------------|--|---------------------|--------------|-------------|
| 1 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |
| 2 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |
| 3 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |
| 4 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | $P = 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |
| 5 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |
| 6 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |
| 7 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | $P < 0.001$ | $P = 0.008$ | $1 > 2 = 3$ |
| 8 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | $P = 0.012$ | $P = 0.017$ | $1 > 2 = 3$ |
| 9 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |
| 10 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 > 3$ |
| 11 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |
| 12 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 > 3$ |
| 13 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 > 3$ |
| 14 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $1 > 2 > 3$ |
| 15 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | $P < 0.001$ | $P = 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |
| 16 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | $P < 0.001$ | $P = 0.001$ | $1 > 2 = 3$ |

*各別參數組合皆重覆實驗 30 次

※Post-hoc 中：1 為 PSO-SO, 2 為平均產能規劃, 3 為追逐需求產能規劃

2. 資訊分享 1 下各別參數組合中總體規劃策略之差異

表 4.5 中，資訊分享 1 下 16 個參數組合中，PSO-SO、平均產能規劃與需求追逐規劃法三者間有顯著差異。變異數同質性檢定中，16 個參數組合也全部都是顯著，事後檢定需使用變異數不同質的假設進行。在事後檢定中，呈現出 PSO-SO 在資訊分享 1 中的 16 個參數組合中皆與平均產能規劃與追逐需求規劃有顯著差異，且 PSO-SO 優於其他兩者。而在某些情況下(第 9, 10, 13 個組合)平均產能規劃會與追逐需求產能規劃有顯著差異，且平均產能優於追逐需求產能規劃。

表 4.5 資訊分享 1 下各別參數組合*中總體規劃策略之差異檢定總表

| 資訊分享1下參數組合 | | 總體規劃策略間 是否有顯著差異? | 變異數同質 性檢定 | Post-hoc分群 |
|------------|--|---------------------|--------------|------------|
| 1 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 2 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 3 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 4 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 5 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 6 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 7 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 8 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 9 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2>3 |
| 10 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2>3 |
| 11 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 12 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 13 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2>3 |
| 14 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 15 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 16 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |

*各別參數組合皆重覆實驗 30 次

※Post-hoc 中：1 為 PSO-SO, 2 為平均產能規劃, 3 為追逐需求產能規劃

3. 資訊分享 2 下各別參數組合中總體規劃策略之差異

表 4.6 中，資訊分享 2 下 16 個參數組合中，PSO-SO、平均產能規劃與需求追逐規劃法三者間有顯著差異。變異數同質性檢定中，16 個參數組合也全部都是顯著，事後檢定需使用變異數不同質的假設進行。在事後檢定中，呈現出 PSO-SO 在資訊分享 2 中的 16 個參數組合中皆與平均產能規劃與追逐需求規劃有顯著差異，且 PSO-SO 優於其他兩者。而在某些情況下(第 9, 10, 13, 14, 16 個組合)平均產能規劃會與追逐需求產能規劃有顯著差異，且平均產能優於追逐需求產能規劃。

表 4.6 資訊分享 2 下各別參數組合*中總體規劃策略之差異檢定總表

| 資訊分享2下參數組合 | | 總體規劃策略間 是否有顯著差異? | 變異數同質 性檢定 | Post-hoc分群 |
|------------|--|---------------------|--------------|------------|
| 1 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 2 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | P=0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 3 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 4 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 5 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 6 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 7 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 8 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.2$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 9 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2>3 |
| 10 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2>3 |
| 11 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 12 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 10, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 13 | $d = 100, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | P=0.004 | P<0.001 | 1>2>3 |
| 14 | $d = 300, \rho = 0.1, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2>3 |
| 15 | $d = 100, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | P=0.007 | P<0.001 | 1>2=3 |
| 16 | $d = 300, \rho = 0.9, \sigma = 25, z_m = 0.3333$ | P<0.001 | P<0.001 | 1>2>3 |

*各別參數組合皆重覆實驗 30 次

※Post-hoc 中：1 為 PSO-SO, 2 為平均產能規劃, 3 為追逐需求產能規劃

4.3 整體參數組合中總體規劃策略之差異

本節針對無資訊分享、資訊分享 1 與資訊分享 2 中，檢定整體參數的總體規劃策略間是否具有顯著差異，並對產能策略間做了變異數同質性檢定來了解事後檢定之變異數假設，使用事後檢定確認出總體規劃策略有差異的組合，最後將探討製造商產能策略變換之效益。

