

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

產品回收及再利用考量下企業採購決策及再製造決策之研究(第2年)

研究成果報告(完整版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 95-2416-H-004-050-MY2  
執行期間：96年08月01日至97年07月31日  
執行單位：國立政治大學資訊管理學系

計畫主持人：林我聰

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：林尚達  
碩士班研究生-兼任助理人員：吳三裕  
碩士班研究生-兼任助理人員：李惠卿  
博士班研究生-兼任助理人員：李亞暉  
博士班研究生-兼任助理人員：鄧廣豐

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97 年 10 月 27 日

---

## 摘要

全球化的影響下，企業在獲取有限資源的競爭上日趨激烈，再加上環保意識的抬頭及相關環保法令的要求，企業從其原物料的取得到產品設計、生產、配送等供應鏈的活動上都需加上環保的考量，以符合綠色供應鏈（Green Supply Chain）的要求。此外，企業於微利時代中希望透過提高客戶服務，來產生差異化，因此企業對於運籌管理（Logistics Management）亦從原本僅著重於原物料採購、產品製造至配送顧客處的正向運籌管理（Forward Logistics Management），延伸至注重產品退貨、維修、回收、再製造（Remanufacturing）及再利用的逆向運籌管理（Reverse Logistics Management）。而由於產品的回收、再製造，並成為原物料重新投入供應鏈中（再利用），因此，對於企業的原物料採購決策上產生重大的影響 - 原物料取得來源包含：（1）向原始供應商處採購的新品（新零件），及（2）再製造中心所提供可再利用的回收品（再生零件）；後者相對而言，充滿了高度的不確定性（產品回收量、回收品可再利用率等均不確定）。

本研究藉由 CPFR（Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment）流程模型，探討當製造商零件的供貨來源有兩種時：（1）向外部供應商訂購的新零件、（2）由再製造中心利用回收品進行再製造生產的再生零件，在符合相關環保法令規範及考量因應不確定性之備料庫存等成本最小下，提出一製造商、外部供應商與再製造中心三者的協同運作機制與訂單預測模型，產生回收再製造量及新零件訂單預測量的建議值。同時本研究並依上述所提出之協同運作機制與訂單預測模型，建立一決策支援系統雛型，提供決策者於考量產品回收及再利用時，能做出符合企業效益的回收再製造及新零件訂購決策，減少企業面對環保法令規範與客戶要求下，帶給企業管理上的衝擊。

關鍵詞：逆向運籌、CPFR、再製造、訂單預測、存貨管理

---

## Abstract

Due to the markets are trending towards globalization, how to effectively use global resources becomes a key managerial issue, and all enterprises activities from raw-material purchase, products design to finished-product delivery have to consider the government's decree and environmental consciousness to accord with the request of green supply chain. In addition, if enterprises want to make a difference between them and competitors, they can extend their logistics services from traditional forward logistics services to reverse logistics services (including products return, repair, recovery, remanufacturing and reuse). Owing to the products recovery, remanufacturing and reuse, enterprises have strong impact on their raw-material acquiring and purchase activities (The sources of raw material can be from original raw material suppliers that provide new parts and from remanufacturing centers that provide remanufacturing parts. The quantities of raw material from remanufacturing centers are very highly uncertain).

In this research, to consider the conformity with government's decree and minimalization of the total cost, we propose a collaborative mechanism and order forecasting model based on the CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) for the manufacturer/enterprise, its original raw material suppliers and remanufacturing centers to decide the remanufacturing quantity of remanufacturing parts from remanufacturing centers and the order quantity of new parts from original raw material suppliers. This research also builds a prototype of the decision support system based on the proposed collaborative mechanism and order forecast model to help making remanufacturing decisions for remanufacturing parts and ordering decisions for new parts.

Keywords : Reverse Logistics, CPFR, Remanufacturing, Order Forecasting, Inventory Management

---

## 目 錄

<b>第一章 緒論</b> .....	<b>9</b>
1.1 研究背景.....	9
1.2 研究動機.....	11
1.3 研究目的.....	13
1.4 研究方法與研究範圍.....	13
1.5 報告架構.....	14
<b>第二章 文獻探討</b> .....	<b>16</b>
2.1 協同規劃、預測與補貨.....	16
2.1.1 協同規劃、預測與補貨之定義.....	16
2.1.2 CPFR 之處理流程.....	18
2.1.3 CPFR 之效益.....	20
2.2 預測方法.....	21
2.2.1 預測概論.....	21
2.2.2 預測方法選擇與趨勢.....	23
2.2.3 因果分析-多元回歸分析.....	25
2.3 最佳演算法.....	27
2.3.1 最佳演算法之比較.....	27
2.3.2 演化策略法之介紹.....	29
2.3.3 編碼與適應函式.....	30
2.3.4 重組.....	30
2.3.5 突變.....	31
2.3.6 選擇與終止.....	32
2.4 逆向運籌管理.....	34

---

2.4.1 逆向運籌定義.....	34
2.4.2 逆向運籌的存貨管理.....	35
2.4.3 決定性存貨管理.....	36
2.4.4 隨機存貨管理.....	40
2.5 模糊理論.....	44
2.5.1 模糊理論之介紹.....	44
2.5.2 模糊控制系統.....	46
2.5.3 模糊化.....	47
2.5.4 模糊規則庫.....	50
2.5.5 推理引擎.....	51
2.5.6 解模糊化.....	53
2.5.7 小結.....	53
<b>第三章 研究步驟與研究模型建置.....</b>	<b>55</b>
3.1 研究步驟與流程.....	55
3.2 混合預測整體模型架構.....	58
3.2.1 步驟一 多元回歸模型變數建立.....	59
3.2.2 步驟二 模糊物料訂購總量模型.....	63
3.2.3 步驟三、四 演化策略法求最佳化之混合預測模型.....	74
<b>第四章 實驗設計.....</b>	<b>79</b>
4.1 實驗績效與驗證.....	79
4.2 資料來源與使用之分配.....	79
4.3 模糊物料訂購總量績效驗證.....	81
4.3.1 1-28 週系統參數績效驗證.....	81
4.3.2 演化代數選擇.....	81
4.3.3 突變率.....	85
4.3.4 模糊物料訂購總量模型績效.....	87

---

4.4 多元回歸.....	93
4.4.1 多元回歸參數分析.....	93
4.4.2 演化策略模型.....	94
4.4.3 績效檢視.....	96
<b>第五章 結論與未來研究方向.....</b>	<b>100</b>
5.1 研究結論.....	100
5.2 未來研究方向.....	101
<b>參考文獻.....</b>	<b>102</b>
<b>計畫成果自評.....</b>	<b>106</b>

---

## 圖 目 錄

圖 1-1	再製造策略下 CPFR 預測訂單模型關係架構圖.....	14
圖 1-2	研究架構與步驟示意圖.....	15
圖 2-1	CPFR 九大步驟.....	18
圖 2-2	企業預測模型採用狀況.....	24
圖 2-3	離散重組示意圖.....	31
圖 2-4	中間產物形示意圖.....	31
圖 2-5	演化流程圖.....	33
圖 2-6	再製造活動存貨系統.....	36
圖 2-7	Serviceable and recoverable stock corresponding to the (1, R).....	38
圖 2-8	Serviceable and recoverable stock corresponding to the (P, 1).....	39
圖 2-9	溫士城的存貨管理研究.....	42
圖 2-10	push control.....	43
圖 2-11	simple pull control.....	43
圖 2-12	general pull control.....	43
圖 2-13	模糊控制器架構圖.....	46
圖 2-14	$\pi$ 曲線形函數.....	47
圖 2-15	梯形函數.....	48
圖 2-16	圖 2-16 三角形函數 1.....	49
圖 2-17	高斯分佈函數.....	49
圖 2-18	模糊推論示意圖.....	52
圖 3-1	研究模型建置圖.....	55
圖 3-2	本研究步驟之流程.....	57
圖 3-3	本研究之模型流程圖.....	59
圖 3-4	模糊物料訂購總量模型研究範圍.....	65

---

圖 3-5	模糊物料訂購總量模型操作流程.....	73
圖 3-6	多元回歸參數演化流程圖.....	78
圖 4-1	資料區間規劃圖.....	80
圖 4-2	第1週演化代數之績效收斂趨勢.....	82
圖 4-3	第2週演化代數之績效收斂趨勢.....	82
圖 4-4	第3週演化代數之績效收斂趨勢.....	82
圖 4-5	第4週演化代數之績效收斂趨勢.....	83
圖 4-6	第5週演化代數之績效收斂趨勢.....	83
圖 4-7	第6週演化代數之績效收斂趨勢.....	83
圖 4-8	第7週演化代數之績效收斂趨勢.....	84
圖 4-9	第8週演化代數之績效收斂趨勢.....	84
圖 4-10	第9週演化代數之績效收斂趨勢.....	84
圖 4-11	第10週演化代數之績效收斂趨勢.....	85
圖 4-12	演化訓練最佳代數圖.....	96



---

## 表 目 錄

表 1-1	協同預測方法相關研究.....	12
表 2-1	CPFR 九大流程步驟.....	19
表 2-2	預測模型特性整理.....	22
表 2-3	因果預測函數型態.....	25
表 3-1	參數說明表.....	67
表 4-1	突變率績效排名表之一.....	86
表 4-2	突變率績效排名表之二.....	86
表 4-3	各週次模擬成本與變動範圍表.....	87
表 4-4	第 21 週集群分析.....	88
表 4-5	第 22 週集群分析.....	89
表 4-6	第 23 週集群分析.....	89
表 4-7	第 24 週集群分析.....	90
表 4-8	第 25 週集群分析.....	90
表 4-9	第 26 週集群分析.....	91
表 4-10	第 27 週集群分析.....	91
表 4-11	第 28 週集群分析.....	92
表 4-12	各週次平均總成本集群資訊.....	92
表 4-13	回歸分析參數表.....	94
表 4-14	演化模型第一期初始值.....	95
表 4-15	演化訓練突變率前測實驗.....	96
表 4-16	四週預測之十次實驗績效.....	97
表 4-17	八週預測之十次實驗績效.....	98
表 4-18	平均預測模型績效檢視.....	99

---

## 第一章、緒論

### 1.1 研究背景

台灣是個以製造業為主並高度仰賴貿易的國家，所以生產的產品大部分外銷到歐美各地。面對著國際大廠與主要通路商的成本領導壓力下，製造業的利潤空間逐漸被壓縮；處於供應鏈中游階段廠商必須提高其供應鏈管理效率，降低運籌成本、提供差異化或加值服務以爭取訂單。1998年所提出的協同規劃、預測與補貨(Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment, CPFR)在國外發展多年，目前全球已有上百家知名企業成功採用，並獲得實際的效益，如：Wal-Mart、IBM、HP、Johnson & Johnson 等公司。企業導入 CPFR 就像打破企業之間無形的藩籬，讓整個供應鏈就像一個虛擬企業，與貿易夥伴共同參與規劃、預測及補貨作業。

目前國內外廠商在推動 CPFR 不遺餘力，在正向運籌方面的協同已經蓬勃發展多年，許多研究報告也紛紛提出，CPFR 有助於 1. 降低訂單出錯的機會；2. 改善預測的準確性及適時；3. 縮短訂單週期，提升庫存周轉率，提升平均客單價；4. 降低促銷品過期報廢金額、降低促銷缺貨率；5. 提供自動預警及預測供應的短缺可能性；6. 協同合作尋找最佳的組件及原料採購安排。

MaCarthy and Golcicic (2002)、Helms et al.(2000)學者在探討協同預測績效與效益，注重在導入研究所帶來的效益。Aviv(2002)、黃蘭禎(2004)研究中主要探討預測方法為主。但隨著各國法令限制在全球化的影響下，面對日漸減少的有限資源，以及社會環保意識抬頭以及相關法令規範。企業必須從新思考整個產品流程設計，從產品設計、原物料的取得、產品製造、配送、甚至回收，整條供應鏈的運作設計上都必須加上環保這個因素去加以考量。在歐洲地區，歐盟訂定「廢棄電子電機設備指令」WEEE(Waste Electronics

---

and Electrical Equipment)，針對電子產品的廢棄物問題，要求製造商必須負責回收環保方面問題，提出有效循環利用機制，以減少每年應電子設備廢棄物所帶來的污染，法規裡要求歐盟會員國將 WEEE 納入該國法規；各企業廠商須在 2005 年八月底前完成相關配套(包含 collection, inspection, recycle, disposal)，企業須負起處理這些產品的責任，減少廢棄產品對環境的影響，相關歐盟法令還包含「危害物質限用指令」(RoHS)、「包裝廢棄物指令」(PPW)全球的製造商必須符合這項法令才能講產品出口到歐盟。根據經濟部工業局於 2006 年初公布的調查數據，歐盟實施 RoHS 環保指令後，將波及國內十大產業，約 34,533 家廠商，受影響產值更將高達 2,446 億元。此外根據經濟部的評估，WEEE 與 RoHS 指令將使台灣約有 44 項的電機電子產品在輸出歐盟時受到管制，占了歐盟管制 81 項產品的一半以上，這些輸往歐盟屬於十大類管制的電機電子產品在 2005 年產值約為 2,025 億元，國內產業受影響的程度可見一般。

另外伴隨產品生命週期縮短和產品淘汰速度增快，企業在面對複雜的市場若不能精準預測產品的生命週期與需求量，常常造成大量生產囤積品。尤其以電子性產品方面若不能在當季售出，不僅本身公司會造成巨大的存貨成本壓力，後續滯銷品處理也需付出高額費用。根據統計美國每年消費性電子產業退貨額達 150 億美元來自於商品的退貨、生產過剩、報廢與回收等隱藏性損失，使得各企業營運成本提高。企業除了加強品質管理與 CPFR 協同預測機制降低因生產過剩缺失外，亦可在對這些滯銷產品、退貨產品做妥善處理，將回收品透過產品復原活動加以復原其價值。與其將產品直接丟棄，不如當作另一原物料管道的取得，降低原物料取得成本，充分利用回收品剩餘價值，將可替企業帶來可觀的效益。

所以面臨法令與回收復原活動雙重新因素下，CPFR 中對於訂單預測在考慮逆向運籌下實行再製造策略下如何創造新的契機；根據訂單預測動態調整訂購數量，以降低不確定因素影響，所以建立買賣雙方可達成共識的訂單預測模型是非常重要的。

---

## 1.2 研究動機

長久以來企業對於運籌的觀點只單方面的考慮產品的研發設計、採購、生產製造、運輸，配銷，藉由最佳化上述流程以提升產品整體價值，即所謂的正向供應鏈；但隨著環保法令限制、產品生命週期縮短、消費者環保意識抬頭、地球資源有限影響下，必須將正向運籌延伸至包含產品的回收、分類，復原，丟棄處理等逆向運籌的處理活動，將產品的生命從產出到死亡提供完整運籌模型。許多研究報告中也提出，實行逆向運籌有助於企業從中獲利與節省成本。

在 CPFR 流程中多數研究著重在正向供應鏈的協同預測的架構、導入效益與預測方法等議題，但對於當企業活動中包含逆向運籌-再製造活動策略下時的協同預測方法少有提之，因此與其相關之研究探討有其必要性；並且在預測模型建置上，大多數以內部企業銷售預測與存貨需求預測為主，少數有針對 CPFR 中的訂單預測方面來提出協同訂單模型之文獻；且在供應鏈中屬於生產製造階段的中游廠商，需要面對未來環保法規及綠色意識地壓力，所以製造商有其必要將回收活動納入 CPFR 預測方法，精確的控管物料需求量，協調物料供應、製造活動與再製造活動三者之間的運作；一方面能使存貨可以達到有效控管以因應回收所帶來的相關存貨成本壓力；另一方面回收品的前置時間皆會高於正常的採購流程 (Inderfurth and Van Der Laan, 2001)，但若在法令規定最小回收量要求下，廠商就不能直覺的從新物料來源來進行採購，必須以符合生產時程與低成本要求，在物料供應商和再製造中心間來源作零件數量取捨，同時也能規避來自於法令罰則的懲罰。

表 1-1 協同預測方法相關研究

作者	研究內容與重點
Aviv(2002)	透過自我共同相關(Auto-correlated)需求模型來探討聯合預測與補貨流程之效益
Holmstrom et al.(2002)	針對零售商與配銷商，在品類管理前提下，提出可以適用於大規模協同合作的「商品等級-佔有率(Rank-share)」預測方法，提供由上而下的集合銷售預測
李順益(2002)	利用灰色理論中灰預測的簡易、少數據之特性，來設計一套有效的短期預測架構，並探討灰色預測應用於短期預測之適用性
黃蘭禎(2004)	透過混合性架構，結合時間序列和多元回歸模型預測方法且利用基因演算法來提供協同銷售預測模型
曾永勝(2005)	利用類神經網路找出適合混合性預測架構解釋變數，且利用演化策略演算法，求得符合協同銷售預測特性與需求之預測模型
陳寬茂(2005)	透過時間序列和多元回歸模型與演化策略法三階段預測方法，建構出協同訂單預測模型

【資料來源：黃蘭禎(2004)、曾永勝(2005)、陳寬茂(2005)】

現今預測方法之研究，如表 1-1 所示，包括了時間序列分析、多元回歸分析、基因演算法、灰色理論等，期望以更加的預測模型為企業提供更準確的資訊。羅慕君(2004)指出企業的訂單預測主要利用歷史資訊，透過簡單的預測方法在加上內部人工的產能預估產生。黃蘭禎(2004)、曾永勝(2005)與陳寬茂(2005)三位在混合預測模型上，步驟上採用時間序列方式，再加入事件影響因子並透過多元回歸分析求參數解，最後使用最佳演算法進行求解。然而在將回收活動考慮進來同

---

時，來自回收數量因素上，時間變異呈現高度不確定性，時間序列模型在估計預測容易造成缺失；實際的生產活動與復原活動的交錯進行，也在時間序列以及多元回歸分析中難以解釋。所以本研究希望如何在協同機制下加入再製造策略活動，考慮實際工廠運作情形；滿足需求的前提下，配合逆向運籌下的存貨管理政策使存貨成本最小化。使得未來訂購零件不確定性增添下，希望能藉由新的短期訂單方法能找出最佳的預測值幫助企業與供應商能加強協同規劃，提升供應鏈競爭力。

### 1.3 研究目的

本研究主要以 CPFR 流程中之訂單預測階段為主題，基於上述背景動機，將生產製造情形、逆向運籌活動和事件因子、供應鏈績效因素等整合，建構出具有協同機制的採購計量模型。在逆向運籌需求的趨勢下，產品回收及再利用勢必將成為企業不可免除的問題，而回收與再利用衍生的作業成本，也將對企業帶來不小成本負擔；且相關法令規範的也使得企業不得不將逆向運籌活動納入營運活動範疇。

所以本研究的目的就是探討基於前述背景與動機，當回收量與需求量為不確定情況要求下，建立具有產品回收與再利用考量下與物料供應商的採購決策模型。

### 1.4 研究方法與研究範圍

本研究的主要目的是希望能找出當製造商擁有回收機制下，如何透過結合 CPFR 流程步驟下發展出適合的協同訂單預測方法。使得供應鏈中各成員所觀察到的，相互分享之訊息、事件納入模型考量中，得以提供供應鏈中單一最佳化訂單預測量。此外供應鏈成員也可以進一步利用此模型來分析各訊息與事件對訂單預測量可能之影響與決策績效。

基於上述方法與概念，本研究模型將透過文獻探討方式，蒐集有關存貨管理、協同預測與逆向運籌等相關領域；歸納出當企業流程中引進回收活動時，物料提供商和製造商進行協同訂單預測之影響因子，作為模型的解釋變數。透過「模型推導」研究方法，將存貨管理之經濟訂購量概念與多元回歸分析法結合，並透過最佳演算法加以輔助；推導出多元回歸預測模型。最後採用實驗方法，以假設資料進行統計分析，透過資料之測試，以最小平方誤差(MSE)等指標來驗證模型績效，進而提出驗證結果與建議。

本研究偏向短期預測訂單模型，以快速反應市場需求，將製造商、再製造中心及物料供應商關係架構如圖 1-1 所示；在再製造活動驅使下考量其訂單之特性與因素影響，三者如何透過 CPFR 機制發展其適用的訂單預測模型，完成補貨程序。

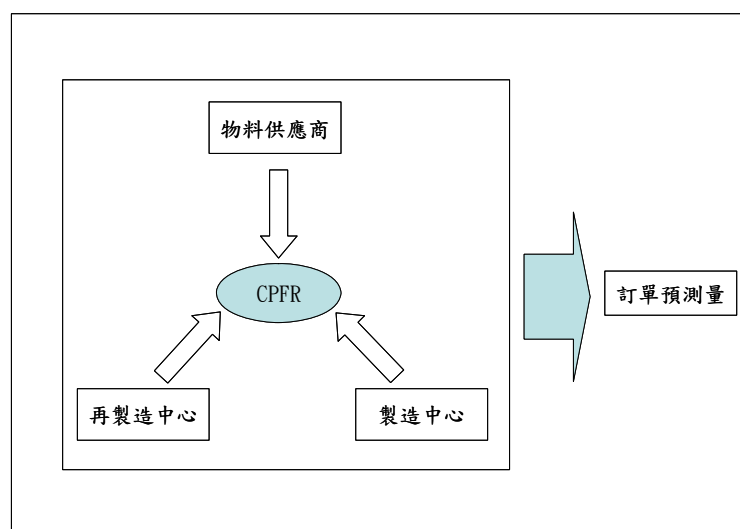


圖 1-1 再製造策略下 CPFR 預測訂單模型關係架構圖

## 1.5 報告架構

本研究報告共分五章，如圖 1-2 所示，第一章為緒論，描述本研究之背景、動機、目的、研究流程與研究方法。第二章為文獻探討，針對本研究主題「逆向運籌下 CPFR-訂單預測模型探討」；探討供應鏈、存貨管理、逆向運籌、預測方

法論、CPFR 相關議題。第三章為說明本研究之預測模型建構、實驗設計、績效指標以及操作性定義。發展一個適用整合正逆向運籌的訂單預測模型，考量可能發生的各種不確定因素，以求出一個具參考的模型。第四章為本研究之實驗過程、結果與分析；說明本研究與傳統方式預測方法優。最後，第五章提出本研究之結論、貢獻及對未來研究之建議。



圖 1-2 研究架構與步驟示意圖



---

## 第二章、 文獻探討

### 2.1 協同規劃、預測與補貨

#### 2.1.1 協同規劃、預測與補貨之定義

協同規劃、與預測補貨 CPFR(Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment)源自於1995年九月由Wal-Mart和其供應商針對零售業供應鏈問題所發展出來的方法論，裡面參與成員包含了軟體公司、顧問公司集與Wal-Mart的供應商。此指導原則是冀望透過協同分享預測，增進零售商與製造商因需求不確定所造成的長鞭效應，影響整個供貨問題，造成整體在需求鏈上的銷售損失以及生產過剩的成本損失。之後CPFR發展透過26個領導廠商成立VICS協會共同制定指導原則，透過網路應用以及相關支援的應用軟體共同承擔風險，在1998年公佈的一連串指導原則(處理流程)，共訂定了九大步驟協助企業間如何在規劃、預測與補貨等方面進行合作。

聯合通商與EANTAIWAN(2002)對CPFR之定義為「正式規範兩個企業夥伴間的處理流程，雙方需先同意接受協同合作計畫和預測，監控全程一直至補貨之間的運作是否成功，然後確認異常狀況，最後採取可行方案加以解決」。

VICS(2002)定義為「CPFR是一套藉由企業與交易夥伴，透過分享預測相關資訊，來追求供應鏈協同合作的方法。而透過此一方法，可以使雙方的預測績效提升」。

Seifert(2002)對CPFR定義為「供應鏈中所有參與者間的計畫，目的在透過共同管理規劃流程及分享資訊，來改善彼此的關係」。

林振成(2003)對CPFR定義為「一個企業間協同流程，使價值鏈參與者透過事先規劃及同意異常狀況處理規則，以控制供需間預期心理的過度或不當反應，

---

減低供需之差異，進而共同分享市場潛能與風險」。

Schroder(2002)透過高度的信任、與有品質的資訊分享來達到可衡量的改進，其目標為增加需求預測和補貨規劃之正確性。CPFR 是由一連串的企業流程所組成，將供應鏈中交易伙伴共同擬定之企業目標及方法、聯合銷售及作業性計畫、電子化整合及更新銷售預測及補貨計畫連貫起來。

因此 CPFR 之協同合作(Collaboration)概念需要資訊技術去建立、讓合作夥伴運用網際網路分享預測和結果資訊，增加商品的可利用率與銷售量。供應鏈中的合作一直被視為一種主要的企業流程，而 CPFR 正是一種能夠使彼此交易夥伴之間達成雙贏局面，亦即客戶滿意度，成本及收益能夠同時達到最佳化之最成功的機制；再者 CPFR 也是一個指引架構，提供出一個參考架構、模型以及技術，讓合作夥伴可以一同進行計畫評估與決策。為了提昇成員彼此間的相互信任程度，CPFR 重新定義了商務流程，以確保體系成員間在協同運作的過程中，任何成員都不會有突如其來的意外狀況發生；也正因為如此，愈來愈多的企業及組織正走向 CPFR 的懷抱以享受其所帶來的好處。

## 2.1.2 CPFR 之處理流程

CPFR 為一連串的企業流程所組成，而這一連串的流程乃是由供應鏈中互相的交易夥伴共同擬定之企業目標及方法、共同發展之聯合銷售及作業性計劃，和電子化的整合及更新銷售預測，「訂單預測及補貨計劃」。彼此夥伴之間的溝通更加的密切，其意味著：當需求改變時，促銷或是策略變動、聯合銷售預測及訂單預測，補貨計劃更能適時且迅速的調整至合理的水平，而能減少雙方因為變動而造成的成本損失。透過 CPFR 活動可達到改善需求預測、產品在對的時間點配送至對的目的地、降低整個供應鏈的存貨水準，避免缺貨現象、改善顧客服務水準。增進整條供應鏈效益。

在 CPFR 流程模型中，包含了三大階段及九大步驟，分別為規劃階段、預測階段和補貨階段。



圖 2-1 CPFR 九大步驟

【資料來源：<http://www.vics.org/>】

表 2-1 CPFR 九大流程步驟

階段	流程步驟	
規劃	發展前端協議	
	制定聯合商業計畫	
預測	銷售 預測	制定銷售預測
		界定找出影響銷售預測之例外狀況，並列出例外商品項目
		針對例外商品項目，協同解決該例外狀況
	訂單 預測	制定訂單預測
		界定找出影響訂單預測之例外狀況，並列出例外商品項目
		針對例外商品項目，協同解決該例外狀況
補貨	產生訂單	

【資料來源：<http://www.vics.org/>】

---

### 2.1.3 CPFR 之效益

實行 CPFR 好處，可歸納成，王立志(2006)：

1. 對零售商而言：銷售量增加、服務水準提升、訂單回應時間縮短和產品存貨數、報廢數及不良品數目均下降。
2. 對製造商而言：銷售量增加、訂單滿足率提升、產品存貨量減少、週轉時間加快及產能使用減少。
3. 共享的供應鏈效益：增強夥伴關係、提供自上游到下游的銷售分析和訂單預測、利用行銷點資料、季節活動、促銷、新品介紹以及商店開幕等資訊來改進預測的準確性、透過除去或預先排除問題來進行需求鏈管理、在未來的必要條件和規劃中接受協商合作，可獲得共同規劃出來的計畫，便於進行促銷管理；整合規劃、預測和運籌活動；提供有效率的型錄管理，並了解顧客的採購偏好；提供關鍵績效指標的分析(例如：預測準確度、預測經驗、產品前置時間、存貨週轉次數、缺貨比率)來減少供應鏈中缺乏效率部份，並改善顧客服務及增加銷售量和獲利能力。

而根據 CPFR 網站的調查，CPFR 可以為導入的廠商帶來的效益平均為：銷售成長 2% 至 25%、預測準確度提升 10% 至 15% 及服務水準成長 0.5% 至 2%。

因此 CPFR 指導方針中制訂一套循序漸進的方法，先從協同規劃開始，再經過協同預測，最終達到協同補貨。此商業流程的主要特色，仍在於促使供應鏈體系的成員，在「商務夥伴」關係架構下，能夠根據彼此之間的互信程度來共用特定的企業資訊，以在供應鏈體系內發揮各自的核心競爭力，分擔整體供應鏈成敗共同責任，並且同享成果。

---

## 2.2 預測方法

### 2.2.1 預測概論

于宗先將預測定義為「對未被觀察事象的一種說明」。所謂未被觀察的事象不僅指未來的事象，也指已發生的事象。如果所涉及的包括這兩種事象，則稱為廣義的預測。如果所涉及的僅是未來的事象，則稱為狹義的預測。預測是利用現代科學理論和方法，結合人類的豐富經驗與判斷，根據相關數據資料透過系統化的步驟計算與分析，去探討未來事物發展之可能趨勢，以變作為未來行動方針。Delurgio(1999)認為預測是對未來值或狀況機率上的估計或敘述，但好的規劃和控制要求預測要包括平均值、範圍和對該範圍的機率估算等項目，預測被強調不應該只是個單一值，而是一個值域。大部分的預測運用中，此方面的決策會嚴重影響到定價與促銷的決策，也可能對生產控制、存貨控制等產生重大影響。基本上預測可分為管理者規劃系統，或者是幫助規劃系統使用。規劃系統主要提供長期性計畫，包含地點設置的選擇、未來提供的產品種類；規劃系統使用主要運用在中短期的計畫，包含了生產需求規劃、預算編列及存貨控制等。

目前產業界都是應用預測的手法來預測公司未來長短程的銷售量，然後再利用這些預測數據，加上公司的營運策略來事先規劃長程的產能擴充計畫及短程的生產計畫。如此一來便能使得客戶訂單在交期準確性上，得到一個較令人滿意的結果。預測是一種資料探勘的相關技術，通常都是利用各種統計或回歸(Regression)的方法，從過去的歷史資料中找出有用的趨勢或是模型，然後利用這些趨勢或模型來求得下一期間或週期的預測值。

預測分類主要可分為區分成定性分析與定量分析兩大類。一般而言預測過程利用人的因素、個人意見、直覺等主觀投入因素，缺乏準確數字描述可被稱為定性分析；而定量分析則是利用客觀性資料或者歷史數據，避免因為強烈主觀因素造成預測偏差。Gorden(1997)將預測方法分為三類、判斷法、時間序列與因果法。

依 Chamber(1971)等之區分預測的方法可以分為三大類：定性分析(Qualitative Methods)、時間序列分析及投影法(Time Series Analysis & Projection)與因果分析法(Causal Methods)。DeLurgio(1999)亦將預測方法區分為單變數(時間序列)、多重變數(因果預測)與定性預測三類。呂柏賢(1999)將預測方法分成有很多種，主要有統計方法、定性分析、經濟模型、因果分析法與人工智慧法。

表 2-2 預測模型特性整理

模型型態	預測方法	適用時機
判斷預測法 (Judgmental)	貝氏法(Baysian) 德菲法(Delphi)	1. 歷史資料缺乏 2. 要求快速的預測結果
時間序列(Time Serials)	簡單移動平均(Simple Averages) 移動平均(Moving Averages) 指數平滑(Exponential Smoothing) 線性趨勢(Linear trend)	1. 資料模型呈現平滑與持續特性 2. 資料模型呈現季節特性 3. 資料量可得且適足 4. 環境穩定變化慢 5. 過去發生事件會在未來持續發生
因果關係 (Cause-and-effect)	回歸分析(Regression) 計量經濟分析 (Econometric) 輸入輸出分析 (Input-out) 類神經網路	1. 資料模型出現凸點或 outliers 2. 資料模型出現季節性 3. 模型的自變數與因變數有強而穩定關係

【資料來源：黃蘭禎(2004)】

---

### 2.2.2 預測方法選擇與趨勢

Levary 和Han (1995) 條列了選擇各項技術預測方法的先決條件；而影響技術預測方法選用的因素則有以下六點：

1. 技術的研發成本：當新的技術發展的過程中，累積花費的金錢愈多，實現的機會就會增加，同時發展的時間就愈短，而這些金錢的花費通常與技術發展所帶來的可能利益、及其對社會潛在的影響有關。
2. 資料的取得：不同預測方法的應用資料數量也會有差異。
3. 資料的有效性：資料的品質、深入程度也是技術預測方法上的考量因素。
4. 技術發展的不確定性：不同的預測方法適合不同種類的問題，在不確定的情況下，必須選擇最好方案。
5. 技術世代間隔：如果新技術發展與現存的技術愈相近，其成功的機會將會增加，同時其發展時間也會縮短。
6. 技術發展變數因子：當技術發展時遭受到的不確定變數增多時，預測活動所考慮因素變得複雜；通常難以利用單種預測方法，有可能需要多種方法交互運用。

Makridakis and Wheelwright(1997)針對一般預測方法進行實證研究歸，納以下結論：

1. 在預測方法選擇上，並沒有相關研究證明哪種預測方法較好，需針對問題模型提出一套預測方法。
2. 定性分析研究上的預測準確度較低，且花費成本較高。
3. 計量經濟模型預測結果並沒有比時間序列預測來的準確，但它可提供各變數因果關係。



4. 無論何種預測方法，簡單的預測方法並未絕對比複雜的方法準確性低。
5. 實證結果顯示，給予所有的資料相同權數的簡單最小平均法，其預測準確性低於依據資料的新舊特性給予較高、低權數的折扣平均法。

Mentzer et al. (1995) 在對 478 家公司的問卷調查中發現，「移動平均法」與「指數平滑法」是實務界最熟悉的預測方法，且兩者亦分別為預測週期「三個月以內」及「三個月至兩年」中，被採用最多的預測方法，另其中「指數平滑法」更是最受業界滿意的預測技術。

Makridakis et al. (2000) 研究發現沒有一種方法對所有的時間序列或預測時間範圍擁有絕對的優勢，也就是某種預測方法會在某些時段表現最好，但在其他時段卻不盡然，且複雜的方法並不會顯著地比簡單的方法精確。

Jain(2002)研究中針對 1236 家企業調查，發現 61.33%採用時間序列分析，22.65%採用因果分析、13.92%採用判斷分析法、2.10%採用其他自行建構方法。

如圖

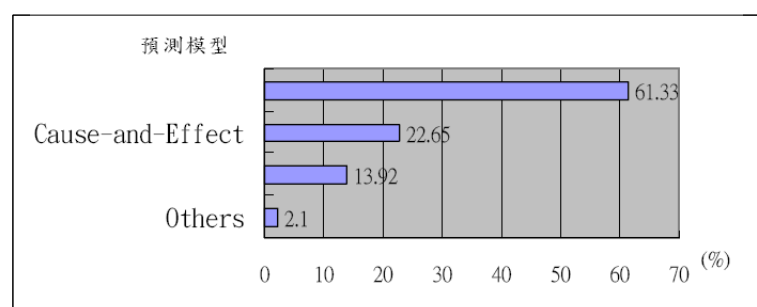


圖 2-2 企業預測模型採用狀況

【資料來源：黃蘭禎(2004)】

Ozturkmen(2000)、Charles(2002)與 Jain(2002)研究中皆認為，利用單一預測方法考因素過於簡化，未能解決由產業環境變化所帶來不穩定的因素，應合併各種多種預測方法，擷取各方法之所長，提升其預測準確性。黃蘭禎(2004)、曾永勝(2005)與陳寬茂(2005)，研究中也分別証實了利用混合式的預測方法可以有效提升其預測結果。

由上述相關的文獻中，當我們在設計預測模型中，必須針對其研究主題加以定義分析，選擇適當預測方法。本研究問題中主要針對再製造策略活動下的訂單預測，由上述的文獻中提到針對環境不確定的情況下，利用混合式的預測方法可以獲得較佳結果。因此本研究的訂單預測，採用因果分析為基礎，結合傳統中存貨管理經濟訂購量的概念，提供較佳解釋與預測準確性，並可以進一步提供事件影響分析量。

### 2.2.3 因果分析-多元回歸分析

在一般的多元迴歸分析預測函數中，依其複雜性有一般線性回歸、非線性回歸；為了操作方便，非線性回歸須轉換為線性，轉換後以半對數(Semi-log)線性回歸和雙對數(Double-log)線性回歸模型中為常見。這些線性回歸模型定義如下：

1. 一般多元線性回歸模型： $Y = \beta_0 + \sum \beta_i * X_i$
2. 半對數線性回歸模型： $\ln Y = \beta_0 + \sum \beta_i * X_i$
3. 雙對數線性回歸模型： $\ln Y = \beta_0 + \sum \beta_i * X_i + \sum \beta_j * \ln X_j$

其中  $X_i, X_j$  皆為解釋變數； $\beta_j$  為解釋變數之係數； $Y$  為回歸函數的應變變數

表 2-3 因果預測函數型態

作者	函數型態
Venkatesh and Lakshman(1996)	雙對數線性
Mulhern et al.(1998)	半對數線性
Blatterg and Wisniewski(1989)	
Mulhern and Leone(1991)	
Bolton(1989)	
呂百舟(2000)	
Jeong et al.(2002)	一般線性回歸

---

Venkatesh and Lakshman(1996)認為銷售量函數以半對數方法表示並不太恰當。他認為銷售量之解釋變數，其解釋變數並非全部都可用指數表示之，統計模型中，對於質化因子(如品牌、顏色、性別等)多以虛擬變數(Dummy Variable)「1」或「0」來表示該特徵值的有無。這些指標性變數，以指數來表示還算恰當。但對於談性、邊際效果之解釋(如價格彈性)在轉換半對數形式後，會有過分高估之現象，使用雙對數線性形式可減輕這現象。

本研究中，主要針對訂單預測模型設計，其中包含許多指標性變數與一般性變數(如庫存策略與訂單週期)，若用半對數線性函數並不恰當，易發生變數影響效果被低估或高估之現象，故採用雙對數線性函數形式以減輕此現象。

---

## 2.3 最佳演算法

### 2.3.1 最佳演算法之比較

#### 一、 演化策略法之特色

吳子逢(2003)傳統的演化策略是一個有效的最佳化搜尋方法，它的優點是：

1. 多點搜尋容易維持條件限制下合理的解；
2. 變數為實數型有利於連續型變數問題直接設計；
3. 容易加入啟發性 (Heuristic) 知識；
4. 有能力找到全域近似最佳解 (Global Near-optimum)；演化策略在每一迭代中只有針對現有的解產生若干個突變運算，係採用高斯分布隨機產生再測試的方法產生新解。

#### 二、 基因演算法的特色

張育璋(2003)基因演算法跟一般的最佳化方法所不同之主要特性分述如下：

1. 基因演算法的運算，主要在參數經過編碼的位元字串上，而非參數本身，所以在搜尋分析上不受參數連續性的限制。
2. 基因演算法採用隨機多點同時搜尋（多點跳躍演化）的方式（複製、交配、突變），因此可以避免侷限在區域的較佳解上，而得到問題的較佳解，且較傳統如模擬退火法類的單點依序搜尋方式為佳。
3. 基因演算法運算時只需訂定問題要求的目標函數 (Objective Function) 為適應函數，並不需其他的輔助資訊（如函數的微分性、連續性），所以適合各類問題的目標函數。

---

### 三、 模擬退火法之特色

黃肆海(2003)模擬退火法可視為一種機率登山搜尋的演算法，它結合了最陡坡降與隨機程序的方法，在搜尋的過程中，通常是以隨機的方式來尋找。

1. 模擬退火法其演算程式較其他啟發式演算法易撰寫與理解，沒有複雜的運算；
2. 在整個搜尋過程中，僅需考慮目標函數值本身，不需考慮目標函數值的一階或多階微分值；
3. 此外，設計變數值可為離散值，不一定為連續值，隨機選取的初始設計變數對搜尋結果影響不大。

模擬退火法搜尋方式是單點搜尋，沒有設計變數的訊息交換，搜尋速度比基因與演化策略法慢。其中最大的缺點在於模擬退火法算是所有最佳化方法中待設定參數最多的一個，且參數的選定深受函數的影響，並左右著搜尋結果的好壞。而基因演算法主要編碼方式以整數型態為主要方式。因此本研究採用演化策略法因為在於其研究發展完全建立在嚴密的數值分析與機率理論上，其搜尋能力的分析在 Arnold(2002)、Beyer(1995, 2001, 2002)均有詳細探討研究。在連續型變數應用問題上，演化策略的表現較優於演化規劃，在球體模型(Sphere Model)的參數最佳化實驗上也比傳統基因演算較佳，所以演化策略的應用多半在於連續函數問題的最佳解設計上。

---

### 2.3.2 演化策略法之介紹

1964年，德國人Rechenberg為了解決流體力學中模型控制問題而發展出了演化策略法。演化策略法基本上屬於人工智慧(Artificial Intelligence, AI)領域中的一種，以生物學家達爾文(Darwin)提出的「物競天擇，適者生存」的進化論(Evolutionism)為基礎模型。進化論大意是說，生態中各生命個體在有限資源情況下，為了求取生存與子嗣延續，必需透過競爭與自然演化生物演化機制以求物種延續，失敗者將被淘汰而勝利者留下。類似許多的進化論演化式計算模型方法已經被發展出來。

1. 遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA)。
2. 演化策略(Evolutionary Strategy, ES)。
3. 演化式規劃(Evolutionary Programming, EP)。
4. 適應動態環境學習的分類系統(Classifier System, CS)。

GA為主要演化式演算法的基本型，各種演化式計算模型都是由GA，加強、延伸而來的。ES與GA最大不同之處在於ES中個體的染色體是以實數所表現，而非如遺傳演算法一般，以位元為基本單位；利用實數表示時染色體可能為問題之可能解同時，這樣可避免在合適度評估時做數值轉換。

最早的ES為隨機搜尋只有突變與選擇機制並不包含重組，稱為「1+1演化策略」((1+1)-ES, 單成員的ES, 運算過程透過一個父解經由突變機制(利用平均值為0, 標準差為s)產生一個下代(子解), 接著透過適應函數比較父代與子代, 在進行下代演化)。隨後發展了族群式演化策略, (( $\mu + \lambda$ )演化策略 和 ( $\mu, \lambda$ )演化策略), 並加入新的演化運算元—重組機制(Recombination), 使控制演化的策略參數隨著各單元一同演化。此兩種不同ES主要差異為( $\mu + \lambda$ )-ES,  $\mu$ 個父代產生 $\lambda$ 的子代, 且從這 $\mu + \lambda$ 個解中挑選最佳的 $\mu$ 個為父, 再進行下一代運算; 而( $\mu, \lambda$ )-ES,  $\mu$ 個父代中產生 $\lambda > \mu$ 個子代後, 並只考慮新產生的子代, 選出最佳 $\mu$ 個做為父代, 再進行下一代運算)。ES至此奠定雛型。

最早的演算法演化策略的重要機制: 編碼型式 (Representation) 與適應函

---

式(Fitness Function) 、重組 (Recombination) 、突變 (Mutation) 及選擇 (Selection)。

### 2.3.3 編碼與適應函式

演化策略的應用多半在於連續函數問題的最佳解設計上。我們必須將問題編碼成  $\vec{X} \in R^n$  形式，其中  $n$  為問題變數個數。之後我們給定一個目標函式  $f: R^n \rightarrow R$ ，且適應函式  $\Phi$  原則與目標函式一致  $\Phi(\vec{a}) = f(\vec{x})$ ，其中  $\vec{x}$  為  $\vec{a}$  組成之一，即  $\vec{a} = (x_1, x_2, \dots, x_n, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$ ， $x$  為變數  $\alpha$  為策略參數，( $\alpha$  是問題變數的標準差以作為突變機制的依據)  $\alpha$  個數  $1 \leq m \leq n$ ，在問題描述中必須定義清楚，之後我們可以利用適應函式  $\Phi$  作為演化依據。

假設我們針對 4 個實數變數進行計問題為佳化設計，第一部主要是進行變數編碼  $\vec{x} \in (x_1, x_2, x_3, x_4)$ ，接著給定目標函式  $f(\vec{x}) \in R$ ，接著設定策略參數  $\alpha$ ，最後組成適應函式  $\Phi(x_1, x_2, x_3, x_4, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$ 。

### 2.3.4 重組(recombination)

當演化策略法為  $(\mu + \lambda)$ -ES 和  $(\mu, \lambda)$ -ES 會多出重組步驟與 GA 步驟中的交配相同，主要是為了讓父代個體染色體互相交換有用的資訊，使子代染色體獲得更高的合適度，以改善父代染色體。除了目標變數進行重組運算外，策略參數也可隨著各單元一同演化。演化策略有許多種重組方式，一般可以分為離散型式 (Discrete) 及中間產物型式 (Intermediate)，其運算方法如下：

#### 一、離散型式

從父代中集中選取兩組解， $p1\{10, 20, 30, 40, 50\}$  與  $p2\{12, 24, 28, 44, 48\}$ ，接下透過離散重組式  $\{1, 1, 2, 2, 1\}$  (選擇子代解變數繼承的對象，1 代表由  $p1$  選取 2 代表由  $p2$  選取)，產出子代  $\{10, 20, 28, 44, 50\}$ 。如下圖所示：