1. 無資訊分享下整體參數組合中總體規劃策略之差異

在表 4.8 中呈現 PSO-SO、平均產能規劃與追逐需求產能規劃法三者間有顯著的差異。表 4.7 變異數同質性檢定呈現顯著，表示變異數不同質。因此事後檢定使用變異數不同質假設的 Dunnett3 法。表 4.9 中 PSO-SO 與其他兩者平均產能、追逐需求規劃有顯著差異，平均產能與追逐需求彼此間不具顯著差異。製造商總體規劃策略從平均產能變換至 PSO-SO 時，利潤可從 27.69 上升至 34.08(單位:萬)，提升 23.05%。製造商總體規劃策略從追逐需求變換至 PSO-SO 時，利潤可從 25.81 上升至 34.08(單位:萬)，提升 32.03%。

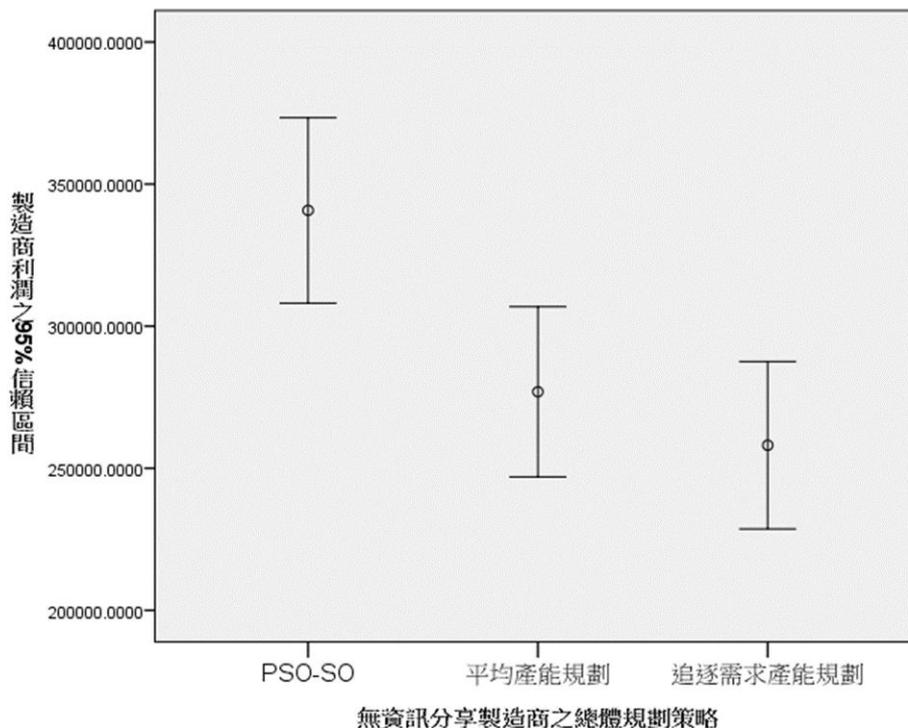


圖 4.2 無資訊分享中各總體規劃策略之信賴區間圖

表 4.7 無資訊分享整體參數組合中總體規劃策略間之變異數同質性檢定表

Test of Homogeneity of Variances

y4

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|------|------|
| 5.009 | 2 | 1437 | .007 |

表 4.8 無資訊分享整體參數組合中總體規劃策略間之差異檢定表

ANOVA

y4

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|------|-------------|-------|------|
| Between Groups | 1.802E12 | 2 | 9.008E11 | 7.684 | .000 |
| Within Groups | 1.685E14 | 1437 | 1.172E11 | | |
| Total | 1.703E14 | 1439 | | | |

表 4.9 無資訊分享整體參數組合中總體規劃策略間之事後檢定(Dunnett3法)