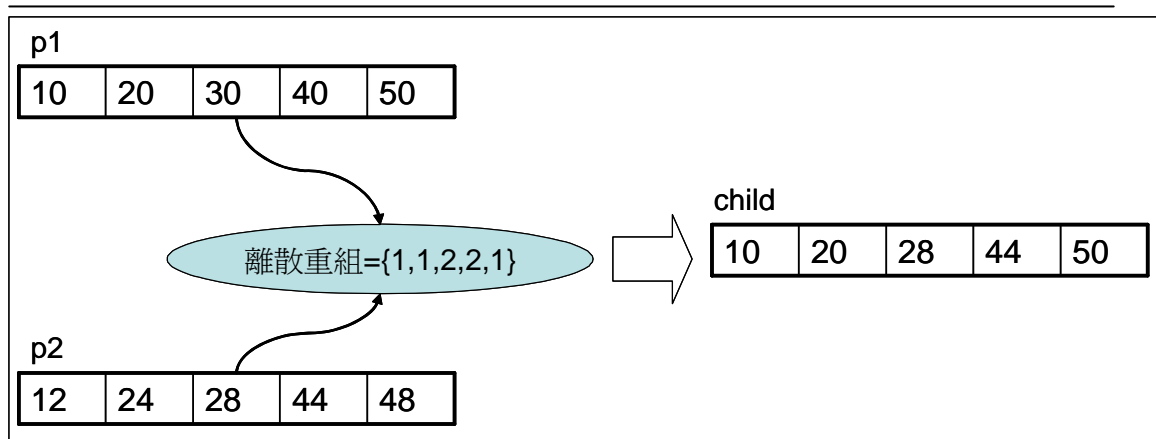


圖 2-3 離散重組示意圖

## 二、中間產物型

中間產物主要是利用加權平均的概念運算，如下圖中中間產物運算子  $\{0.4, 0.3, 0.6, 0.6, .5\}$  意味著新子代的各個變數的解是經由父代依比例產生；child 中的第一個變數 11.2 即是  $10 \times 0.4 + 12 \times (1 - 0.4)$  計算求得。

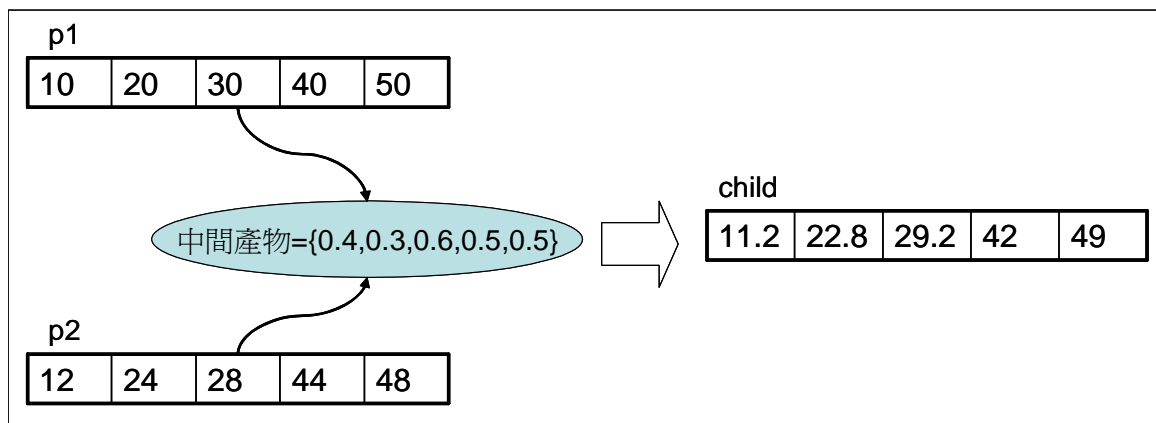


圖 2-4 中間產物形示意圖

### 2.3.5 突變

在演化策略法中，若各子代來自於父母的基因組合時，染色體的內容即是問題的可能解，可避免個體在合適度評估時做數值轉換，但只進行重組運算時無法產生差異度較大的子代，容易陷入區域最佳解(Local Solution)中，因此適當的突變有助於子代邁向全域最佳解(Global Solution)；其中不僅目標變數可以藉



---

由突變機制最佳化，策略參數也可透過突變獲得一組效率最高的演化參數。

突變公式如下：

$$\sigma'_i = \sigma_i \cdot \exp(\tau \cdot N(0,1) + \tau' \cdot N(0,1)) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n_\sigma$$

$$x'_j = x_j + \sigma'_j \cdot N(0,1) \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$\sigma_i$  為父代中第  $i$  個策略參數

$\sigma'_i$  為子代中第  $i$  個策略參數

$x_j$  為父代中第  $j$  個目標變數

$x'_j$  為子代中第  $j$  個目標變數

$\tau = \sqrt{2\sqrt{n}}^{-1}$  全域學習率(Global Learning Rate),  $n$ =目標變數個數

$\tau' = \sqrt{2n}^{-1}$  區域學習率(Local Learning Rate),  $n$ =目標變數個數

### 2.3.6 選擇與終止

選擇機制在演化策略中方式是決定論的 (Deterministic)，可以分為(( $\mu + \lambda$ )演化策略 和( $\mu, \lambda$ )演化策略)，主要差異在主要分別在於( $\mu + \lambda$ )ES 中，在於父代經過重組與突變後產生  $\lambda$  個子代，之後再進行適性函數評估時，會將父代與子代( $\mu + \lambda$ )同時進行考慮選出  $\mu$  個為下一代的父集合；( $\mu, \lambda$ )ES 則是在評估時只考慮  $\lambda$  個子代，之後選出  $\mu$  個為下一代的父代；演化流程圖如圖 2-5。

在正常運作下，要中止演化，通常有下列方式，視資料與問題複雜度設定之。

1. 設定演化代數；
2. 設定演化時間；
3. 設定每袋合適性之差異程度，當差異小到預設值時。

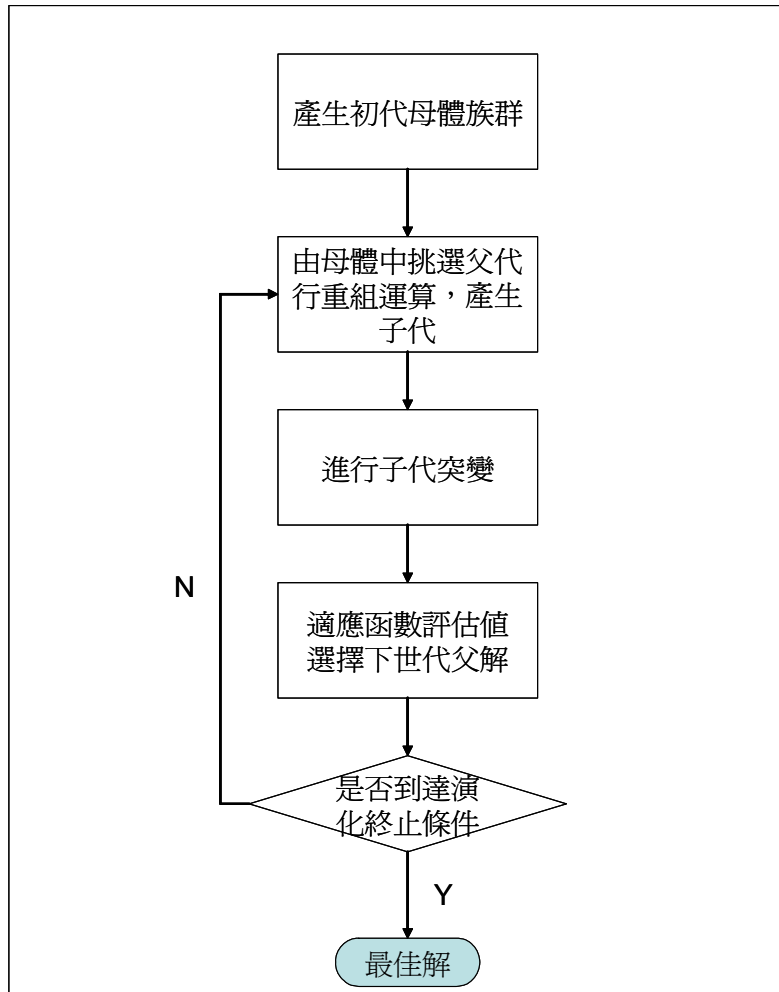


圖 2-5 演化流程圖

---

## 2.4 逆向運籌管理(Reverse Logistics Management)

### 2.4.1 逆向運籌定義

當運籌逐漸發展成一新興領域後，由於消費意識的抬頭與顧客滿意度要求的提升，由製造端到消費端單方面的正向運籌服務，已不敷需要。不良品的退貨、產業界所提供的滿意保證、維修、和其他的回收因素，使得由顧客端將產品退回到製造端的逆向運籌變得越來越重要。美國逆向物流協會(Reverse Logistics Executive Council, RLEC)將逆向物流定義為：逆向物流是一種物品移動的過程中，從最終目的地移動至其他地點，主要是為了獲得在其他方面無法得到的價值，或是為了對產品做適當的處置。【資料來源：洪維謙(2006)】

依據美國物流管理協會的研究報告中對於逆物流之定義：「以廣義的觀點說明產源減量(Source Reduction)、再生(Recycling)、替代(Substitution)、物料再利用(Reuse)及清理(Disposal)等方法進行之物流相關活動，在物流程序中扮演物品再生、廢棄物清理(Waste Disposal)及有害物質(Hazardous Materials)管理的角色。以下是幾位學者對於逆向運籌之定義：

Stock(1992)：逆向運籌是一種扮演產品退回、資源減量、再生(Recycling)、物料替代、循環再利用、廢棄物清理、翻新(Refurbishing)、維修(Repair)、再製造(Remanufacturing)的活動；且認為逆向運籌管理是一種系統性的商業模型，也就是說企業採用最佳的運籌管理方式，已完成整個供應鏈的循環並且使企業能從中獲利。【資料來源：林坤德(2004)】

Carter and Ellram (1998) 認為逆向運籌狹義的定義為透過配銷的網路系統將所銷售的產品進行回收的過程。但是以逆向運籌廣義的定義而言，逆向運籌還包括了使正向供應鏈的使用物料數量減少，以使得回收的物料數量也跟著減少以及使得產品可以再使用和再生處理可以更方便。Dowlatshahi(2000)定義逆向

---

運籌為重新設計供應鏈，使產品或零件再製造、循環利用以及丟棄處理活動下能被有效率管理，並且有效地利用資源。Fleischmann (2000) 重新定義逆向運籌，他認為所謂的逆向運籌：即是從顧客端回流的商品，再次做適當處理與製作，然後重新在市面上銷售的程序。

簡而言之，逆向運籌是當商品到達其使用年限、維修，損壞退回或商業退回（時裝、化妝品等）等因素時，從終端使用者手上移至其他地點進行處理活動，使商品可重新獲得其價值和提供適當產品廢棄處置。

根據一項保守的估計，逆向運籌計算起來大概佔運籌總成本的4% (Rogers, 2001)。在零售業和製造業裡，逆向運籌的成本被估計佔總運籌成本的5%-6% (Raimer, 1997)。對照Daugherty的觀察研究指出，平均來說逆向運籌的成本佔企業運籌總成本的9.49% (Daugherty et al, 2001)。因此逆向運籌必將成為許多企業裡的關鍵性問題。【資料來源：鄭偉平(2005)】

因此隨著社會發展，逆向運籌的經濟價值也逐步得到顯現，國外許多知名企業把逆向運籌強化成其競爭優勢，作為增加顧客價值、提高供應鏈整體績效的重要手段，其中Chone(1988)逆向運籌主要旨在於達成企業在經濟上以及環保上的目標。同時在研究中並提到企業使用再製造方式的話，一年可以節省40~60%的成本。另外Marien(1998)研究中發現產業已經了解到實施逆向運籌有助於企業活得良好的競爭優勢。

#### 2.4.2 逆向運籌的存貨管理

同步化的生產和再製是目前實務上的生產趨勢，然而當一般產品和再製品的前置時間不同時，會造成決策者不知道要如何決定最佳物料訂購量和再製品生產量，才可使總存貨成本達到最小化，而使存貨的控制出現困難。傳統零件存貨策略考量方式主要依據需求透過經濟訂購量模型(EOQ)可求出經濟訂購量；然而當企業活動中包含了再製造策略，存貨考量因素並非如傳統單階層，而是分成兩段

式存貨，供給一般需求存貨又稱為可服務存貨(Serviceable Inventory)與回收  
品存貨又稱為可復原存貨(Recoverable Inventory)。

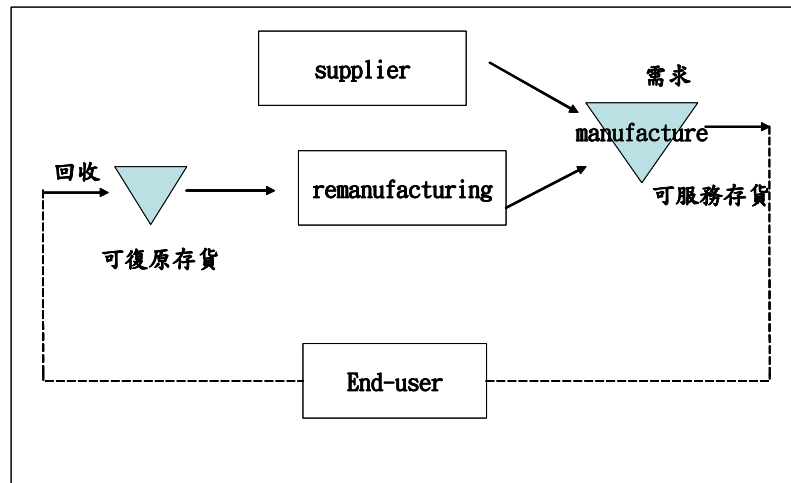


圖 2-6 再製造活動存貨系統

在零件可再製造情況下，企業引進再製造活動策略下，可服務存貨供給來源有可分作兩方面，一是項零件供應商訂購新零件以滿足需求，另一則是透過零件再製活動，將其物料恢復其價值(假設再製零件與新零件並無差異)，這時產生了新問題，需要向供應商訂購新零件多少?在可復原存貨方面，由於回收活動存在著回收數量不確定、回收時間不確定和回收品質不確定性，除了數量與時間因素會造成生產控制上問題，回收品質更是嚴重影響到再製造活動成本；因此衍生出如何再製造批量問題?所以有許多學者開始研究相關逆向運籌下帶來的相關存貨管理研究。

### 2.4.3 決定性存貨管理

第一個研究此問題的是 Schradly(1967)，在研究中他將需求與回收被假設為一常數，並且製造與再製造中心皆是無限的生產率。他分析傳統經濟訂購量問題利用淨需求(需求-回收)解決再製造活動下產生的問題，主要目標最小化每單位時間總成本。他透過不同的可服務存貨與可復原存貨持有成本以及替代訂購方式，發展出在一個在生產批量中包含許多個復原批量模型(1, R)短期策略，求得

---

最佳經濟訂購量與復原批量。

Richter (1996) 探討 EOQ 模型在可以被滿足的再生產品及維修之靜態需求模型。假設回收產品、維修率及其他可能丟棄的機率，討論設置的變化、收集期間的長度和最小浪費丟棄率。求解最佳的控制參數值和探討相互依賴的回收率。

Teunter(2001)將 Schradly(1967)中提出的(1, R)再製造策略的模型一般化，並延伸了 Schradly(1967)架構模型得出(P, 1)固定生產 P 次的生產活動裡包含一次的復原活動的策略短期生產模型在模型中多了回收品丟棄的選擇策略，在模型中也是透過使用不同的生產與復原的持有成本率。

Nahmias and Rivera(1979) 利用有限的復原率去研究 Schradly(1967)的模型變動，其中假設生產率與復原率一樣是無限，且復原率會大於需求率，並且推導出(1, R)批量的最佳公式。其研究與 Koh et al.(2002)一樣假設生產率是無限但在復原率卻是有限的情況，不過不同的是 Koh et al. 的研究中允許復原率可以小於或大於需求率，且考慮(1, R) (P, 1)策略。

Koh et al.(2002)在需求為固定時，市場需求可由可復原產品以及採購新產品共同滿足。在此模型中假設一定的比率從顧客手中回收並且等待復原在使用。在他們研究模型假設一次復原活動週期中夾雜多個訂購活動又或者一個新產品訂購活動週期中夾雜了許多個復原活動。在當中批量與實值變數可以輕易的被分析模型計算出，但整數變數與訂購次數與復原設置次數無法由此分析模型求解。在這個研究模型中屬於一決定性模型，主要目標在固定設置與訂購成本與變動存貨成本間取捨求得最佳化。在此模型中可同時求的採購的經濟訂購量與最佳的復原產品的存貨水準以便啟動復原程序。其中模型情形類似 Mabini et al.(1992)、Richter(1996)和 Schradly(1967)三位學者，但此三位在模型中皆假設復原能力是無限的，換句話說他們可直接將 Recoverable Items 直接轉換成 Serviceable Items。但在實際情況下產品復原能力(Recoverable Capacity)應

是被限制的，在轉換過程應該是逐漸是轉換而非一次性。在此模型中將此問題考慮進去。

Teunter(2004)模型中提到，需求率與回收片段(Deterministic)是決定性的，裡面相關的適當成本為訂購復原批量成本(Ordering Recovery Lots)，訂購生產成本(Ordering Production Lots)，倉庫可復原持有成本 Holding Recoverable Items in Stock，倉庫持有新或復原產品成本(Holding New/Recovered Items in Stock)。在這模型中希望求出最佳的新產品或復原產品的生產/採購批量。在研究中討論的對象放在原設備廠商(Original Equipment Manufactures)的 Product Recovery。回收活動不考慮 Disposal 項目。解決決定性的生產/採購與復原的(Production/Procurement and Recovery )最佳化批量問題。

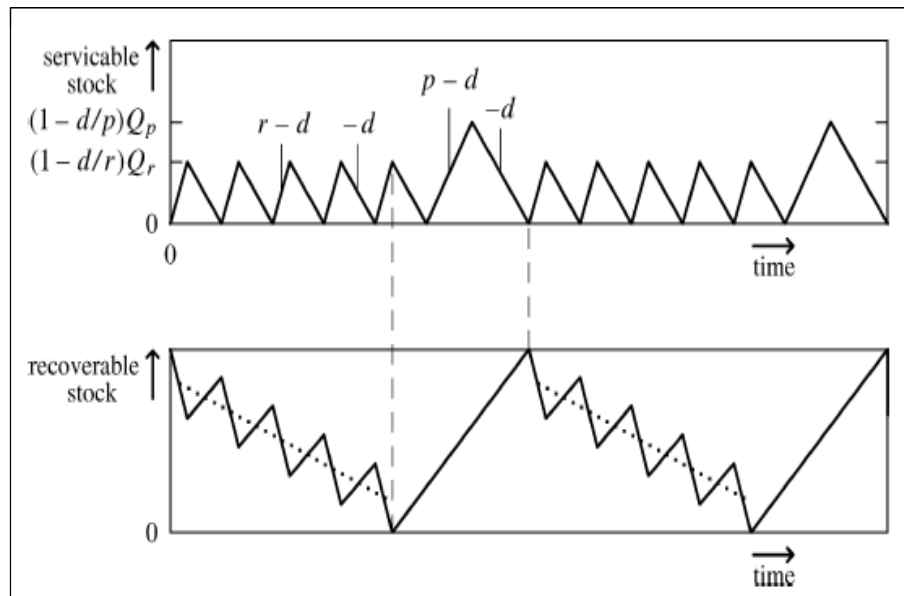


圖 2-7 Serviceable and Recoverable Stock Corresponding to the (1, R)

【資料來源：Teunter(2004)】

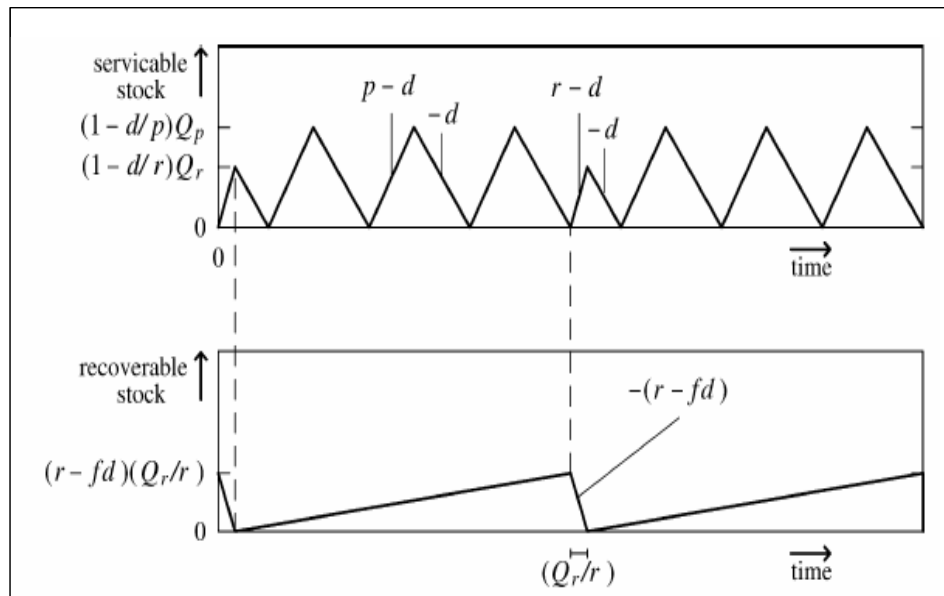


圖 2-8 Serviceable and Recoverable Stock Corresponding to the (P,1)

【資料來源：Teunter(2004)】

Teuntera and Vlachosb(2002)研究一個單一產品的混合式生產系統 (Manufacturing and Remanufacturing) 研究中假設再製造活動是有利益的且在平均情況下需求大於回收，利用模擬的方法，探討不同的需求、回收、製造活動與再製造活動，在回收活動中包含有無拋棄選擇(Disposal Option)，對於成本影響變化的大小。從研究中發現當需求率十分緩慢(每年的需求少於 10 個)，或再製造活動成本比製造活動加上丟棄選擇活動昂貴(或至少是這些成本的 90%)，又或者復原率是非常高(至少大於百分之 90)處於此情況下，回收品拋棄選擇的策略是不需要的，再製造活動可以導致大量成本下降到達百分之三；當然更多的成本降低是可以被期望的，如果回收率遠遠大於需求率。另外研究中也發現，並非每種情況都要考慮 Disposal 策略必須視情況而定；更有些特殊情況，當需求可以直接被回收品滿足時，這種混合式生產系統(Hybrid Production System)在未來中將被淘汰。如果再製造活動是沒有利益可言的強況下，使用拋棄選擇策略來達大規模的成本下降，可以被考慮的。



---

林坤德(2006),問題主要探討當製造商的原料零組件可由兩階存貨政策的供給情況下(一是由供應商訂購,另一是由再製造中心利用回收品製造生產),在研究中採用連續盤存制,當再製造中心的回收量到達一定水準存量時,即將立即將再製造品立即轉變成零組件。在此研究模型假設並不考慮到丟棄處理選項,強調全部物品皆可回收,也為一決定性模型。市場的需求率與回收率都為固定,回收品從再製造中心進行復原活動到製造中心,以及訂購新零件到製造商的前置時間皆為0,模型中藉由計算全年的總成本(全年再製造中心設置成本、全年零件訂購成本,以及回收品總持有成本與製造商總持有成本)。求出最佳再製造批量與訂購批量。

#### 2.4.4 隨機存貨管理

Heyman(1977)研究中假設透過永續檢查模型,研究中認為需求量與回收量並非常態,應該回隨著時間有不同的情況,所以假設兩者相互獨立分配的假設,沒有固定成本,且前置時間為零情況下,透過隨機模型將回收量與需求量假設互相獨立分配下,希望藉著考慮在擁有丟棄機制情況下求得持有成本與生產成本中,獲得平衡已達成存貨成本最小化。【資料來源:溫士城(2006)】

Muckstadt 和 Isaac(1981)研究中假設前置時間非零、需求與回收為 Poisson 分配,並考慮存貨持有成本、修改訂單成本及固定採購成本,證明在上述的前提假設下 $(s, Q)$ 是最佳的存貨管理模型。【資料來源:溫士城(2006)】

Fleischmann et al. (1997)在逆向運籌機制下,製造、再製、丟棄、購買新品數量上的控制,應用不同的存貨管理模型並分析比較不同的存貨管理模型下總成本的變化。

Van Der Laan and Salomo(1997) 研究控制系統何時清理廢棄物是最經濟,以及為何要執行的原因,並比較 Push-disposal 與 Pull-disposal 模型差異。使用模擬方法考慮 Push 和 Pull 的不同運送法則下,並考慮是否丟棄廢棄物,

---

及其最佳決策配置。研究結果為當再製造的存貨價值低於可服務的存貨價值可採用 Pull-disposal，其他都應該採用 Push-disposal 較適合。

Inderfurth and Van Der Laan (2001) 在傳統隨機存貨模型中，加入逆向運籌存貨的考量下，回收數量的不確定性和回收品修復數量的不穩定性會讓存貨模型變的複雜與困難，當回收品數量不足需求時可購買新品來替代，也因如此購買的前置時間就顯得相當重要，所以在不同的隨機模型中找出最佳的前置時間。

Fleischmann and Kuik(2003)的研究裡，發現之前大多數的隨機存貨管理模型，對於回收品處理方式以負需求考慮，但在此研究中只利用正需求模型探討以簡化數學模型複雜，採用單一階層存貨模型，考慮需求量與回收量彼此獨立且在不考慮丟棄處理機制情況下，發現採用(s, S)的存貨策略能達到最小總成本。

溫士城(2006)研究模型中研究對象強調逆向運籌中的回收品的再製活動為研究對象，在有兩組零組件供貨來的情況下(一是回收品經過再製造的零組件，另一是向外部供應商訂購全新的零組件)，探討單一產品、連續週期、且需求率與回收率為隨機模型下透過模糊控制與基因演算法計算，再製造批量與訂購批量，已達總成本最小化。

### 回收率法律規範

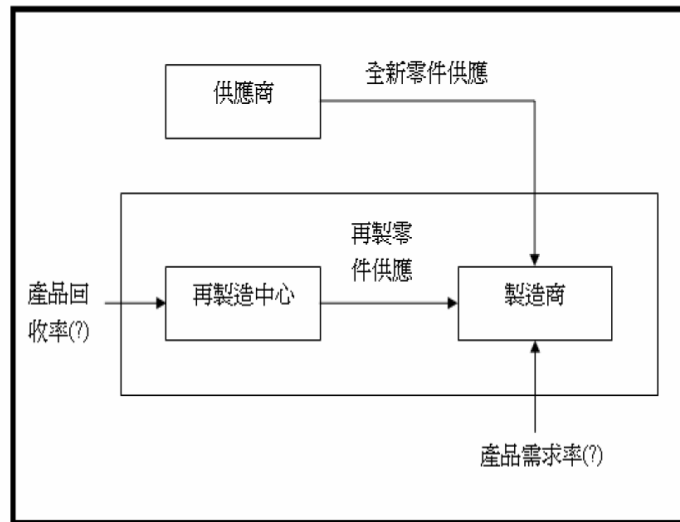


圖 2-9 溫士城(2006)的存貨管理研究

Van Der Laan and Teunter(2006)考慮製造與再製造活動的的存貨政策。透過費用極小化的成本目標下，對於全部的政策，提出一個簡單的緊密正式的公式去估計最佳策略參數(最佳訂購量與最佳訂購水準)，並利用啟發式方法去了解求解過程。模型中將生產與再製造活動的前置時間皆為相等的非零常數，除此之外也考慮了設置成本，持有成本、以及復原活動設置成本等；為了控制此複雜的系統，考慮了多方面的存貨政策。在生產活動策略上都採相似的(s, Q)方式，復原活動訂購上則採用 Push or Pull 策略。所有的目的就是在成本最小的情況下計算出一個公式去針對策略參數的估計。在裡面分別發展了三種形式的存貨政策，Push、Simple Pull 和 General Pull，發現 General Pull 效率最好。

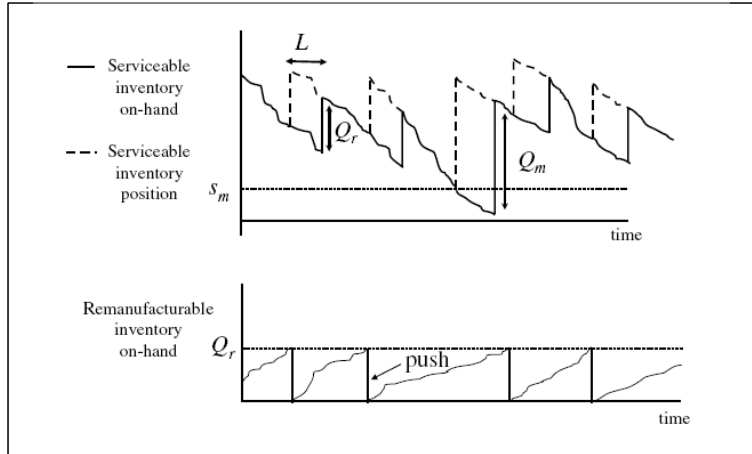


圖 2-10 Push Control

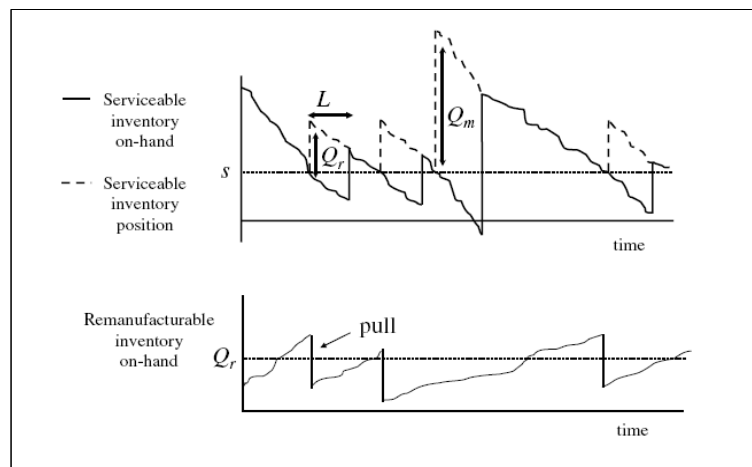


圖 2-11 Simple Pull Control

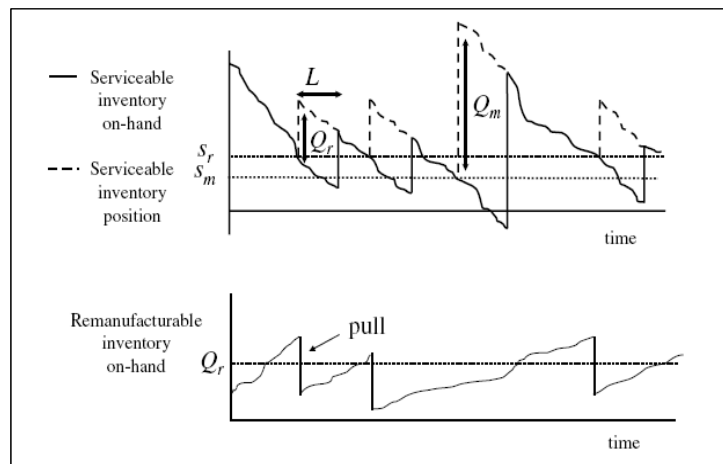


圖 2-12 General Pull Control

【資料來源：Van Der Laan and Teunter(2006)】

---

## 2.5 模糊理論

### 2.5.1 模糊理論之介紹

自然界存在的許多現象無法透過明確的定義的概念，如天氣很「熱」、好「遠」、這人好「高」或你太「胖」了等…這些抽象字眼。當人們要做決策時，若手中掌獲的資訊是這些抽象化的字眼，要如何去量化它是個重要的議題。因此模糊理論在 1967 年由美國電子控制專家的 L. A. Zadeh 提出，它一種將模糊概念量化的表達工具，可用來表達無法明確定義的模糊性概念。Fuzzy 理論在人類思維與電腦運算之間搭起了一道橋樑，是以往數學理論所辦不到的。由於真實世界並非二值邏輯理論（非 1, 即 0），當事件本身具有含糊概念時便無法解釋。Zadeh 透過模糊集合理論，將一事件利用「歸屬函數」描述之關聯程度；模糊集合可視為傳統集合的擴展，它取無限點的「歸屬函數」值來描述一個集合。

#### 傳統集合(crisp set)

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

#### 模糊集合

$$\rho_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x < d \end{cases}$$

模糊理論實際上是模糊集合、模糊關係(Fuzzy Relation)、模糊邏輯(Fuzzy Logic)、模糊控制(Fuzzy Control)、模糊量測(Fuzzy Measure)... 等理論之泛稱。1974 年英國倫敦大學 Mamdani 教授首度成功的將模糊控制理論應用於蒸氣引擎的鍋爐燃燒的操作上，其後，模糊控制應用逐漸受世界各國重視，尤其在近幾年中，Fuzzy 理論已經成功地應用在各種領域之中，如影像辨識、自動控制等領域，王文俊(1997) 模糊理論發展至今已接近三十年，應用的範圍非常廣泛，

---

從工程科技到社會人文科學，都可以發現模糊理論研究的蹤跡與成果；在工程方面，有型樣辨識、統明確集合普通的集合理論基於二值邏輯，亦即集合的界線必須是非常明確的。

## 2.5.2 模糊控制系統

模糊控制系統與傳統控系統不同的差異在於控制器的設計。模糊系控制器設計理念模糊控制乃建立在人類經驗基礎上，透過語言所組成的條件式，進而設計出一控制器來實踐人的經驗，即可模仿人類的思維方式及操作策略，驅使控制器代替人類對複雜受控系統進行控制；而傳統控制器主要是經由一定的數學模型去控制。因此面對複雜且人性化的控制器，利用傳統方法難以設計出良好系統，必須透過經驗與規則控制為基礎，依據人類下決策的近似推理模型，將這些條件式控制規則轉化成自動控制策略，獲得控制效果。1974 年，E. H. Mamdani 利用模糊邏輯的方式，成功地完成蒸汽引擎的控制後，證實利用語言寫出來的條件式，只要有適當的演算法，控制效能也能非常完美，並從此開啟了一個新的控制時代。模糊控制的基本特點是不依賴受控系統的數學模型，而是利用專家的經驗、知識與受控系統輸出訊號所推論決定的，在不確定、非線性過程或對象控制中，比傳統控制系統的可適用性控制具有更好的強健性。

一般模糊系統包括四個部分：1. 模糊化 (Fuzzifier)、2. 模糊規則庫 (Fuzzy Rule Base)、3. 推理引擎 (Inference Engine)、4. 解模糊化 (Defuzzifier)。結構如下

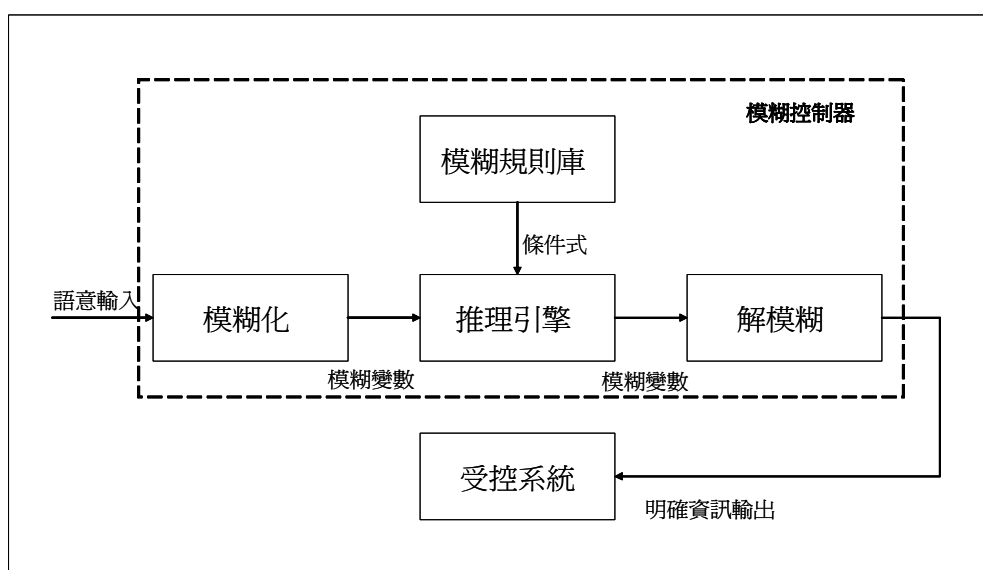


圖 2-13 模糊控制器架構圖

### 2.5.3 模糊化 (Fuzzifier)

糊控制系統所接受控體傳回來的狀態變數(State Variables)，進行量化(Quantization)工作，以便將輸入變數的值轉換到相對應的論域。因為控制規則是以口語形式寫成，為了讓系統了解外部輸入的變數，以利語言化條件式控制規則的判讀；因此將資料透過歸屬函數的轉換，將輸入值映射至模糊集合空間為整個模糊控制系統第一步驟。典型的連續性隸屬函數有三角形(Triangular Shape)函數、梯形(Trapezoid Shape)函數、 $\pi$  曲線形函數、S 函數、Z 函數、指數函數等。

#### 1. $\pi$ 曲線形函數:

形狀有如倒吊的鐘，故又有「吊鐘形(Bell Shape)函數」之稱。函數表示方式為:

$$\pi(x, b, c) = \begin{cases} S(x; c-b, c-\frac{2}{b}, c), & x \leq c \\ Z(x; c, c+\frac{2}{b}, c+b), & x \geq c \end{cases}$$

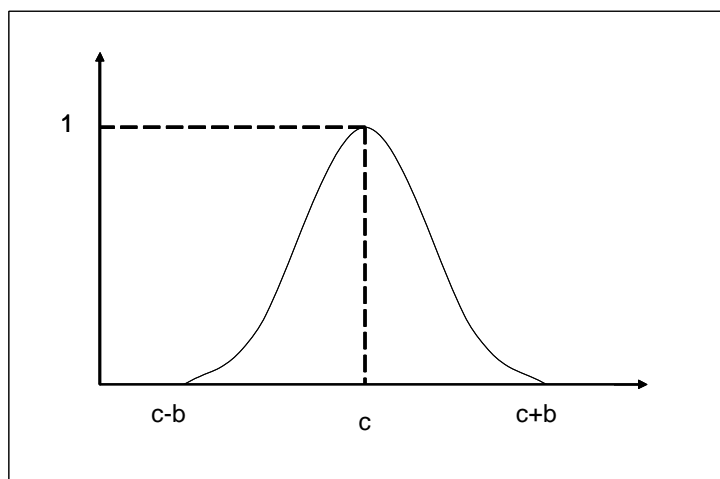


圖 2-14  $\pi$  曲線形函數

其中參數  $b$  稱為  $\pi$  曲線形函數的帶寬。 $\pi$  曲線形函數常用以表達「 $x$  大約是  $c$ 」這樣的模糊概念。



## 2. 梯形函數

形狀有如梯形，函數表示方式為

$$\phi_A(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x \leq d \\ 0 & d \leq x \end{cases}$$

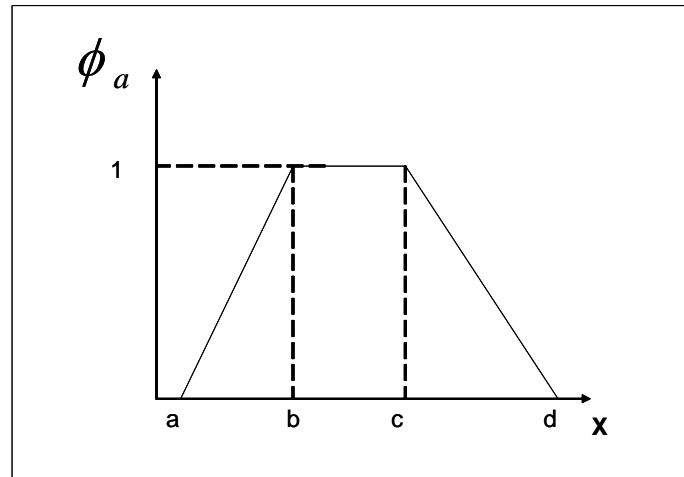


圖 2-15 梯形函數

## 3. 三角形函數

形狀有如三角形，函數表示方式為

$$\omega_A(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & c \leq x \end{cases}$$

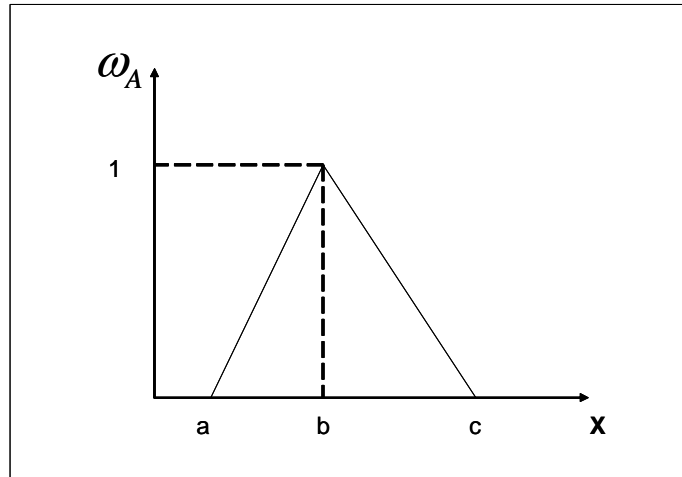


圖 2-16 三角形函數

#### 4. 高斯分佈函數

又稱常態分配函數形狀有點類似  $\pi$  曲線形函數，只是涵蓋的範圍延伸至正負無限大。一般以兩個參數即可完全描述出指數函數的特性：

$$N(x, \mu, \sigma) = e^{-\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}}$$

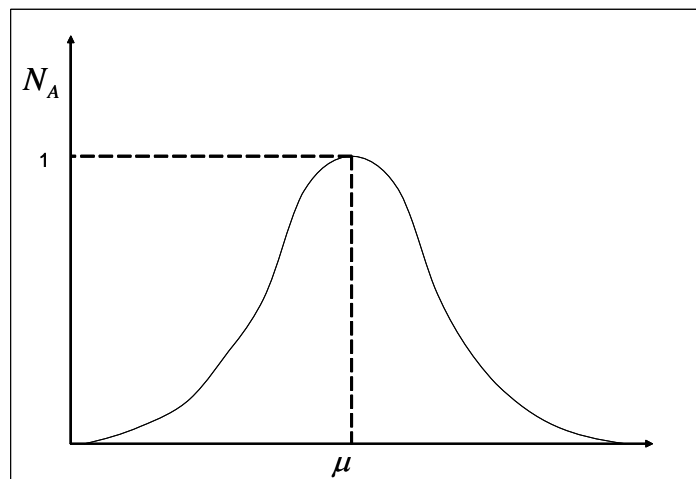


圖 2-17 高斯分佈函數

$\mu$  表示指數函數的中心點，而  $\sigma$  則描述函數延展的程度。此函數常被用於適應性的模糊控制系統中。

歸屬函數的取得，是決定系統成敗的關鍵，其對系統的成效有很大的影響，但目前並無一個較系統化的作法可輕易的取得這歸屬函數。歸屬函數的取得大致

---

有下列方法溫士城(2006)

1. 利用模糊統計試驗加以確定
2. 利用機率統計的結果予以推理確定
3. 模糊德爾菲法
4. 自我學習獲得(ANN, GA)
5. 基本上是以個人的主觀而隨意決定的

由於企業包含再製造活動的相關研究方面資料甚少，且專家不易取得，所以透過人工智慧，自我學習可得較佳情況。

#### 2.5.4 模糊規則庫 (Fuzzy Rule Base)

主要包含規則庫與資料庫兩種：

1. **模糊規則庫**：是整個控制器核心部份，主要提供決策判斷的準則。規則的建立主要來自於人類的經驗與智慧將它語意化，並以 if - then 的條列形式儲存，設計的好壞影響到整個控制效果。一般形式如下表示：

$if < Situation \quad i > than \quad Action \quad j \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad j = 1, 2, 3, \dots, m$

其中 i 代表發生可能情況，j 代表相對應的動作。

規則庫產生的方式

一般有下面幾種方法：

- (a) 直接轉換操作員的操作技巧與經驗為模糊語言控制規則。
- (b) 根據受控體對控制輸入與系統輸出的反應去歸納受控行為，以試誤法進行設計。
- (c) 經由控制系統本身進行學習或修正控制規則(ANN, GA)。

---

由於企業包含再製造活動的相關研究方面資料甚少，且專家不易取得，所以透過人工智慧，自我學習可得較佳情況。

**2. 資料庫：**儲存必要的變數資料，好使模糊控制器能判定輸入變數在模糊集合的定義。換句話說，在資料庫中存放的資料，便是有關如何將明確集合的資料轉換成模糊集合的數值，亦即轉換成隸屬函數。

### 2.5.5 推理引擎(Inference Engine)

推理引擎是怎個控制的決策中心，模擬人類思考判斷的方式，將模糊化後的變數搭配規則庫的條件式，透過推論過程求得輸出值。最為下階段解模糊化的輸入值。以下根據林思宏(2000)研究中提出主要常見的推理引擎。