Multiple Comparisons

y4
Dunnett T3

| (I) x5 | (J) x5 | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|--------|--------|-----------------------|-------------|------|-------------------------|--------------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | 63818.88261 | 22545.77991 | .014 | 9893.688624 | 117744.0765 |
| | 3 | 82658.89194 | 22364.11556 | .001 | 29167.90344 | 136149.8804 |
| 2 | 1 | -63818.88261 | 22545.77991 | .014 | -117744.0765 | -9893.688624 |
| | 3 | 18840.00933 | 21375.29923 | .760 | -32285.02017 | 69965.03883 |
| 3 | 1 | -82658.89194 | 22364.11556 | .001 | -136149.8804 | -29167.90344 |
| | 2 | -18840.00933 | 21375.29923 | .760 | -69965.03883 | 32285.02017 |

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

2. 資訊分享 1 下整體參數組合中總體規劃策略之差異

在表 4.11 中呈現 PSO-SO、平均產能規劃與追逐需求產能規劃三者間有顯著的差異。表 4.10 變異數同質性檢定呈現不顯著，表示變異數同質。因此事後檢定使用變異數同質假設的 LSD 法。表 4.12 中 PSO-SO 與期他兩者平均產能、追逐需求規劃有顯著差異，平均產能與追逐需求彼此間不具顯著差異。製造商總體規劃策略從平均產能變換至 PSO-SO 時，利潤可從 29.96 上升至 34.96(單位:萬)，提升 16.67%。製造商總體規劃策略從追逐需求變換至 PSO-SO 時，利潤可從 25.86 上升至 34.96(單位:萬)，提升 17.07%。

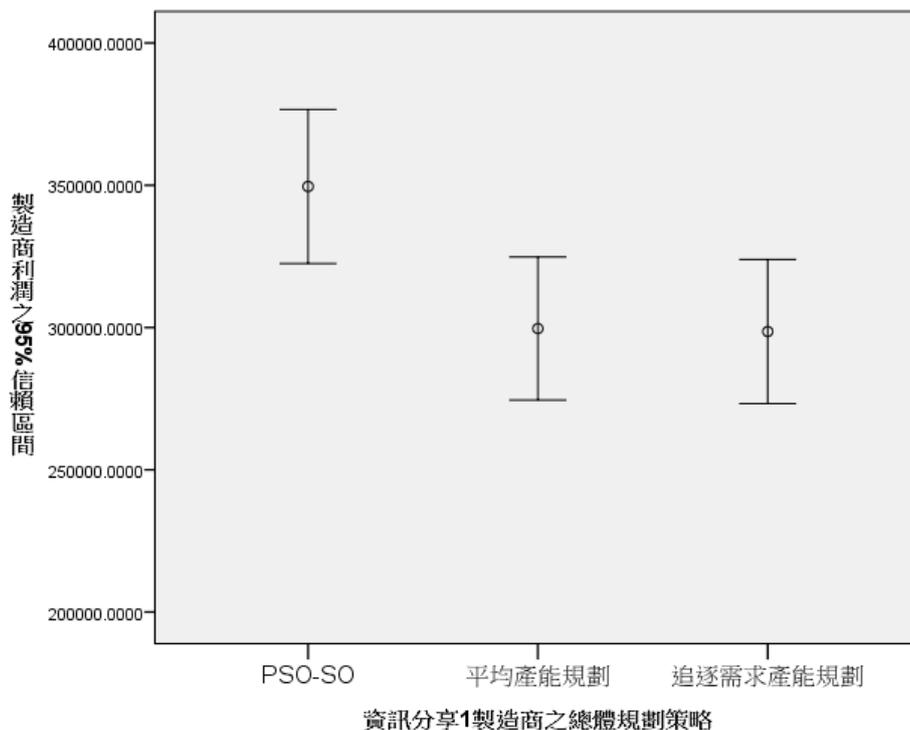


圖 4.3 資訊分享 1 中各總體規劃策略之信賴區間圖

表 4.10 資訊分享 1 整體參數組合 中總體規劃策略間之變異數同質性檢定表

Test of Homogeneity of Variances

y4

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|------|------|
| 2.557 | 2 | 1437 | .078 |

表 4.11 資訊分享 1 整體參數組合 中總體規劃策略間之差異性檢定表

ANOVA

y4

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|------|-------------|-------|------|
| Between Groups | 1.222E12 | 2 | 6.108E11 | 4.883 | .008 |
| Within Groups | 2.698E14 | 1437 | 1.251E11 | | |
| Total | 2.710E14 | 1439 | | | |