以推論的合成規則為基礎的方法(直接法)；

以真理值空間為媒介的方法(間接法)；

高木管野的模糊推論法(特別法)。

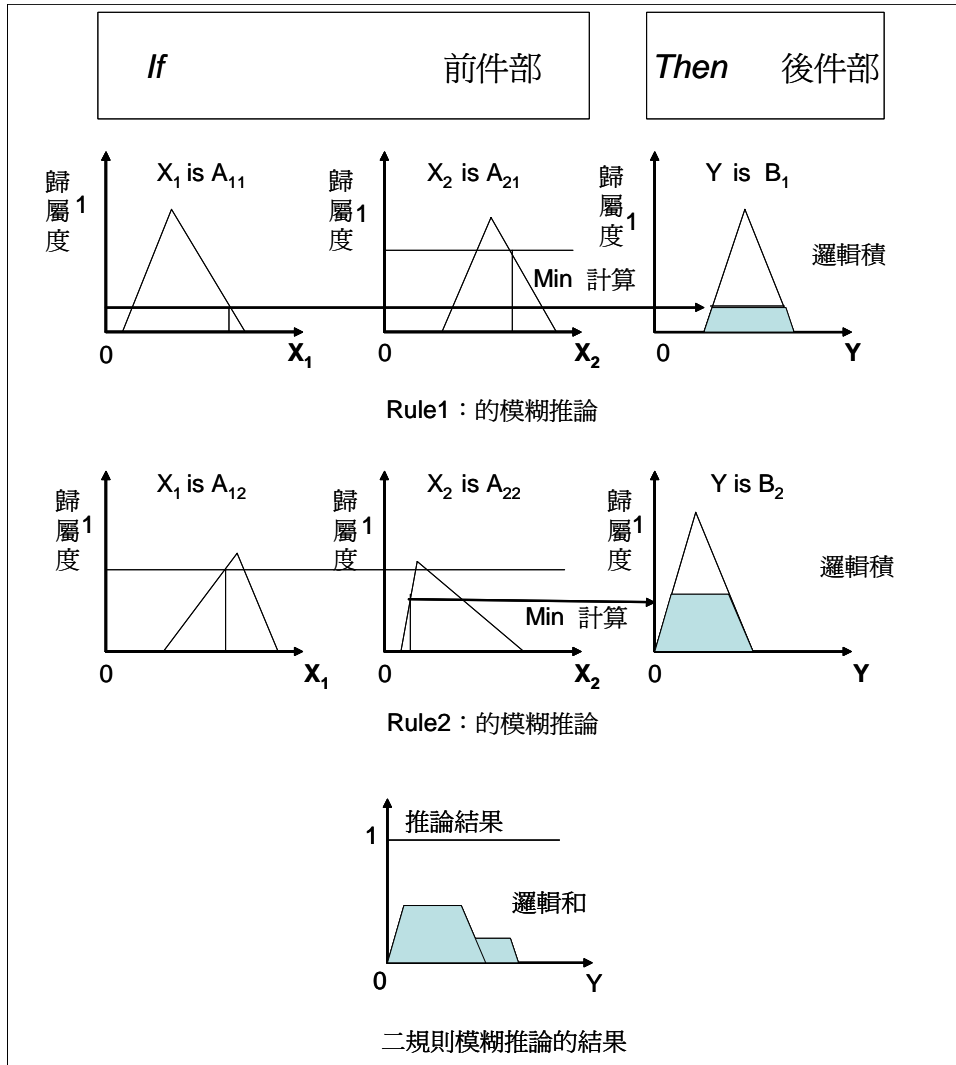


圖 2-18 模糊推論示意圖

【資料來源：陳嘉文(1998)】

規則一：IF  $x_1$  is  $A_{11}$  and  $x_2$  is  $A_{21}$  THEN  $y$  is  $B_1$

規則二：IF  $x_1$  is  $A_{12}$  and  $x_2$  is  $A_{22}$  THEN  $y$  is  $B_2$

規則中， $A_{11}$ ， $A_{12}$ ， $A_{21}$ ， $A_{22}$ ， $B_1$ ， $B_2$  皆為模糊集合。假設有兩個輸入值  $x_1$ ， $x_2$ ，在規則庫中對應到的規則 1，2 時(實際情況可能更多或只有一條規則)，可定義各規則的適合度如下：

規則一適合度  $W_1 = UA_{11}(x_1) \wedge UA_{21}(x_2)$

---

規則二適合度  $W2 = UA12(x1) \wedge UA22(x2)$

其中  $UA11(x1)$ ,  $UA12(x1)$  各為  $A11$ ,  $A12$  在  $x1$  時的隸屬度。 $UA21(x2)$ ,  $UA22(x2)$  亦為  $A21$ ,  $A22$  在  $x2$  上的隸屬度。

接著，將前件部的適合度反映到後件部的 Fuzzy 集合，即可求得各規則的推論結果。

$$U' B1(y) = W1 \wedge UB1(y)$$

$$U' B2(y) = W2 \wedge UB2(y)$$

### 2.5.6 解模糊化 (Defuzzification)

其功能為把推理引擎推算出模糊數轉換成適當的明確結果，再將得出的數字，映射到適當的值域。解模糊化的分方式有許多種，根據留英龍(2000)整理得出常使用方式。

1. 重心法(Center of Area Method)
2. 總和重心法(Center of Sums Method)
3. 高度法(Height Method)
4. 最大最小法(Max-Min Method)
5. 最大值平均法(Mean of Maximum Method)
6. 第一最大值法(First of Maxima Method)
7. 最大面積重心法(Center of Largest Area Method)

### 2.5.7 小結

---

本研究所探討的是再製造策略活動下之 CPFR 訂單預測模型，長年來主要的 CPFR 討論中並無將再製造活動考慮進去，關於企業對貨品回收再製的相關資料不多且搜尋不易，當然相關的專家亦不多，更遑論拮取其對於回收再製的專業知識，在如此的環境條件下，推論規則和歸屬函數的獲取將採用自我學習獲得的方式。而推論引擎與解模糊化方法，一般而言可由三個點來看。

- (1) 合理性：符合人類的直覺上，再推論和解模糊化容易瞭解接受；
- (2) 計算簡單：簡化程式設計的困難、運算時間；
- (3) 連續性：模糊推論結果之形狀有少許的變化時，輸出明確值的位置變化不會太大，因此研究中推論引擎選擇推論的合成規則為基礎的方法(直接法)而解模糊化方法採用重心法(Center of Area Method)。

### 第三章、研究步驟與研究模型建置

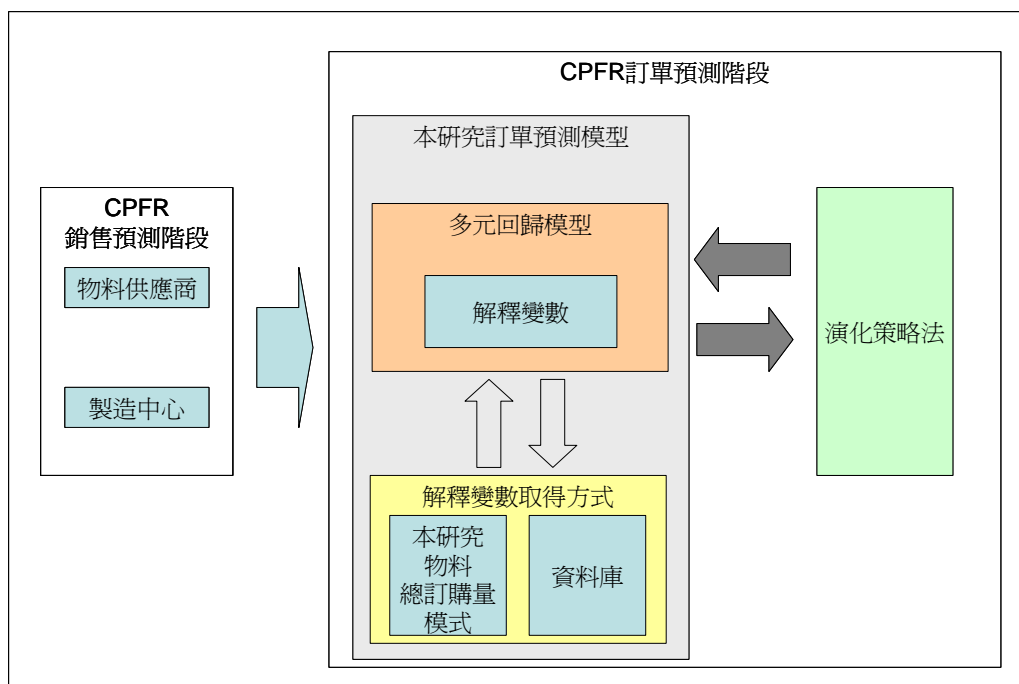


圖 3-1 研究模型建置圖

#### 3.1 研究流程與步驟

本研究屬於利用多種模型與計算方法組合成的混合式多元回歸訂單預測模型，如圖 3-1 所示，將訂單預測內容與操作分為以下操作步驟來實行：

1. 定義多元回歸解釋變數：為選擇多元回歸模型解釋變數，以主要考慮再製造中心與生產活動中心以及外部零件供應商夥伴三者之間影響變數為主。目的在強調製造商與物料供應商在 CPFR 機制下，將彼此之間的存貨水準、供貨能力、訂單能力以及運輸物流能力等分享，將有效的事件發生因子納入模型解釋變數探討，以便修正來自於外界不安因素。研究中變數選擇方式透過文獻探討方式，找出協同合作下的訂單影響因素並考慮外在事件影響因素如訂單週期、存貨策略等事件，結合供應鏈績效影響因子發展初步多元回歸預測模型。
2. 解釋變數計算與獲得：研究中多元回歸預測模型中之變數中幾乎都可由雙方



---

資訊或是內部資料庫中可直接獲得，除了模型中的新物料總訂購量此解釋變數，此變數須經由文獻探討中的相關因子與其他外來的限制與因素透過本研究中利用模糊控制與人工智慧演算法，同時考慮製造工廠、回收再製廠與物料供應商之能力因素與並搭配產能與時間上的限制，反映生產狀況，求出在未來預測週期中的新物料訂購量。

3. 演化策略法反映短期訂單動特性：此上述方法進行過後求出的回歸模型解釋變數之值在最後階段利用演化策略法來嘗試錯誤自我調整以求得回歸參數最佳解以反應不同時間事件訊息與資料對於訂單預測量解釋程度不同的需要，改善模型與預測績效並建構出一套方法論，使本研究之模型能提供進一步的管理意涵，最後提出結論與建議。

因此本研究所提出的模型是個多元回歸方式為基礎的一個預測模型，研究中此須計算出回歸模型中各解釋變數的係數一次，未來預測上不再需要利用統計軟體針對各係數重新計算，此需針對各係數做演化策略訓練以反映對其需求的變動性。所以在訂單預測模型中，未來只需要依照情形輸入回歸模型中所需要的變數值，以及透過演化策略的動態調整係數即可完成訂單預測量。

茲將本研究之研究步驟內容，如圖 3-2 所示，詳細描述如下：

1. 本研究首先釐清問題，觀察環境因素和了解相關研究背景，點出問題核心，透過背景動機介紹，描繪出研究方向與目的。
2. 透過界定研究範圍，確定研究核心價值，對相關研究領域作全方位文獻探討；藉由資料的蒐集與分析，深入了解目前逆向運籌發展與限制與協同商務運行；另外，預測方法論在此協同領域的研究也相當多，結合國內外學者提出方法論，提出模型之差異及優缺點，對於不足之處加以改進，提出適當解決方案。
3. 將上階段文獻探討中，延伸並改進相關學者研究；藉由研究動機、範圍與目

的，定義模型所需之變數、限制條件、目標函數，並從新建立起模型流程架構，透過最佳演算法求得適合參數解，進而提出是當預測模型研究架構。

4. 在績效與驗證階段，由於企業對於回收活動的歷史資料難以收集，且需求與回收屬於不確定情況，所以在驗證階段以資料假設為基礎，比較傳統預測架構，作為驗證對照。針對輸入資料和輸出結果進行分析及研究，加以製圖並解釋其結果，並將分析過程發展出一套方法論。
5. 歸納整理所獲得的結論，撰寫計畫研究成果報告，並對後進研究者提供具體的建議及未來研究方向。

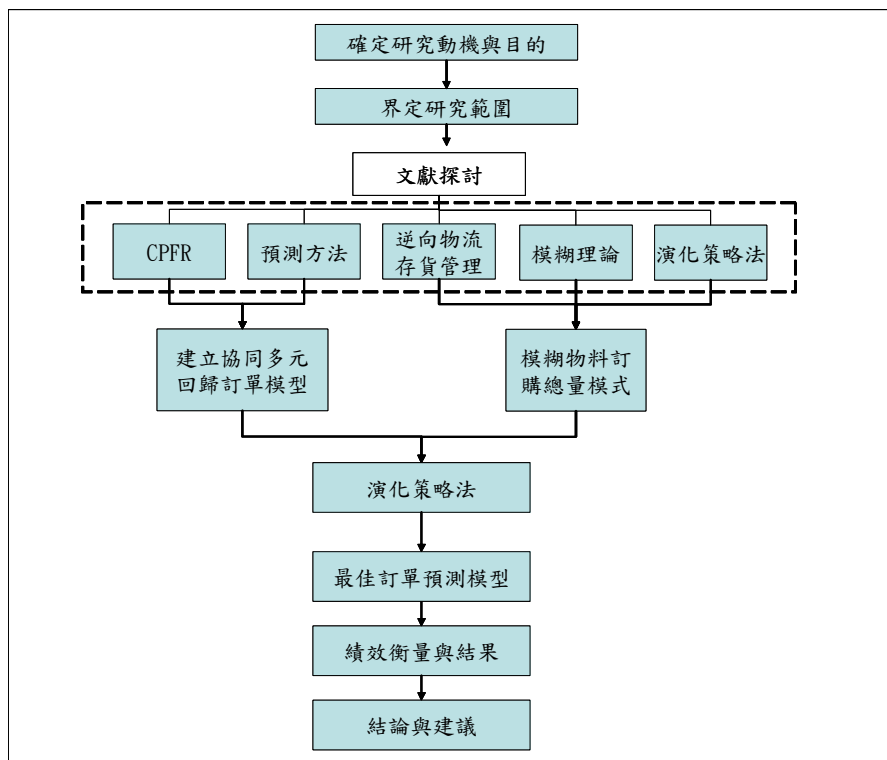


圖 3-2 本研究步驟之流程

---

### 3.2 混合預測整體模型架構

企業在執行協同規劃、預測與補貨時，最大問題在於預測方法的準確性；預測結果愈精準雙方能節省成本的愈高；因此對於企業的存貨水準控制，以及供貨需求水準有重大的影響。但現今環保法令規章，使得製造商必須配合法令的限制參與社會上之企業責任，提供綠色產品或者負責回收責任等，使得生產成本上又多了環保法令成本，使得製造商在面對原物料採購問題時，必須考量如何決定訂購量的多少才能滿足需求、配合法律的限制與控制恰當的存貨水準來降低政府對於回收責任的罰則。許多企業進行短期預測時，通常採用簡單的天真預測法，或者是時間序列-指數平滑，透過歷史資訊得到下週期訂單預測量；然而在需求快速變動、產品生命週期縮短、回收量的時間、數量與品質的高度不確定性情況下，對於傳統預測模型，已經不能滿足於現今需求。故本研究希望結合生產活動狀況，利用歷史資料與存貨管理相關知識重新建立訂單預測模型，並利用最佳演算法建構出最佳預測模型參數解，提出一個考慮再製造策略活動下的協同訂單預測方法。

研究中提出之訂單預測模型是延伸陳寬茂(2005)與溫士城(2006)。包含三個階段：(1) 經濟計量模型—多元回歸模型；(2) 傳統經濟訂購量之變形；(3) 演化策略法-回歸模型參數之訓練。有系統、順序的融合上述學者之研究，將訂單量的各種影響因子結合於預測模型中。此混合預測模型之運作流程如圖 3-3 所示。

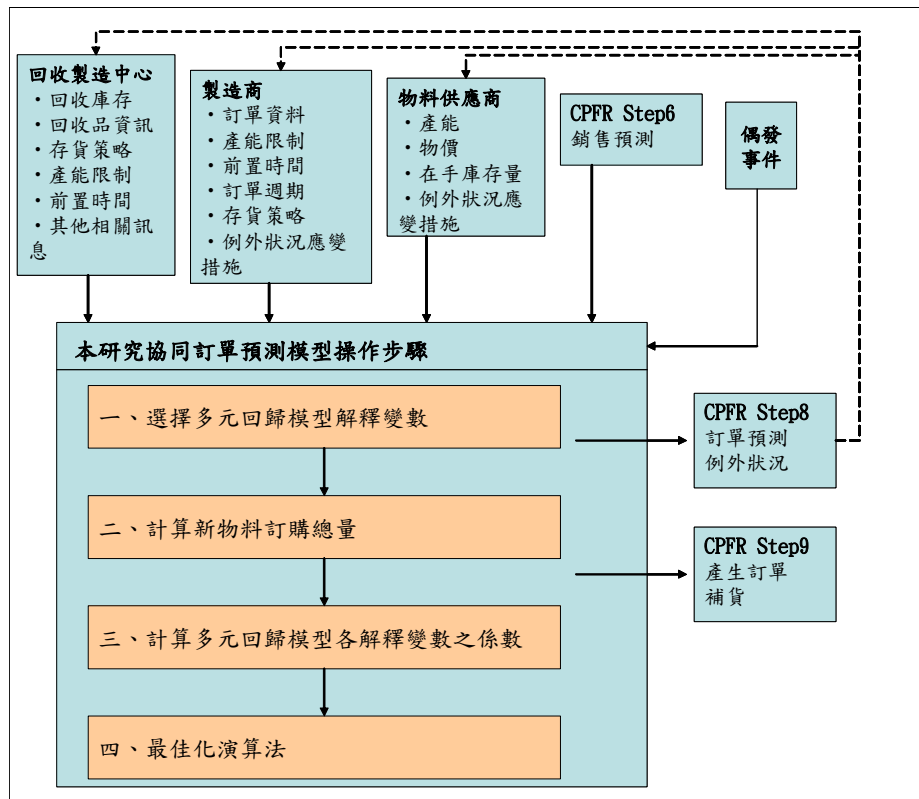


圖 3-3 本研究之模型流程圖

本章下面章節，將針對圖 3-3 混合預測模型流程圖中各個操作步驟，作進一步的說明。

### 3.2.1 步驟一 多元回歸模型變數建立：

發展一多元回歸模型預測方法，首先主要工作為確立模型中各變數的產生。本研究主要的是提供一考慮物料來源方式有可以向原物料供應廠商直接供給，又或者是，由本身回收再製造中心獲得再生物料的情況，因此研究模型中的解釋變數，以考慮製造商與物料供應商夥伴協同以及再製造中心與製造中心生產活動為主。強調如何製造商與物料供應商在 CPFR 下彼此之間的存貨水準、供貨能力、訂單能力以及運輸物流能力等有效納入事件發生因子探討，修正來自於外界不安因素以符合實際企業經營活動。藉著討論定義各項訂單解釋變數，可使各企業部門主管了解各項事件如何影響訂單需求情況，並做出適當修正。

在預測模型中考量的變數越多則涵蓋的資訊也越多，其預測結果也會越準

---

確；但就實際操作而言，變數資訊愈多，在蒐集與處理上的耗費成本越高，且實際績效貢獻度也會隨變數增加遞減。因此在研究所確立出的變數選擇依據必須擁有高度貢獻性，可靠性與眾所皆知的公認性。故本研究透過文獻探討整理訂單資料與特性、歸納訂單預測所具備之輸入參數，選擇一般常見重要因子。

經由文獻探討中整理出傳統一般 CPFR 影響中幾個影響訂單量因子如下：

1. 銷售預測(VICS, 2006)：在 VICS 訂定的 CPFR 步驟下，銷售預測階段為訂單預測一主要考量因素。由於銷售預測階段主要是針對市場面進行著手調查根據市場的未來需求性、歷史資料或公司銷售計畫等，提出未來預計市場需求量；而訂單預測階段則是在收到市場需求轉為實際訂單時考量依據，其結果好壞會影響供給面水準，因此當企業中有良好的銷售預測時再搭配其他相關因素，有利於雙方在訂單上的承諾，降低彼此的庫存水準，因此銷售預測是訂單預測中相當重要的決定因素。
2. 時間序列-歷史訂單(陳寬茂, 2005)：歷史資料利用時間序列方式可以提供未來可能的訂單的平滑性與趨勢性，將時間序列求得知結果加入多元回歸模型解釋變數中，可以提供模型中訂單解釋因素。
3. 供應商庫存持有成本 (Johnson, 1999; 陳寬茂, 2005)：CPFR 為一雙方企業資訊互通有無，以降低雙方成本，提升獲利可能性。因此供應商的庫存持有成本將嚴重影響雙方彼此訂單承諾的可靠性。供應商時常必須保有特定庫存以應付不可預期緊急訂單，一方面提升銷售機會，也可降低缺貨損失，因此持有成本的高低將決定，要承受的庫存風險。當風險越大時，供應商對於保有額外庫存的意願會越小，因此其所應急的預備庫存能少，當有大量需求時將會造成缺貨上的損失，反之亦然，故供應商庫存持有成本可能會影響訂單量。
4. 前置時間 (Luhtala, 1994; Frank Chen, 2000; VICS, 2006)：前置時間主要分為資訊傳遞前置時間、生產前置時間、運送前置時間及等待閒置時間。

---

Luhtala (1994) 提到一般製造業資訊傳遞及設置前置時間佔 2%、生產前置時間佔 20%、運送前置時間佔 24%，而其餘 54%則為等待閒置時間。Frank Chen (2000) 前置時間的越長，其時間對於訂單的變異性易增加。前置時間越長其對市場的反應性與機動性會降低，容易造成大量庫存囤積情形，以穩定供貨的穩定性，但就犧牲的本身的存貨成本。因此訂單需求在前置時間不穩定的狀態下，會因此影響供給之間的穩定水準，而增加生產的變動或訂單的變動。所以將前置時間的影響獨立列出，為一影響因子。

5. 安全庫存 (Chen, 1998; 陳寬茂, 2005): 安全庫存的設置是為了防止超出預定的需求或者是各種突如其來的意外狀況所設置的額外庫存。在供應鏈層級越深的情況下，整條供應鏈在為了增加其應變能力皆會設置安全庫存，而在越接近供應鏈頂端的廠商其所設置的水準越高，以增加其機動性。Frank Chen (1998) 也指出零售商不同的安全存貨水準，會促使訂單量的顯著改變。因此，安全庫存是零售商向供應商採購商品數量之重要依據之一。
6. 訂單週期 (Baumann, 2002; VICS, 2006): 訂單週期的不固定會易造成供應商對於供或需求的反映的落差以及影響雙方在供貨需求的穩定性。因此訂單週期的落差，使得訂單量跟著會有劇烈的變化。故訂單週期在不固定之情況下，會顯著影響訂單數量。
7. 已訂購庫存量 (Armingier, 2002; 陳寬茂, 2005; VICS, 2006): 已完成訂購，但尚未收到或未收完的數量被稱為已訂購庫存量，又可稱作在途量。以訂購庫存量在尚未抵達前，並不能實際拿來使用或者是販賣，因為它可能有時間延遲或者是在運送過程中可能發生貨物丟失等，造成實際販賣或可用之物料或商品不確定影響銷售貨生產進度，故已訂購庫存量是一未知的實際庫存，因此須考量到它對訂單量的影響。。
8. 在手庫存量(Armingier, 2002; Baumann, 2002; 陳寬茂, 2005; VICS, 2006): 真正在倉庫裡，可隨時取用之庫存。再手庫存的多寡，是最直接影響到訂單

---

的需求量。當在手庫存過高，加上又有許多已訂購庫存量時，其對下周期的訂單量可能會減少，因此在手庫存量是直接反映在生產或銷售方面尚缺少多少物料或商品的一重大因素，因此影響到未來採購需求有很大的爭議性。

9. 存貨策略(Baumann, 2002; Armingier, 2002; VICS, 2006)：存貨策略的選擇，影響到對訂購量多寡，還有訂購時機的選擇。當採用 $(s, Q)$ 存貨策略時，雖簡單使用但由於訂購量為固定時，需求量過大時會造成緊急訂單的意外狀況。造成供給需求不穩定，只適合需求水準較為穩定的情形。當 $(s, S)$ 存貨應用時，其優點是它的訂購量是不固定的，隨著需求變動的水準去調適，但其在預測需求量的多寡時，勢必需要有良好的預測方式去搭配，以求得最佳 $(s, S)$ 參數解，此優點在於包含補貨成本、缺貨成本、隨機需求之動態庫存下， $(s, S)$ 系統為擁有最小總成本之最佳存貨策略。 $(R, S)$ 存貨策略是一定期庫存監控系統，優點在易於整合運送相關物品，例如當定期從海外訂購時，為了節省運送成本必會盡量填滿貨櫃空間以節省成本。此外 $(R, S)$ 系統也可視需要定期的調整最大庫存，以符合市場的需求。該系統的缺點為存貨持有成本會高於連續監控系統。 $(R, s, S)$ 存貨策略則是 $(R, S)(s, S)$ 兩策略混合使用，以定期監控並搭配實際庫存狀況決定其訂購量。其優點可確保訂單週期之穩定，且可降低連續型庫存監控之成本。

本研究中是針對考慮再製造活動策略下的訂單預測，因此從上述提出的九個解釋變數指標中，將其中的第一點銷售預測與第八點在手庫存量取出搭配由企業雙方交換之回收量與回收庫存資訊組合運算成新的結果為新物料訂購水準與最佳再製造水準，更能符合由於短期資料所呈現的複雜變異性與回收不確定以及歷史資料過少等問題，解釋傳統中無法考慮到擁有再製造活動策略下的實際生產活動情形。所以本研究所提出的模型變數為下列七點：新物料總訂購量、供應商庫存持有成本、前置時間、安全庫存、訂單週期、已訂購庫存量與存貨策略。本階段不使用第二點時間序列模型，是由於研究中將會針對各參數進行短期演

化，且針對回收相關資訊量過少，且其演化的績效適應式採用 MAPE 方式，以加權比重方式，考慮各時間預測與實際量之影響。

黃蘭楨 (2004) 研究之銷售預測回歸模型中一般變數與虛擬變數同時存在，各解釋變數數值差異甚大，若使用一般多元回歸線性模型或半對數線性回歸模型，容易使影響因素之效果被高估或低估，故研究中採用雙對數線性回歸模型。本研究訂單預測方法之多元回歸模型解釋變數如下所示

$$\log y(t) = \beta_0 + \beta_1 \log TNQ(t) + \beta_2 \log SupHC(t) + \beta_3 Leadtime(t) + \beta_4 \log SafeStock(t) + \beta_5 OrderCycle(t) + \beta_6 \log Onorder(t) + \beta_7 Strategy(t) + \varepsilon \quad (3-1)$$

$\log y(t)$  = 第 t 期訂單預測量對數

$\log TNQ(t)$  = 新物料訂購總量對數

$\log SupHC(t)$  = 供應商持有成本對數

$Leadtime(t)$  = 前置時間 (單位為週)

$\log SafeStock(t)$  = 安全庫存量對數

$OrderCycle(t)$  = 訂單週期 (單位為週)

$\log Onorder(t)$  = 已訂購零件對數

$Strategy(t)$  = 存貨策略分為四種：1 表(s, Q)策略；2 表(s, S)策略；3 表(R, S)策略；4 表(R, s, S)策略。

本研究利用 SPSS 統計軟體分析訂單資料，並針對模型解釋度、顯著性與解釋變數間共線性作分析，以求出多元回歸模型參數解，作為演化策略法之初始參數解，以求得短期最佳化參數解。

### 3.2.2 步驟二 模糊物料訂購總量模型：

由文獻探討中，企業在採取預測技術時，會考量成本效益、模型解釋性與可理解性、技術熟悉度、方便性等考量在許多混合預測模型中。在本研究中所涉及研究範圍包含了正向運籌與逆向運籌兩方面，傳統的對於協同商務預測並無考慮再製造活動帶來的影響。在上階段中絕大部分的模型變數都可由資料庫或彼此間



---

共享的資訊中取得，惟獨新物料總訂購量此變數是再藉由各種元素集合而成的結果。本階段將對此形成方法之問題定義、範圍與演算做詳細介紹。

首先本階段研究是參考溫士城(2006)，黃慨郁(2006)中所提出想法加以延伸。由於生產活動中引進再製造活動時，存貨管理將由傳統單一階層轉變成兩階層存貨管理；然而傳統存貨的變動情形簡單，當物料進行採購時原物料存貨上升並隨著製造使用而使庫存持續遞減，直到物料數量低於安全庫存水準或者物料訂購週期到了才有新的物料進來使庫存量增加；但在二階段存貨中，由於本研究中對於可復原存貨策略採取，回收量到達一定水準時，即啟動再製造並將再製零件送至新物料的倉庫區作為可服務存貨。因此可服務存貨量的變動不像以往單純，存貨水準變動不確定性加高。所以本研究中進行訂單預測中必須考慮到的因素更為複雜，除了來存貨水準不確定外，還有來自於回收品數量上、品質上、時間上的不確定性因素，以及為了避免法令罰則而產生的製造與再製造活動。藉由同時考慮製造與再製造活動，利用模糊控制搭配演化策略法，針對需求不確定與回收不確定利用模糊理論將之語意化，透過與人工智慧學習提出模糊物料訂購總量模型，可確保在滿足短期需求前提下，使當週期存貨管理成本獲得最小化，且可避免法令對於回收量不足的懲罰。

## 1. 問題範圍與架構

本階段研究範圍參與者包括製造中心、再製造中心、物料供應廠商、政府規範，其他外部回收再製造廠。其研究問題主要討論當製造商面臨物料短缺時，其主要供貨來源(1)物料供應商直接訂購新物量(2)再製造中心進行產品復原活動，獲得再製物料(3)外部回收製造廠商。其外部回收製造廠商採購原則只有當企業內本身產能無法滿足在面對法令再生使用限制時，經由計算成本比較，向外部回收廠商購買時其成本小於法令罰則時才產生，例外性採購。原則上所有的物料管道只能從物料供應廠商與再製造中心取得。生製造中心與再製造中心存貨模型皆採用連續盤存制( $s, Q$ )存貨策略(生產中心當零件存貨量低於  $s$  時即訂購  $Q$

的零件，再製造中心當回收產品量到達  $s$  時即啟動再製造活動)，且回收量與需求為不確定情況要求下，透過模型求得在滿足銷售預測的條件下符合再製造策略管理成本最小化的情況下，求得新物料總採購量。模糊物料訂購總量模型之研究範圍如圖 3-4 所示。

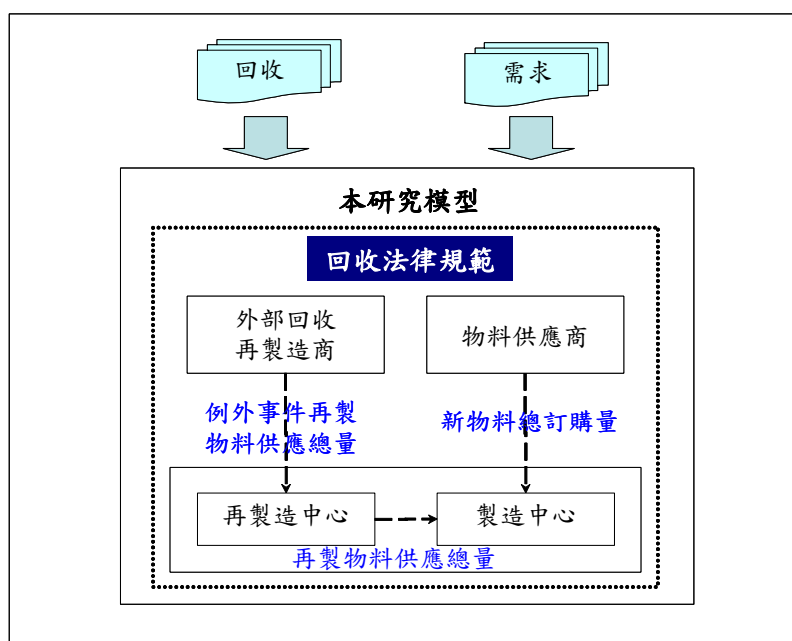


圖 3-4 模糊物料訂購總量模型研究範圍

## 2. 基本假設

在這些問題中架構下，製造商在符合法律的環保法規下，當零件供貨不足時，全新零件採購量要多少。

1. 再製造中心與物料供應商所供應零件無差異。
2. 製造中心採  $(s, Q)$  制；再製造中心存貨策略當回收物料到達固定存量時及啟動復原活動。
3. 製造中心與再製造中心皆必須考量產能限制。
4. 回收的產品不考慮丟棄活動選項，皆可回復產品價值；再製造的活動上成本也都相當，回收後的品質視為相同。

- 
5. 再製造中心與物料供應商在供給上的前置時間為零，因為在研究中回歸模型中包含了前置時間因素，且此模型是預計未來某週之訂單預測量。因此在回歸模型已考慮的狀況下，排除此選項可降低模型複雜度。
  6. 當製造商未符合法定回收率時需支付規費，本研究法令規費採用黃慨郁(2006)提出之變動規費作為計算。變動規費定義為在法令檢查週期下，企業再製物料量使用未能滿足法律規定的再製率，則懲罰以每單位不足的量乘上每單位應付的罰金。
  7. 當企業中的再製物料不能滿足於法令時，則可尋求替代管道外部回收再製廠購買以減少法令的懲罰。其例外事件產生的條件在於，當向外購買時的成本少於法令懲罰成本時，才向外購買，否則就直接承受法令成本。
  8. 需求與回收的分配成卜瓦松分布，且相互獨立。
  9. 配合政府相關法令，在政府規定之審查檢核點時，針對其不足的再製物料量，需負責相關費用，已盡企業責任。
  10. 向外部會收在製廠採買例外事件只發生於審查點。
  11. 在審查點時若無再製造活動時可以利用加班趕工方式進行，其趕工成本大於一般再製活動整備成本。
  12. 研究中之相關回收成本，運輸成本不考慮，以整備設置成本為考量；在向外部回收再製廠購買時，其購買單位成本需考慮。

產品對各時間點再製造及例外發生流程步驟首先判斷是否週期內各單位時間點的再製造物料量是否以滿足法令規定，若滿足的情況則依照一般步驟當回收的物料到達再製造點時則實行再製造。若未能滿足時起發生在最後審查點時且並無再製造活動情況下，則可以利用趕工方式把剩餘回收物料以加班方式再製造，來降低罰金，也可以向外部回收再製商購買來降低，所應付的罰金。因此在最後

的檢查點未滿足時可以有以下四個選擇，選擇方式是成本最低情況而定。(1)最後時間點有再製造活動，但不需額外向外部回收再製商採購；(2)有再製造活動，但須額外向外部回收再製商採購；(3)無再製造活動，用趕工方式並向外部回收再製商採購；(4) 無再製造活動，只用趕工方式將再製造中心之剩餘庫存再製；(5)不採取任何措施直接付回收罰金。表 3-1 為模糊物料訂購總量模型中參數說明。

表 3-1 參數說明表

i	單位時間點(天為單位)
t	回收週期，如 10 天為一週期
MinTotal_Cost	再製策略管理總成本
UniTime_Cost	單位時間再製策略成本
HCost__service	每單位的可服務存貨持有成本
HCost_recovery	每單位的可復原存貨持有成本
OCost_service	每次訂購活動所產生的可服務存貨訂購成本
SCost_recovery	每次再製造活動所產生可復原活動設置成本
Re_purchase_C	每單位的額外採購回收物料成本
Law_Cost	檢查點時針對不足，每單位須付的法令懲罰成本
Add_Re_Cost	趕工再製造成本，當有要趕工再製時所

	需的設置成本
Back_OrderCost	當缺貨情況發生時，每單位所損失的缺貨成本
SaleQ	回收週期內，銷售預測
Expect_SaleProduct	回收週期內，銷售預測期望值
Expect_Return	回收週期內，回收率期望值
Demand_Q	回收週期內，單位時間需求量
Return_Q	回收週期內，單位時間回收量
LawRate	代表製造商須達成的目標回收率
TotalRemanufacturing_num	回收週期中，法令規定需應再製造總量
ATotalRemanufacturing_num	回收週期的單位時間裡再製品已再製造的數量
Rop	當物料存量低於此點 ROP 時產生訂購活動
NewPart_Limit	供應商物料數量的供應能力限制
ReM_Limit	再製中心最大的復原產能限制
Inv_ser_num	單位時間可服務存貨量(物料的存貨量)
Inv_re_num	單位時間可復原存貨(回收物品的存貨量)

Unreturn_num	回收週期內，單位時間尚未滿足法令要求的量
Shortage_num	單位時間缺貨量
NewPart_num	新物料訂購水準，當物料需訂購時，訂購的數目量
Remanufacturing_num	最佳再製造水準，當回收存量到達此點時則啟動再製造
External_Q	外部回收再製商購買量，當再製造量不足以滿足法律時，向外部購買的數量
Back_Point	缺貨點，判斷在單位時間內是否有缺貨情況產生
Remanufacture_Point	再製造點，判斷在單位時間內是否需啟動再製活動
Part_Order_Point	物料訂購點，判斷在單位時間內是否需啟動定購活動
Return_Check_Point	回收檢查點，單位時間內是否落在法令檢查時間
AddRemanufacturing_Point	加班趕工再製造點，判斷在單位時間內是否需進行趕工活動以降低法令懲罰
Ex_Q_Point	外部回收再製商採買點，根據假設當經過成本比較時，發現透過額外採購時可

	降低法令成本時，則啟動
Total_NewPart_num	新物料總訂購量，回收週期中所產生訂購總量

### 3. 成本目標式與限制式

$$\text{MinTotal\_Cost} = \sum_{i=1}^t \text{UniTime\_Cost} \quad (3-2)$$

限制式如下；

$$\begin{aligned} \text{UniTime\_Cost}_i = & \text{HCost\_service} * \text{Inv\_ser\_num}_i + \text{HCost\_recovery} * \text{Inv\_re\_num}_i \\ & + \text{OCost\_service} * \text{Part\_Order\_Point}_i + \text{SCost\_recovery} * \text{Remanufacture\_Point}_i \\ & + \text{AddRemanufacturing\_point}_i * \text{Add\_Re\_Cost} + \text{Back\_Point}_i * \text{Back\_OrderCost} \\ & * \text{Shortage\_num}_i + \text{Re\_purchase\_C} * \text{Ex\_Q\_Point}_i * \text{External\_Q} + \text{Return\_Check\_Point}_i \\ & * \text{Law\_Cost} * \text{Unreturn\_num}_i \end{aligned} \quad (3-3)$$

$$\begin{aligned} \text{Inv\_ser\_num} = & \text{Inv\_ser\_num}_{i-1} - \text{Demand\_Q}_i + \text{Part\_Order\_Point}_i * \text{NewPart\_num} \\ & + \text{Remanufacture\_Point}_i * \text{Remanufacturing\_num} + \text{Ex\_Q\_Point}_i * \text{External\_Q} \\ & + \text{AddRemanufacturing\_point}_i * \text{Inv\_re\_num} \end{aligned} \quad (3-4)$$

$$\begin{aligned} \text{Inv\_re\_num}_i = & \text{Inv\_re\_num}_{i-1} + \text{Return\_Q}_i - \text{Remanufacture\_Point}_i * \text{Remanufacturing\_num} \\ & - \text{AddRemanufacturing\_point}_i * \text{Inv\_re\_num}_i \end{aligned} \quad (3-5)$$

$$\begin{aligned} \text{if } \text{Inv\_ser\_num} \leq \text{Rop} \text{ then } \text{Part\_Order\_Point} = 1 \\ \text{, else } \text{Part\_Order\_Point} = 0 \end{aligned} \quad (3-6)$$

$$\begin{aligned} \text{if } \text{Inv\_re\_num} \geq \text{Remanufacturing\_Q} \text{ then } \text{Remanufacture\_POint} = 1 \\ \text{, else } \text{Remanufacture} = 0 \end{aligned} \quad (3-7)$$

$$\begin{aligned} \text{if } i=t \text{ then } \text{Return\_Check\_Point} = 1 \text{ , else } \text{Reurn\_Check\_Point} = 0 \end{aligned} \quad (3-8)$$

$$\begin{aligned} \text{if } (\text{Unreturn\_num}_i - \text{Inv\_re\_num}_i) \geq 0 \{ \\ \text{if} \\ \text{Unreturn\_num}_i * \text{Law\_Cost} \geq \text{Add\_Re\_Cost} + (\text{Unreturn\_num}_i - \text{Inv\_re\_num}) \\ * \text{Law\_Cost} \text{ then } \text{AddRemanufacturing\_Point} = 1 \text{ , else} \end{aligned}$$

---


$$\begin{aligned}
& \text{Add Remanufacturing\_Point} = 0 \} \\
& , \text{ else } \text{Unreturn\_num}_i * \text{Law\_Cost} \geq \text{Add\_Re\_Cost} \text{ than} \\
& \text{Add Remanufacturing\_Point} = 1 , \text{ else } \text{Add Remanufacturing\_Point} = 0
\end{aligned} \tag{3-9}$$

$$\begin{aligned}
& \text{if } \text{External\_Q} * \text{LawCost} \geq \text{External\_Q} * \text{Re\_purchase\_C} + \text{Add\_Re\_Cost} \\
& \text{than } \text{Ex\_Q\_Point} = 1 , \text{ else } \text{Ex\_Q\_Point} = 0
\end{aligned} \tag{3-10}$$

$$\begin{aligned}
& \text{if } \text{Demand\_Q}_i > \text{Inv\_ser\_num}_i \text{ than } \text{Back\_Point}_i = 1 , \text{ else} \\
& \text{Back\_Point}_i = 0
\end{aligned} \tag{3-11}$$

$$\text{Unreturn\_num}_i = \text{Total Remanufacturing\_num} - \text{ATotal Remanufacturing\_num}_i \tag{3-12}$$

$$\text{Shortage\_num}_i = \text{DemandQ}_i - \text{Inv\_ser\_num}_i \tag{3-13}$$

$$\text{Total Remanufacturing} = \text{SaleQ} * \text{LawRate} \tag{3-14}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Atotal Remanufacturing\_num}_i = \text{ATotal Remanufacturing\_mun}_{i-1} + \text{Remanufacture\_Point}_i \\
& * \text{Remanufacturing\_num} + \text{Add Remanufacturing\_Point}_i * \text{Inv\_re\_num}_i \\
& + \text{Ex\_Q\_Point}_i * \text{External\_Q}
\end{aligned} \tag{3-15}$$

$$\text{External\_Q} = \text{Unreturn\_num}_{i=t} - \text{Inv\_re\_num}_{i=t} \tag{3-16}$$

$$\text{Total\_New\_Part\_num}_i = \text{Total\_New\_Part\_num}_{i-1} + \text{Part\_Order\_Point}_i * \text{NewPart\_num} \tag{3-17}$$

$$\text{Expect\_SaleProduct} = \text{SaleQ} / t \tag{3-18}$$

$$\text{Demand\_Q} \sim \lambda(\text{Expect\_SaleProduct}) \tag{3-19}$$

$$\text{Return\_Q} \sim \lambda(\text{Expect\_Return}) \tag{3-20}$$

$$0 < \text{NewPart\_Num} < \text{NewPart\_Limt} \tag{3-21}$$

$$0 < \text{Reamnufacturing\_num} < \text{ReM\_Limit} \tag{3-22}$$

$$\lambda(\text{Expect\_SaleProduct}) > 0 \tag{3-23}$$

$$\lambda(\text{Expect\_Return}) > 0 \tag{3-24}$$



---

$$H\text{Cost}_{\_service} < H\text{Cost}_{\_recovery}$$

(3-25)

目標式(3-2)為最小在再製策略管理總成本，透過單位時間再製策略成本(3-3)進行加總求得在回收檢查週期中能在滿足需求下，使得相關成本能極小化，提昇企業營運成本能降低。單位時間再製策略成本(3-3)組成成本包含單位時間的可服務存貨成本、單位時間回收產品持有成本、單位時間再製造設置成本、單位時間物料訂購成本、單位時間物料缺貨、趕工再製成本、外部回收再製採購成本及回收罰金這八項成本所組成。限制式(3-4)(3-5)為各單位時間的物料存貨狀況與再製物料存貨狀況，物料存貨的增加來自於對於物料的訂購以及從再製中心進行復原活動而來，而減少則是來自於每單位時間對於物料的使用率；再製物料存貨的增加是來自於每單位時間的回收量，減少來自於復原活動的產生；(3-6)~(3-11)限制式中討論，各單位時間點採取動作得必要條件，如(3-6)(3-7)分別探討訂購點與再製造兩活動產生之條件，當物料存貨量下降到小於訂購水準時，啟動定購活動；當再製物料存貨上升到大於再製活動點時，復原活動產生。(3-12)是單位時間不足再製量限制式；(3-13)單位時間物料短缺量限制式；(3-14)為回收週期應再製總量，其來自於銷售預測量乘上法定回收率；(3-15)是單位時間已再製總量限制式；(3-16)為向外部回收再製廠額外採買量限制式；(3-17)為回收週期內向物料供應商訂購總量，(3-18)~(3-25)為各種值域範圍與成本基本假設限制。

#### 4. 模糊物料訂購總量模型

本研究藉由模糊控制搭配演化策略法利用語意化的方式將不確定性高的回收因素加上 CPFR 流程中所提供的銷售預測因素模糊化，並依賴人工智慧演算法，透過不斷嘗試學習，求得新物料訂購水準與最佳再製造水準點。模型中以材料的銷售預測和回收率作為主要輸入變數，透過成本之目標式與限制式，經過一連串相關成本運算，求出步驟一中回歸模型中新物料訂購總量此解釋變數，以期

望達到最小的再製造策略管理成本。而在模糊物料訂購總量模型中決定輸出變數績效優異的核心的要件為-歸屬函數及規則庫，這兩要件的决定則是透過演化策略法來尋找訓練期間中最佳的近似參數解，而成本目標式為模糊物料訂購總量模型之適應式，透過持續演化淘汰幫助決策者對新物料訂購水準與最佳再製造水準點作出最佳的決定。本研究模糊物料訂購總量模型之流程架構如圖 3-5 所示。