表 4.12 資訊分享 1 整體參數組合 中總體規劃策略間之事後檢定(LSD 法)

Multiple Comparisons

y4
LSD

| (I) x5 | (J) x5 | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|--------|--------|-----------------------|-------------|------|-------------------------|--------------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | 49919.45999 | 18639.89461 | .007 | 13365.42637 | 86473.49361 |
| | 3 | 50957.67085 | 18639.89461 | .006 | 14403.63723 | 87511.70447 |
| 2 | 1 | -49919.45999 | 18639.89461 | .007 | -86473.49361 | -13365.42637 |
| | 3 | 1038.210860 | 18639.89461 | .956 | -35515.82276 | 37592.24448 |
| 3 | 1 | -50957.67085 | 18639.89461 | .006 | -87511.70447 | -14403.63723 |
| | 2 | -1038.210860 | 18639.89461 | .956 | -37592.24448 | 35515.82276 |

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

3. 資訊分享 2 下整體參數組合中總體規劃策略之差異

在表 4.14 中呈現 PSO-SO、平均產能規劃與追逐需求產能規劃法三者間不具有顯著的差異，圖 4.4 中三者之間信賴區間圖幾乎有一半重疊。製造商總體規劃策略從平均產能變換至 PSO-SO 時，利潤可從 31.86 上升至 35.16(單位:萬)，提升 10.36%。製造商總體規劃策略從追逐需求變換至 PSO-SO 時，利潤可從 31.41 上升至 35.16(單位:萬)，提升 11.92%。

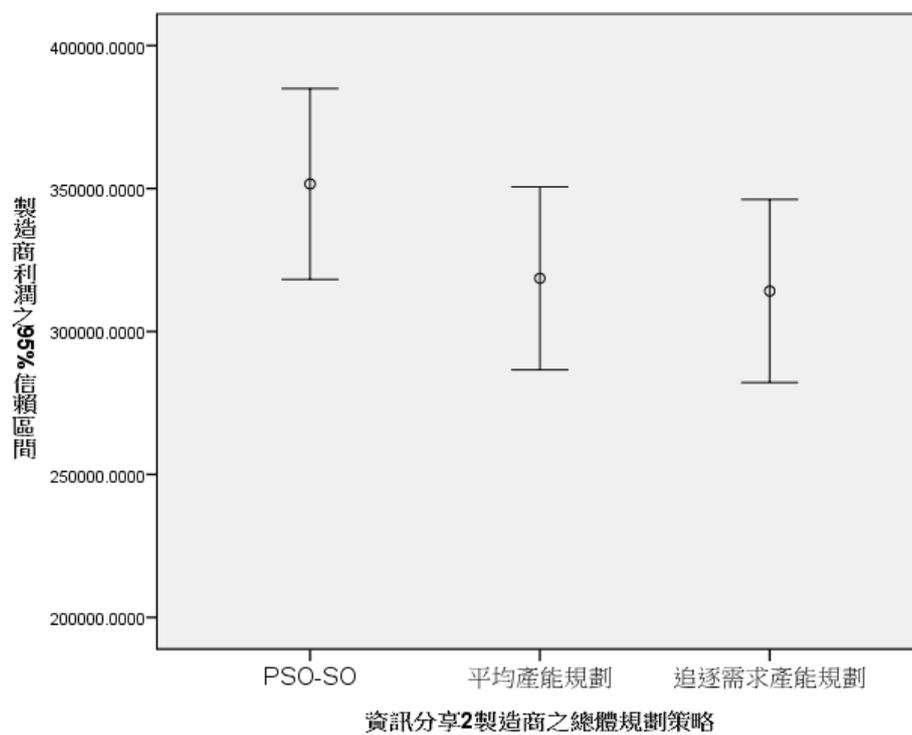


圖 4.4 資訊分享 2 中各總體規劃策略之信賴區間圖

表 4.13 資訊分享 2 整體參數組合 中總體規劃策略間之變異數同質性檢定表

Test of Homogeneity of Variances

y4

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|------|------|
| .574 | 2 | 1437 | .564 |