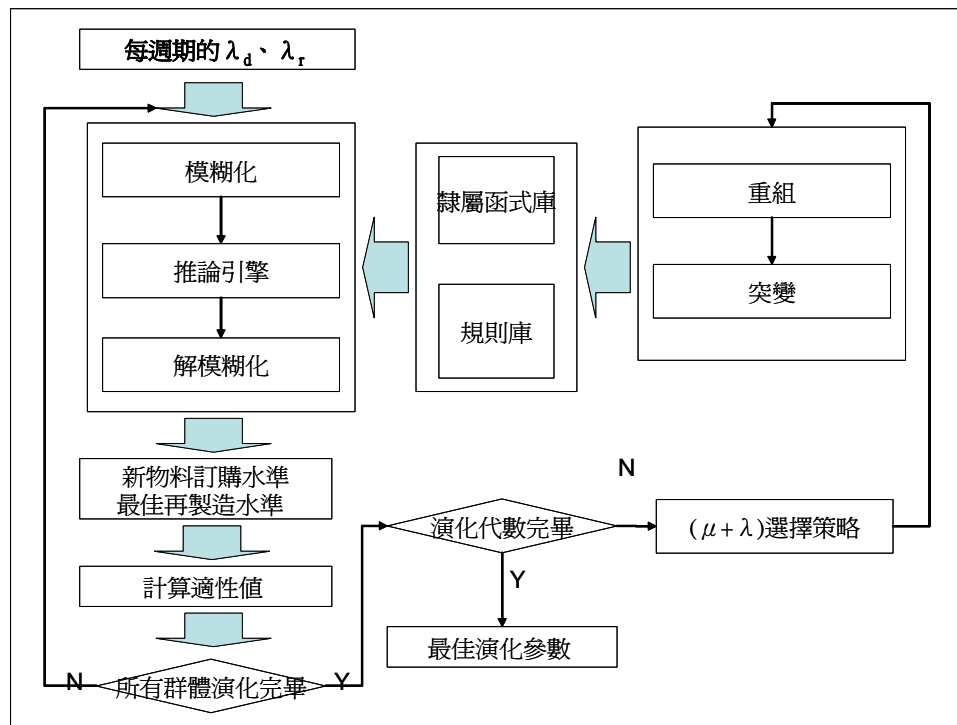


圖 3-5 模糊物料訂購總量模型操作流程

步驟一：隨機產生父代20組演化策略參數字串並經過重組與突變產生子代30組，作為初始演化策略參數。

步驟二：輸入需求期望值與回收期望值。

步驟三：挑選未計算之演化參數做歸屬函數與規則庫設定，並與步驟二之輸入做模糊演算得出新物料訂購水準與最佳再製造水準。

步驟四：將步驟三之結果帶入成本目標式與限制式求得該演化參數之適應值

步驟五：檢查是否演化參數字串是否皆有其相適應值，若無則重複步驟三，直至所有字串皆被演化。

步驟六：是否以完成演化代數，若有跳至步驟九，否則緊接步驟七。

---

步驟七：保留此世代中有最佳適應值的參數字串群作為下一新世代父代初始群體。

步驟八：進行重組與突變與選擇。

步驟九：終此條件被滿足，獲得再製策略管理總成本與新物料總採購量。

### 5. 模糊物料訂購總量模型設定

研究中歸屬函數分別使用，Z 型、三角形與 S 型做為模糊化之歸屬函數。溫士城(2006)提出使用 S 型、三角形和 Z 型函數有下述兩項優點(1)只需儲存 2 或 3 個點即可推算歸屬度；(2)只需處理 2~3 個點，利於編碼、演化和解碼的動作。因此本研究中分別將需求量、回收量，新物料訂購水準與最佳再製造水準點分別切割成(高、中、低)三種語意化的結果對應到 S，三角形與 Z 型函數上。

研究中規則庫採用多輸多輸出方式，如 if A is high and B is mid then X is low and Y is high。根據語意條件式控制規則是執行推論過程時所需的推演依據，研究中推論方法選擇推論的合成規則為基礎的方法(直接法)，依據輸入之變數尋找其相對應之語意式條件，推算其模糊區塊，做為解模糊化之輸入。而解模糊化方法選用解重心模糊化法，利用各語意條件式所產生的相對應模糊區塊，計算所有區塊所圍成的面積中的重心為作為解模糊化後之答案。

### 3.2.3 步驟三、四 演化策略法求最佳化之混合預測模型：

本研究步驟三利用 SPSS 統計分析軟體針對步驟一、二中求得的多元回歸模型解釋變數進行分析，並針對模型解釋度、顯著性與解釋變數間共線性作分析，以求出多元回歸模型參數解，作為演化策略法步驟四之初始參數解，以求得短期最佳化參數解。

步驟四由於不同時間點下對於資料與訊息的反映解釋程度不同以及回收因素等高度不確定性，短期預測模型為了能快速反應時間效應與數量所帶來的變高度變異下，透過步驟四的最佳化演算法有助於來求得函數參數最佳值。由文獻探討曾永勝(2005)、陳寬茂(2005)中提出演化策略法，兩位學者認為利用此演算法

優於黃蘭禎(2004)中提出的基因演算法。因為基因演算法屬與整數解最佳化，而演化策略法則採用實數解的演化能力優於基因演算法。而模擬退火法式採用單點循序的搜尋方式，而演化策略則是從一族群開始，非針對單一點搜尋，固找到整體最佳解的機會比模擬退火法高；且模擬退火法採波茲曼分布(Boltzman Distribution)函數來跳開局部最小解，其特徵再於除了接受較佳的解外，也給一個機率較差解，且模擬退火法選擇參數不易，收斂時間緩慢，整體最佳解的時間較模擬退火法快。所以本研究步驟四採用演化策略法進行。

## 1. 編碼型式

本研究中將多元回歸模型中的  $n$  個解釋變數係數和  $n$  個策略參數編碼成為目標變數向量  $\vec{a}$ ，且  $\vec{a} = (\vec{\beta}, \vec{\sigma}) \in I = R^n \times R^{n\sigma}$ ， $n_\sigma \in \{1, \dots, n\}$ ，其中  $\vec{x}$  是含  $n$  個解釋變數係數的向量， $\vec{\sigma}$  是含有  $n$  個策略參數的向量。

## 2. 適應函數：

由於適應性函數建構的好壞，會影響算之結果，且根據 Hoffmeister 等(1991)的建議，適應函數的原則應與研究之目標函式一致。而本研究的衡量目標，基於希望不要對可得之資料中極端值過度敏感，且可使預測精準度能迅速了解，故選取平均絕對誤差百分比(MAPE)作為衡量預測效度的目標函式；並利用加權概念將當其期誤差與前幾期誤差做加總平均，以符合短期訂單預測模型，快速變異情形，其公式如下：

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^m |y(t) - \hat{y}(t)|}{m}$$

$$a * \text{第 } m \text{ 期 } MAPE + (1-a) * \sum_{i=1}^{m-1} MAPE$$

---

其中：

$y(t)$ ：是第  $m$  期的實際銷售值；

$\hat{y}(t)$ ：是第  $m$  期的實際銷售值；

$m$ ：是預測期數。

$a$  為權重值

### 3. 重組

根據文獻探討，Hoffmeister 等(1991)的建議，無論是執行離散(discrete)或中間產物(intermediate)來重組目標變數向量，都有機會使得演化結果改善。故本研究中，解釋變數係數向量  $\vec{\beta}$  是採取離散重組機制，策略參數向量  $\vec{\sigma}$  是採取中間產物重組機制，其運算方法如下：

解釋變數係數向量： $\vec{\beta}'_{n,i} = \vec{\beta}_{1,i}$  or  $\vec{\beta}_{2,i}$

策略參數向量： $\vec{\sigma}'_{n,i} = \varepsilon_i \cdot \vec{\sigma}_{1,i} + (1 - \varepsilon_i) \cdot \vec{\sigma}_{2,i}$ ,  $\varepsilon_i \in \{0,1\}$

### 4. 突變

在目標變數向量經過重組機制後，會依照下列公式來進行突變機制：

$$\sigma'_i = \sigma_i \cdot \exp(\tau \cdot N(0,1) + \tau' \cdot N(0,1)) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n_\sigma$$

$$\beta'_j = \beta_j + \sigma'_j \cdot N(0,1) \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$\sigma_i$  為父代中第  $i$  個策略參數

$\sigma'_i$  為子代中第  $i$  個策略參數

---

$\beta_j$  為父代的第  $j$  個解釋變數係數

$\beta'_j$  為子代的第  $j$  個解釋變數係數

$\tau = \sqrt{2\sqrt{n}}^{-1}$  全域學習率(global learning rate),  $n$ =目標變數個數

$\tau' = \sqrt{2n}^{-1}$  區域學習率(local learning rate),  $n$ =目標變數個數

$N(0, 1)$  為常態分配函數。

## 5. 選擇與停止

本研究採用  $(\mu + \lambda)$  ES，將父代子代一起進行評估；而停止方式則採用演化代數設定。

## 6. 演化策略法之演算流程

基於上述交配與突變方式，本研究演化策略模型流程如下：(如圖 3-6)

步驟 0：取得多元回歸模型參數解作為初始解；

步驟 1：初始化  $\mu$  個父代族群，利用突變機制以隨機產生父代族群；

步驟 2：演化策略運作：

步驟 2.1：從母體中隨機挑選出兩個父代，產出子代個體；

步驟 2.2：重組，解釋變數係數向量  $\beta$  是採取離散重組機制；策略參數向量  $\sigma$  是

採取中間產物重組機制， $\varepsilon \in \{0,1\}$  亂數取得；

步驟 2.3：進行突變；

步驟 2.4：是否已產生  $\lambda$  個子代個體，若無則回步驟 2

步驟 3：計算適應值，根據適應函數 MAPE 計算父代與子代族群相對應之各演化參數個體之適應值；

步驟 4：選擇，根據所有族群各個體之適應值，並依「 $\mu + \lambda$  演化策略」，選出  $\mu$  個父代為下一代初始族群；。

步驟 5：判斷所有代數是否演化完畢，若演化結束，則進入步驟 5，否則回到步驟 2，進行下一代演化；

步驟 6：產生最佳參數。

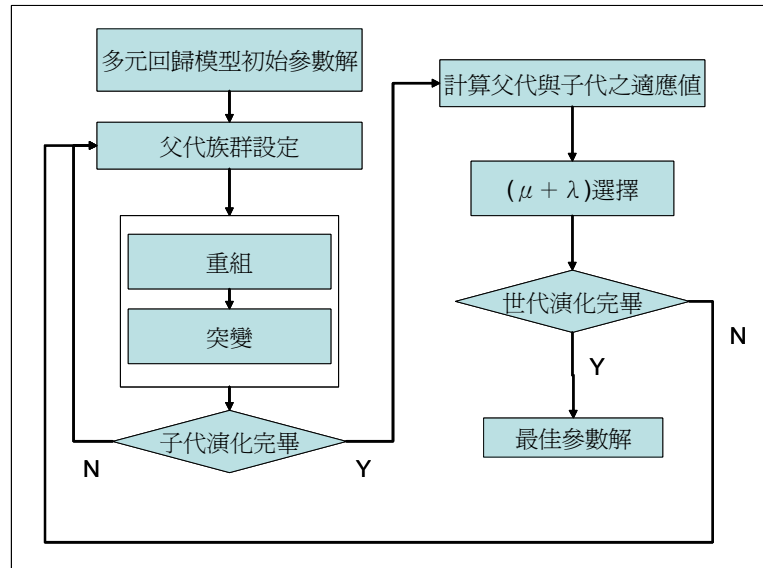


圖 3-6 多元回歸參數演化流程圖

---

## 第四章、實驗設計

### 4.1 實驗績效與驗證

本研究績效驗證部份分為兩大部分，第一部分為模糊物料訂購總量模型績效驗證，在此部份中首先針對模型中找出最佳的演化代數與突變率作為往後參數設定，並且透過模擬方式在不同需求率與回收率下情境下進行再製策略管理總成本成本分析，利用 k-means 分群法對模糊物料訂購總量模型的績效進行驗證。

第二部份針對零件再製造策略之協同訂單預測(包含模糊物料訂購總量模型、多元回歸模型與演化策略)之混合預測模型進行預測準確度之模型驗證之實證分析，實驗結果將檢視 4 週與 8 週之平均績效值。在此模型驗證對照組分別為，時間序列模型(指數平滑法)，多元回歸模型與陳寬茂(2006)訂單預測模型之實驗預測結果做比較。本章可分為個部分：第一節說明實證資料的來源與預測區塊分配；第二節模糊物料訂購總量模型績效驗證說明；第三節明混合預測模型之預測結果與績效。

### 4.2 資料來源與使用之分配

本研究以國內某製造廠商與其客戶之某單一產品，2004 年四月至 2005 年 3 月之實際訂單與存貨狀況資料作為模型主要驗證來源資料。但由於本研究內容屬於製造商本身包含零件再生使用策略的考量，但國內廠商沒有既是製造商又回收商的角色，因此在某些資料上的來源與取得上必須透過假設方式進行，本研究資料假設方式依據主要是由溫士城(2006)與黃慨郁(2006)兩學者之研究作為參數及資料設定依據之準則。

在 52 週的資料當中，研究中將 1~28 週作為模糊物料訂購總量績效驗證區間，其中 1~10 週為模糊物料訂購總量之演化策略法之演化代數參數設定區間，考量 10~500 代以每 10 代為間距總共 50 個，已再製策略管理總成本為評估依據，



分別對1~10週各別成本及1~10週平均再製策略管理總成本作分析選擇最佳演化終止代數；11~20週區間針對演化策略之突變率做參數設定，透過11~20週各別成本與平均總成本最為選擇依據，找出最佳突變率參數；21~28週區間進行模糊物料訂購總量績效驗證；多元回歸模型以13~36週為測試樣本區間；多元回歸之演化策略模型則是以37~44週為模型訓練區間；第45~52週為混合預測模型績效驗證區間。

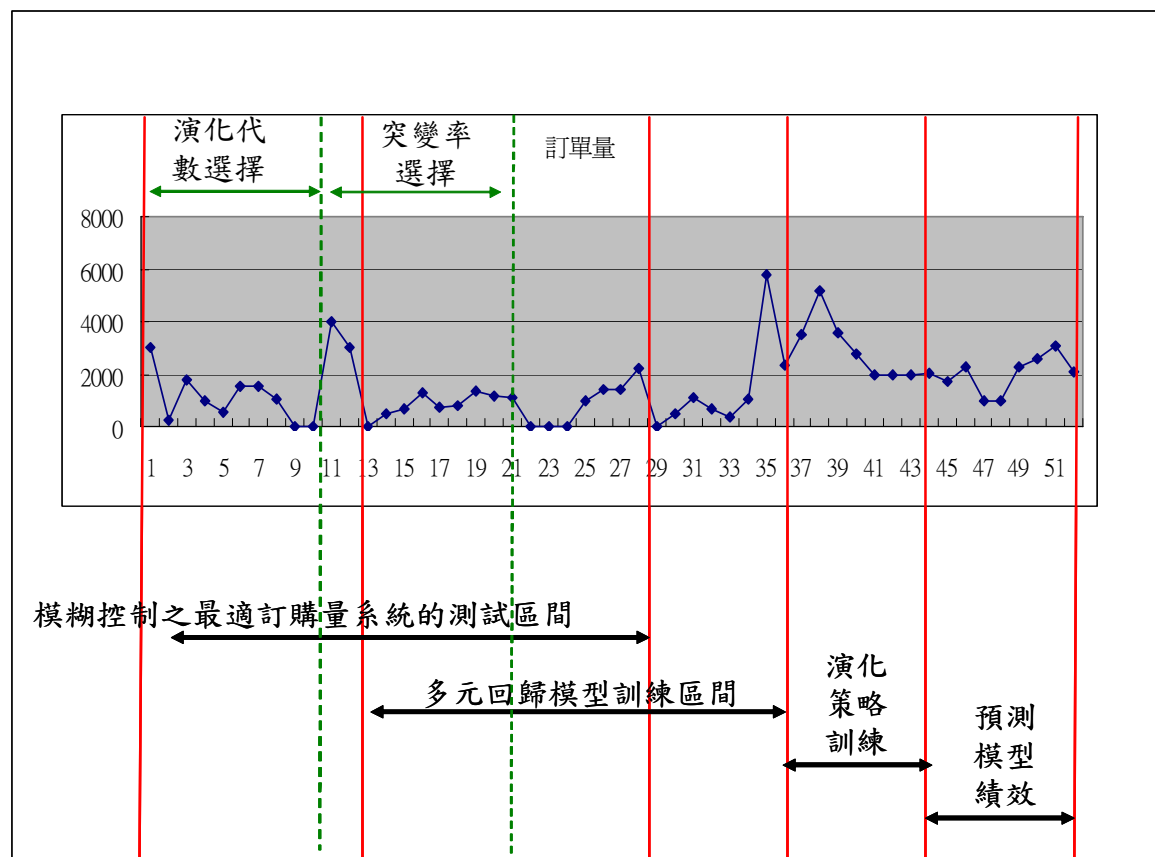


圖 4-1 資料區間規劃圖

---

## 4.3 模糊物料訂購總量績效驗證

### 4.3.1 1-28 週系統參數績效驗證

本階段研究參照 4.1 小節，可分為三大區塊，演化代數選擇、演化策略突變率選擇以及最後系統績效驗證。本研究透過演化策略演算法與 Fuzzy 透過生物演進觀點找出適合答案，根據第二章中在演化過程的終止條件可由三種方式，本研究中透過演化代數設置方式決定演化終止。演化突變率在人工智慧演算法中，決定了跳脫區域解的機率，當突變率過高時，子代不易收斂且容易失去由父代中所遺傳下來的良好基因，使得演化過程耗費大量時間；若演化突變率設定過低，則子代中不易出現差異性，使得結果容易導致形成區域最佳化。因此本研究中此階段首先針對演化代數選擇、演化策略突變率選擇做計算找出最佳演化參數，接著再進行最後的系統績效。

### 4.3.2 演化代數選擇

針對 52 週資料中，1~10 週作成本分析提出最佳之演化代數，演化策略出使參數設定如下：

1. 演化代數訓練週數：10 週(1~10)
2. 初始父代族群各數：20 個
3. 子代產生族群各數：30 個
4. 突變率：0.5
5. 演化策略：(E+S)策略法
6. 演化終止代數設定：10~500 代(以 10 代為間距共 50 組)