表 4.14 資訊分享 2 整體參數組合 中總體規劃策略間之差異性檢定表

ANOVA

y4

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|------|-------------|-------|------|
| Between Groups | 4.021E11 | 2 | 2.011E11 | 1.533 | .216 |
| Within Groups | 1.885E14 | 1437 | 1.311E11 | | |
| Total | 1.889E14 | 1439 | | | |

第五章 結論與未來研究方向

5.1 結論

在探討過去的研究中，本研究發現過去的大多數的研究中沒有考慮到製造商的產能，只少數研究加入產能做為考量。但在考量產能的文獻中，也只對製造商每一期的產能設定了最大的製造上限。這樣的考量是薄弱的，從研究的假設來看，過去的研究都在假設製造商的原料訂購一定能滿足、生產產能有限的情況進行。如此的考量製造商只類似於供應鏈中的另一個盤商，不能稱作是對製造商的生產特性作了考量，已經忽略了製造商在整體供應鏈中扮演的是一個製造的角色。因此本研究在製造商的生產特性中，考量了總體產能規劃，加入了製造商的設計產能與例行維修。並對製造商設定了三種總體規劃策略：PSO-SO、平均產能策略、追逐需求產能策略。

本研究以製造商利潤作為指標，所探討之因子包含需求的常數截距項(d_c)、自我相關係數(ρ_c)、需求的標準差(σ_c)以及製造商設備例行的維修比例(z_M)。本研究分析分為兩點，第一點去比較各資訊分享模式下，各別參數組合中製造商產能策略間是否具有差異。第二點去比較各資訊分享模式下，整體參數組合中製造商總體規劃策略間是否具有差異。

本研究實驗結果發現製造商的總體規劃策略 PSO-SO 能在無資訊分享、資訊分享 1 與資訊分享 2 的各別 16 個參數組合裡，優於平均產能規劃與追逐需求產能規劃，並造成顯著差異。以不同資訊分享程度來看時，製造商的總體規劃策略在無資訊分享與資訊分享 1 時，PSO-SO 優於平均產能、追逐需求產能規劃，並造成顯著差異；但在資訊分享 2 時，三者之間不具顯著差異。此外本研究發現無資訊分享在製造商總體規劃策略變換時，平均產能策略變換之後利潤提升 23.05%，追逐需求產能策略變換之後利潤提升 32.03%。在資訊分享 1 中總體規劃策略變換時，平均產能策略變換之後利潤提升 16.67%，追逐需求產能策略變換之後利潤提升 17.07%。在資訊分享 2 中產能策略變換時，平均產能策略變換之後利潤提升 10.36%，追逐需求產能策略變換之後利潤提升 11.92%。

5.2 未來研究方向

1. 本研究只針對製造商使用不同的總體規劃策略帶來的效益作探討，此外希望以後的研究可以對產能策略帶來的效益與資訊分享帶來的效益做出全面性的探討。
2. 本研究在製造商的總體規劃問題上，並沒有考量到製造商可以改變設計產能，利用擴廠或是購買設備增加產能的問題。
3. 本研究在製造商的生產與製造中，並未考量到規模不經濟的問題。在規模經濟中，製造商製造多少就能賺多少；在規模不經濟的情況下，製造商製造的越多，邊際效益遞減。
4. 本研究在既有的資訊分享模型下，發展出製造商的總體規劃方法。因此，本研究之結果將限制於模型諸多的基本假設之下。如未來可以把目前較精簡的時間序列 $AR(1)$ 的市場需求發展到更通用的模式，或者是針對本研究中二階單廠的供應鏈結構發展至多階多廠的結構。

參考文獻

1. 林芸甄 (2012)。供應鏈中資訊分享對企業夥伴利潤效益之研究。東海大學工業工程與經營資訊研究所。台中市。
2. 林詩彥 (2011)。分散式平行計算應用於以製造廠為中心之供應鏈網絡規劃。東海大學工業工程與經營資訊研究所。台中市。
3. 吳銘哲 (2014)。各類資訊分享的供應鏈模擬器之設計與分析。東海大學工業工程與經營資訊研究所。台中市。
4. 趙永元 (2012)。在自我回歸移動平均(ARMA)需求下運用可逆性與可推斷性舒緩長鞭效應之研究。花蓮縣。
5. 蔡乃菱 (2014)。分析無資訊分享下供應鏈利益之真確。東海大學工業工程與經營資訊研究所。台中市。
6. Aote, S. S., Raghuwanshi, M., & Malik, L. (2013). A Brief Review on Particle Swarm Optimization: Limitations & Future Directions. *International Journal of Computer Science Engineering (IJCSE)*, 2(5), 196-200.
7. Babai, M., Ali, M. M., Boylan, J., & Syntetos, A. A. (2013). Forecasting and inventory performance in a two-stage supply chain with ARIMA (0, 1, 1) demand: Theory and empirical analysis. *International Journal of Production Economics*, 143(2), 463-471.
8. Box, G. E., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (2011). *Time series analysis: forecasting and control* : John Wiley & Sons.
9. Cachon, G. P., & Fisher, M. (2000). Supply chain inventory management and the value of shared information. *Management science*, 46(8), 1032-1048.
10. Cachon, G. P., Randall, T., & Schmidt, G. M. (2007). In search of the bullwhip effect. *Manufacturing & Service Operations Management*, 9(4), 457-479.
11. Carson, Y., & Maria, A. (1997). *Simulation optimization: methods and applications*. Paper presented at the Proceedings of the 29th conference on Winter simulation, Atlanta.
12. Chen, L., & Lee, H. L. (2009). Information sharing and order variability control under a generalized demand model. *Management science*, 55(5), 781-797.
13. Cheng, T., & Wu, Y. (2005). The impact of information sharing in a two-level supply chain with multiple retailers. *Journal of the Operational Research Society*, 56(10), 1159-1165.
14. Davis, L. B., King, R. E., Hodgson, T. J., & Wei, W. (2011). Information sharing in capacity constrained supply chains under lost sales. *International Journal of Production Research*, 49(24), 7469-7491.
15. Deng, G. (2007). *Simulation-based optimization*. Unpublished doctoral dissertation, UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON.
16. Eberhart, R. C., & Kennedy, J. (1995). *A new optimizer using particle swarm theory*. Paper presented at the Proceedings of the sixth international symposium on micro machine and human science, Piscataway.

17. Forrester, J. W. (1997). Industrial dynamics. *Journal of the Operational Research Society*, 48(10), 1037-1041.
18. Gilbert, K. (2005). An ARIMA supply chain model. *Management science*, 51(2), 305-310.
19. Heyman, D. P., & Sobel, M. J. (1984). *Stochastic models in operations research. Vol. 2, Stochastic optimization*: McGraw-Hill.
20. Islam, M. R., Aziz, M. S., Muftee, M. M. H., & Hossain, M. S. (2014). Application of Particle Swarm Optimization in Aggregate Production Planning and Comparison with Genetic Algorithm. Paper present at the International Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering, BANGLADESH.
21. Kahn, J. A. (1987). Inventories and the volatility of production. *The American Economic Review*, 667-679.
22. Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). The bullwhip effect in supply chains1. *Sloan management review*, 38(3), 93-102.
23. Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (2004). Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. *Management science*, 50(12_supplement), 1875-1886.
24. Lee, H. L., So, K. C., & Tang, C. S. (2000). The value of information sharing in a two-level supply chain. *Management science*, 46(5), 626-643.
25. Raghunathan, S. (2001). Information sharing in a supply chain: A note on its value when demand is nonstationary. *Management science*, 47(4), 605-610.
26. Simchi-Levi, D., & Zhao, Y. (2004). The value of information sharing in a two-stage supply chain with production capacity constraints: The infinite horizon case. *Probability in the Engineering and Informational Sciences*, 18(02), 247-274.
27. Simchi-Levi, D., & Zhao, Y. (2003). The value of information sharing in a two-stage supply chain with production capacity constraints. *Naval Research Logistics (NRL)*, 50(8), 888-916.
28. Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 451-488.
29. Yu, Z., Yan, H., & Cheng, T. (2002). Modelling the benefits of information sharing-based partnerships in a two-level supply chain. *Journal of the Operational Research Society*, 53(4), 436-446.
30. Yu, Z., Yan, H., & Edwin Cheng, T. (2001). Benefits of information sharing with supply chain partnerships. *Industrial management & Data systems*, 101(3), 114-121.
31. Zhao, X., & Xie, J. (2002). Forecasting errors and the value of information sharing in a supply chain. *International Journal of Production Research*, 40(2), 311-335.