針對 1~10 週資料進行 500 代演化訓練，檢視適應函數值之變化以找出較適合之演化代數，實驗 10 次之演化代數各週績效收斂趨勢如圖。

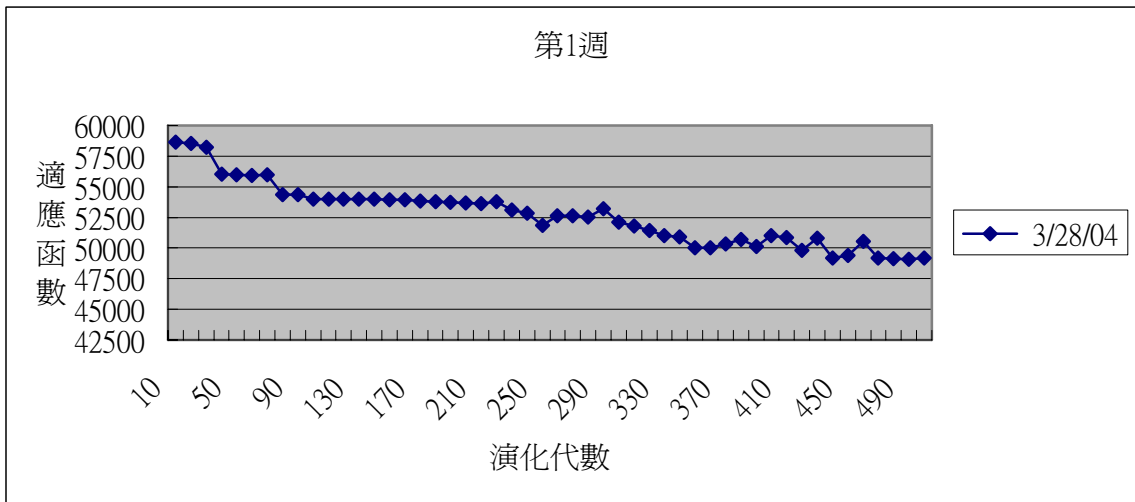


圖4-2 第1週演化代數之績效收斂趨勢

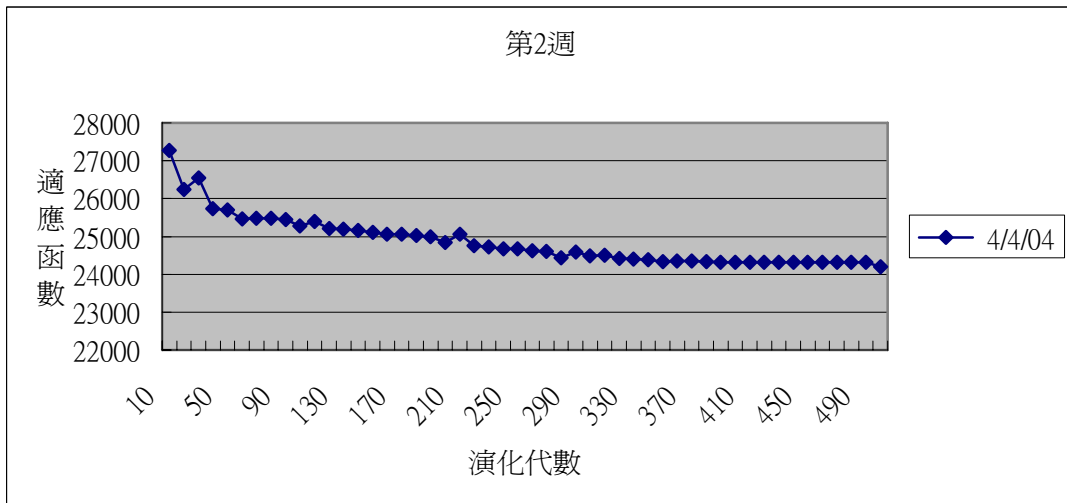


圖 4-3 第 2 週演化代數之績效收斂趨勢

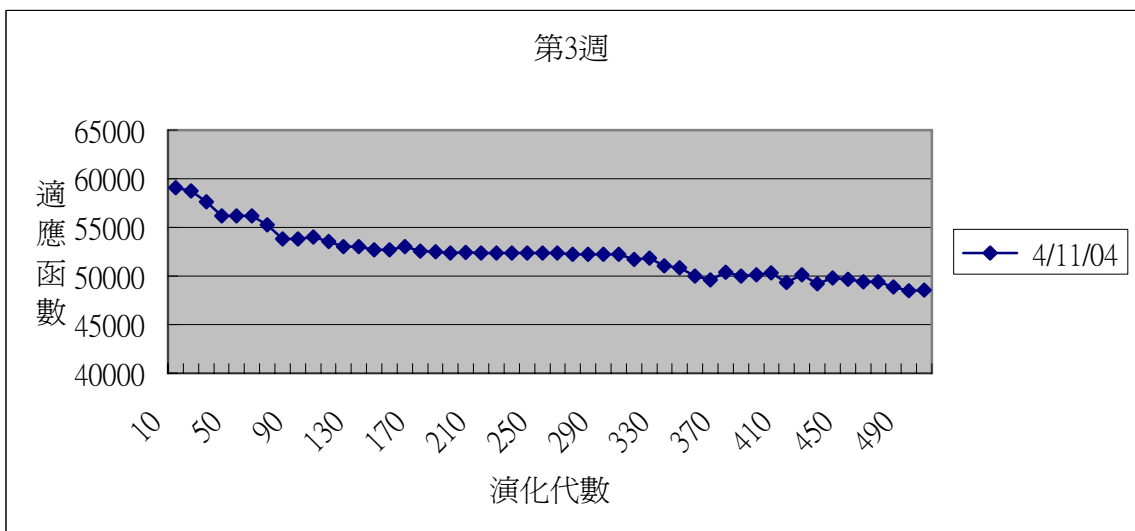


圖 4-4 第 3 週演化代數之績效收斂趨勢

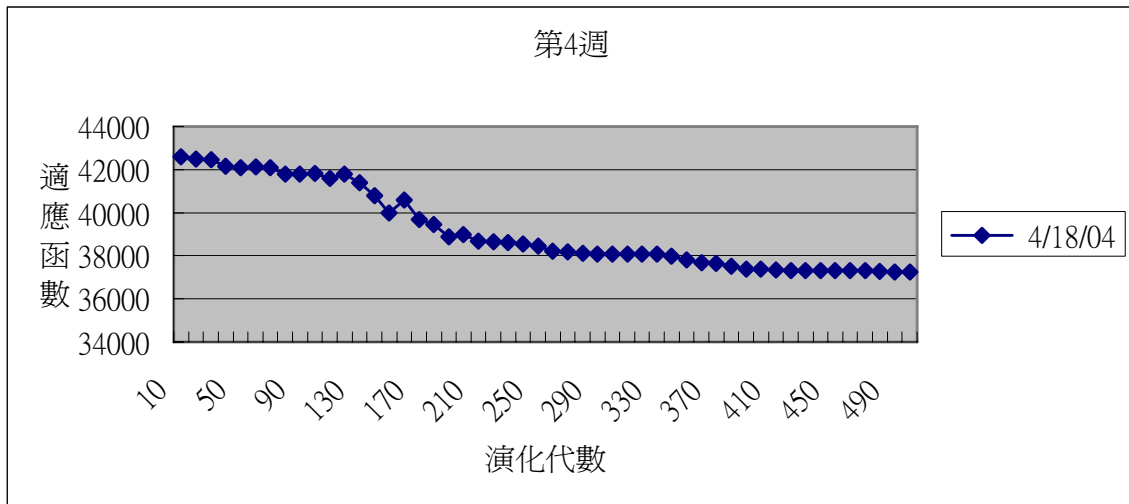


圖 4-5 第 4 週演化代數之績效收斂趨勢

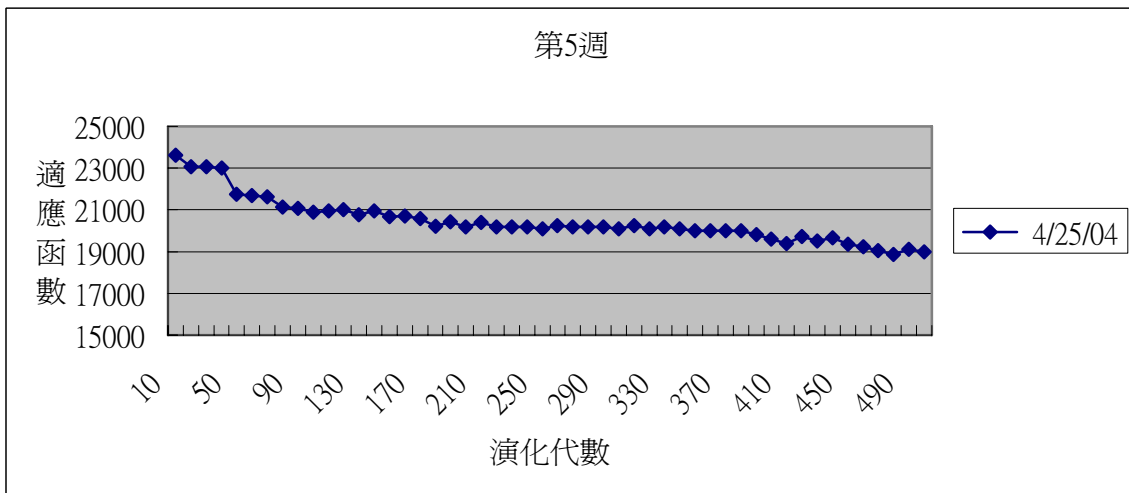


圖 4-6 第 5 週演化代數之績效收斂趨勢

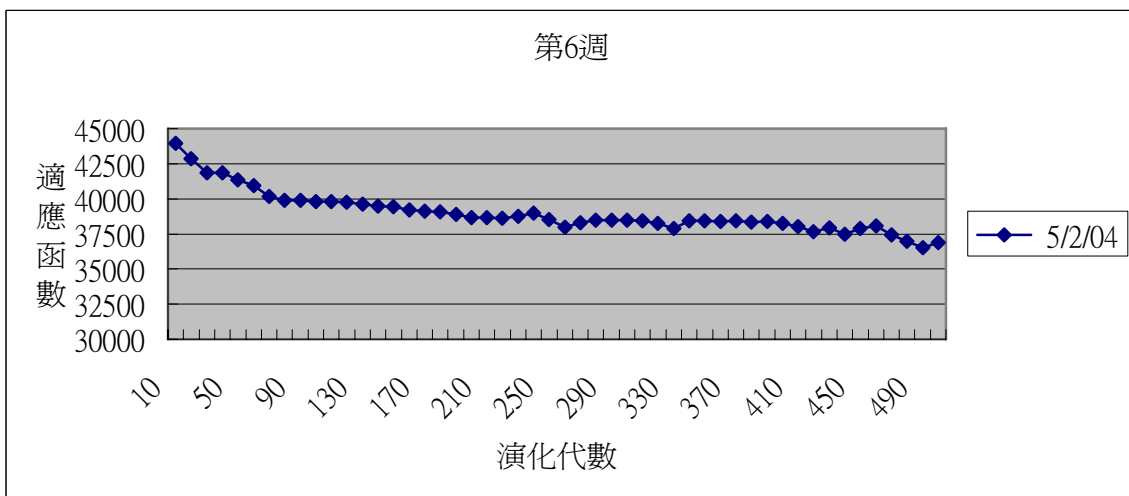


圖 4-7 第 6 週演化代數之績效收斂趨勢

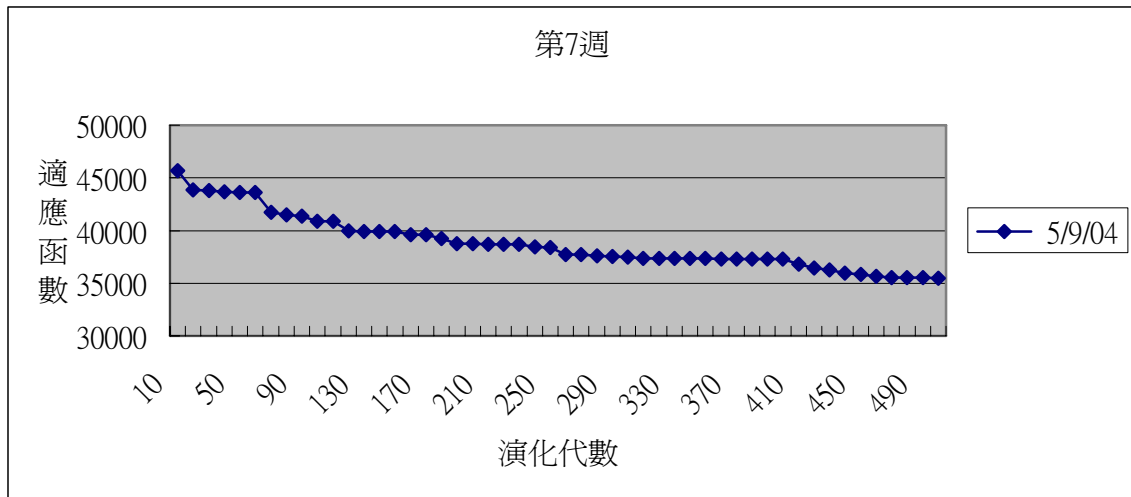


圖 4-8 第 7 週演化代數之績效收斂趨勢

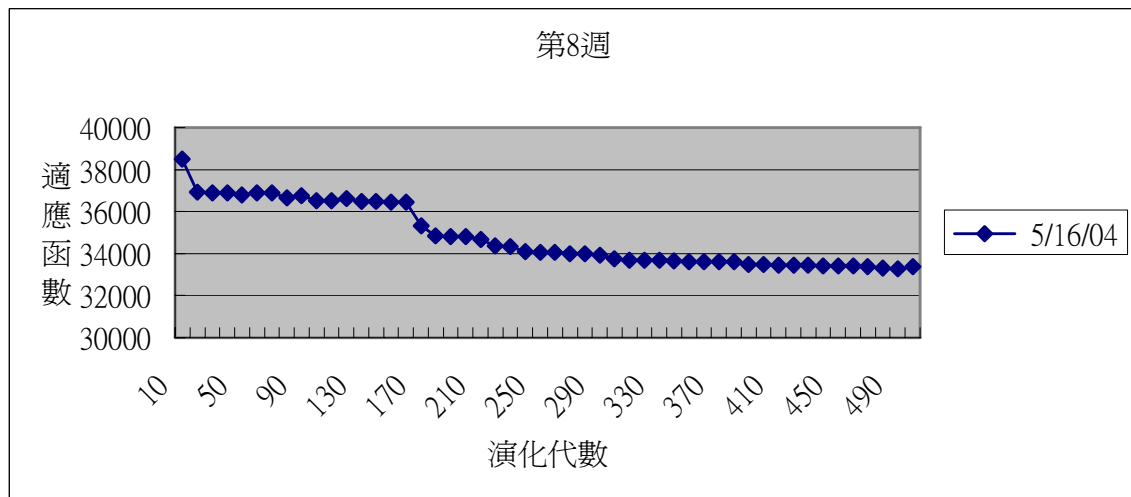
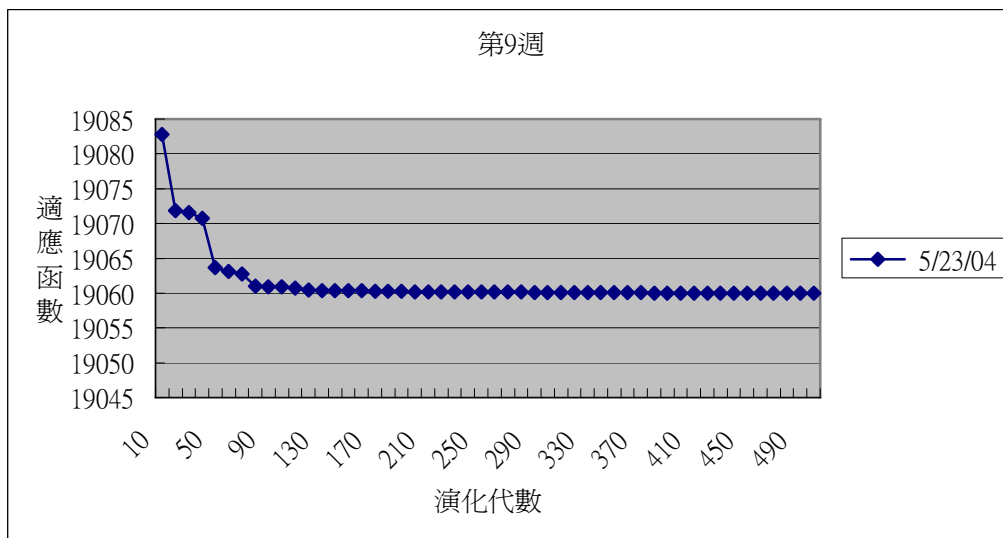


圖 4-9 第 8 週演化代數之績效收斂趨勢



圖

4-10 第 9 週演化代數之績效收斂趨勢

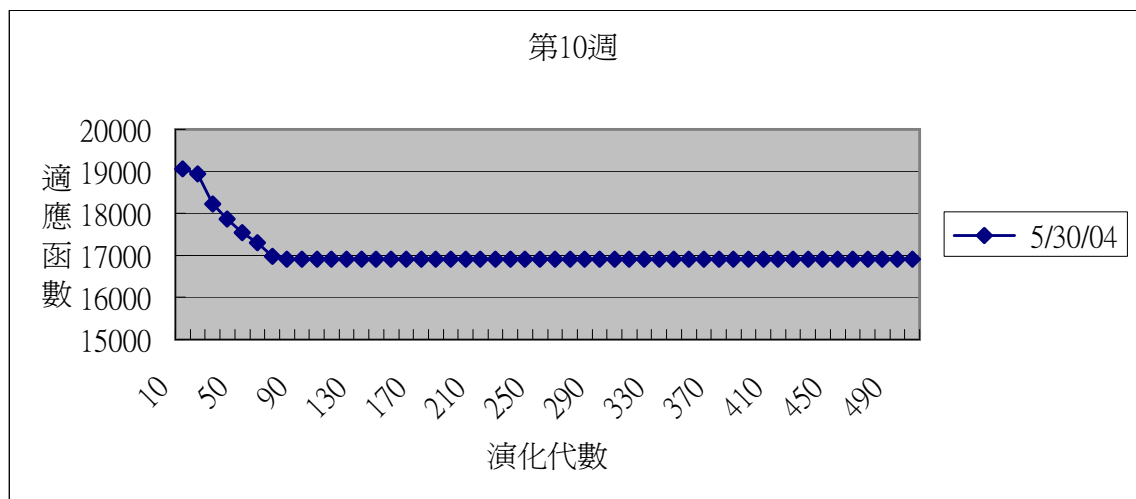


圖 4-11 第 10 週演化代數之績效收斂趨勢

圖中可看出演化代數有些在 100~200 代之間就收斂，有些在 300 代過後開始才開始收斂，因此為了能符合以上各種情境問題，研究中發現選擇演化代數為 350 代來作為此終止條件時，在各情況下皆能滿足適應值含數收斂。因此本階段參數設定產出為 350 代。

#### 4.3.3 突變率選擇

針對 52 週資料中，11~20 週作成本分析提出最佳之演化突變率，演化策略出使參數設定如下：

1. 演化代數訓練週數：10 週(11~20)
2. 初始父代族群各數：20 個
3. 子代產生族群各數：30 個
4. 突變率：0.15~0.95(共九種突變率組合)
5. 演化策略：(E+S)策略法
6. 演化終止代數設定：350 代

11~20 週區間內突變率為 0.15~0.95，選出的最佳演化之突變率各週績效測試。各週實驗 10 次之演化突變績效收斂趨勢如表。各表中擷取各週前五名代表。

表 4-1 突變率績效排名表之一

突變率 排名	週次 6/6/04	6/13/04	6/20/04	6/27/04	7/4/04
1	0.45	0.45	0.55	0.35	0.45
2	0.25	0.65	0.65	0.55	0.35
3	0.55	0.75	0.45	0.65	0.75
4	0.35	0.35	0.75	0.85	0.55
5	0.65	0.85	0.85	0.45	0.65

表 4-2 突變率績效排名表之二

突變率 排名	週次 7/11/04	7/18/04	7/25/04	8/1/04	8/8/04
1	0.45	0.65	0.85	0.45	0.55
2	0.55	0.45	0.45	0.75	0.65
3	0.65	0.75	0.55	0.25	0.45
4	0.25	0.55	0.75	0.55	0.35
5	0.35	0.35	0.25	0.65	0.75

由表 4-1 和表 4-2 中發現，其突變率前五名分別為由 0.25~0.85；其中突變率 0.45 在各週次排前三名上出現 9 次(第一名 5 次、第二名 2 次、第三名 2 次)，優於相對突變率為 0.55(出現共六次，第一名 2 次、第二名 2 次、第三名 2 次)與突變率 0.65(出現共六次，第一名 1 次、第二名 3 次、第三名 2 次)。因此本階段對於模糊物料總訂購量模型之演化策略突變率參數設定為 0.45。

#### 4.3.4 模糊物料訂購總量模型績效

本階段針對資料區間 21~28 週訂單資料計算在滿足需求與回收法令相關前提下，對與訂購新零件與復原可再生零件中作取捨以達成再製策略管理總成本最小化。此階段研究中對於 21~28 週資料分別進行 20 次模擬並計算其平均再製策略管理總成本。為了解在各週下的模擬平均總成本結果是否為在模糊系統中之相對最低點，本研究中將此階段產出新物料訂購水準與最佳再製造水準結果作上下範圍變動，證明研究結果對於總管理成本上的績效優於其他結果組合。結果變動範圍間距皆為 25，新物料訂購水準與最佳再製造水準皆 15 種情形，每週模擬情況下皆包含 225 種組合。各週情形最佳的新物料訂購水準與最佳再製造水準、平均模擬再製策略管理總成本變動範圍如表 4-3 4-4。

表 4-3 各週次模擬成本與變動範圍表

日期	8/15/04	8/22/04	8/29/04	9/5/04
NQ	347	250	433	311
RQ	319	323	326	385
變動 NQ	222~572	150~500	283~633	186~536
變動 RQ	144~494	123~473	126~476	185~535
平均總成本	33285	36515	54525	41920
日期	9/12/04	9/19/04	9/26/04	10/3/04
NQ	358	339	569	729
RQ	159	384	278	379
變動 NQ	258~608	239~589	419~769	554~904
變動 RQ	84~434	84~434	178~528	179~529
平均總成本	27520	27372	47528	99612

(NQ：新物料訂購水準、RQ：最佳再製造水準)



針對各變動範圍產出結果作集群分析(cluster analysis)，研究中利用 K-means 分群法為主要分析工具。藉由分群方式將相近的模擬結果分類，以確定研究中之各情境新物料訂購水準與最佳再製造水準組合落在分別各情境下的最低成本族群裡。表 4-4 ~4-11 為各週次下集群分析結果，當中 K-means 分群法研究中將 K 值設為 15 個集群。

表 4-4 第 21 週集群分析

日期	8/15/04				
組別	1	2	3	4	5
中心點	56358.33	83105	41950.95	74436	71083.33
集群個數	3	5	21	10	9
組別	6	7	8	9	10
中心點	48196.25	63783.75	59745	34651.5	51505
集群個數	4	12	12	10	8
組別	11	12	13	14	15
中心點	39343.94	66553.57	37118.57	78839.38	45044
集群個數	33	7	28	8	10
集群總數	180				

表 4-5 第 22 週集群分析

日期	8/22/04				
組別	1	2	3	4	5
中心點	45705	42205	43010	40615	40470
集群個數	15	15	15	15	15
組別	6	7	8	9	10
中心點	39075	39930	38045	36545	40265
集群個數	15	15	15	15	15
組別	11	12	13	14	15
中心點	39140	38255	39370	38495	37620
集群個數	15	15	15	15	15
集群總數	225				

表 4-6 第 23 週集群分析

日期	8/29/04				
組別	1	2	3	4	5
中心點	68295	64795	61295	59060	57575
集群個數	15	15	15	15	15
組別	6	7	8	9	10
中心點	58590	55845	56605	54605	57875
集群個數	15	15	15	15	15
組別	11	12	13	14	15
中心點	56375	56880	57635	56890	55765
集群個數	15	15	15	15	15
集群總數	225				

表 4-7 第 24 週集群分析

日期	9/5/04				
組別	1	2	3	4	5
中心點	50287.5	77430	63949.29	54617.81	44200
集群個數	30	15	21	32	15
組別	6	7	8	9	10
中心點	57010	66911.82	74105	42150	73167.5
集群個數	9	11	7	15	8
組別	11	12	13	14	15
中心點	68105	62635	65667.5	61510	59243.82
集群個數	9	5	10	4	34
集群總數	225				

表 4-8 第 25 週集群分析

日期	9/12/04				
組別	1	2	3	4	5
中心點	109739	81041.11	55885.33	60196.43	64409.17
集群個數	5	9	15	14	24
組別	6	7	8	9	10
中心點	43000.93	106407.5	51872.25	34921	47921.94
集群個數	27	10	20	10	18
組別	11	12	13	14	15
中心點	85161.67	30621.82	71282.62	75097.5	39295
集群個數	6	11	21	6	18
集群總數	214				

表 4-9 第 26 週集群分析

日期	9/19/04				
組別	1	2	3	4	5
中心點	81655.5	47860	107493.8	104903.3	39063.13
集群個數	10	18	8	3	16
組別	6	7	8	9	10
中心點	64354.58	31470.94	110426.7	68615	52961.9
集群個數	12	16	3	9	21
組別	11	12	13	14	15
中心點	34838.1	43305	84770	27480	58391.43
集群個數	21	22	5	1	14
集群總數	179				

表 4-10 第 27 週集群分析

日期	9/26/04				
組別	1	2	3	4	5
中心點	51873.44	66650.71	102084.2	70760	89853.24
集群個數	16	7	6	11	17
組別	6	7	8	9	10
中心點	98486.67	76162.94	55452.17	48733.75	93597.81
集群個數	9	17	23	4	16
組別	11	12	13	14	15
中心點	85642.27	62590.28	79884.06	73524.57	58725
集群個數	22	18	16	23	20
集群總數	225				

表 4-11 第 28 週集群分析

日期	10/3/04				
組別	1	2	3	4	5
中心點	109531.3	116534.2	148889.6	106202.3	103584.2
集群個數	31	12	13	37	30
組別	6	7	8	9	10
中心點	100529.1	142524.5	113410	156755.9	163020
集群個數	11	11	9	11	6
組別	11	12	13	14	15
中心點	160020	152489.6	145811.5	119320	138706.7
集群個數	12	13	17	4	3
集群總數	220				

表 4-12 各週次平均總成本集群資訊

日期	8/15/04	8/22/04	8/29/04	9/5/04
平均總成本	33285	36515	54525	41920
所屬集群	9	9	9	9
日期	9/12/04	9/19/04	9/26/04	10/3/04
平均總成本	27520	27372	47528	99612
所屬集群	12	14	9	6

由表 4-4-11 中發現表 21、25、26、28 這四週裡，其觀察值個數皆非前面中提到 225 種情況。這四週中有些觀察值結果所得出結果成本過大，使得分群範圍過廣，因此事先提除不適任之觀察值已使得分群後結果可以更加精確。第 22 與 23 週中可發現其觀察值個數平均落在每一集群中皆 15 個，其原因來自於當週

銷售預測量可經由庫存零件與再生零件及可滿足不需額外採購新零件，因此當 NQ 在變動時對成本不造成影響，其影響結果因素來自於 RQ。而從表 4-12 中裡發現，各週情境的平均總成本結果皆落在其所屬最低成本集群之中。因此我們可以發現利用模糊控制與演化策略演算法在針對不確定的環境情形下可提供一近似最低再製策略管理總成本之績效。

## 4.4 多元回歸

### 4.4.1 多元回歸參數分析

新物料總訂購量運算的主要方式是根據，手上的庫存量以及需求和回收因素作為主要考量，但在多元回歸模型中當考慮的因素越多時越能使得預測的準確結果提升，因此本研究加入其他分析因素使得預測模型能更加完善。透根據可得資料，整理為 7 個解釋變數，進行模型合適性分析模型與變數敘述如下：

$$\log y(t) = \beta_0 + \beta_1 \log TNQ(t) + \beta_2 \log SupHC(t) + \beta_3 Leadtime(t) + \beta_4 \log SafeStock(t) + \beta_5 OrderCycle(t) + \beta_6 \log Onorder(t) + \beta_7 Strategy(t) + \varepsilon \quad (4-1)$$

$\log y(t)$  = 第 t 期訂單預測量對數

$\log TNQ(t)$  = 新物料總訂購量對數

$\log SupHC(t)$  = 供應商持有成本對數

$Leadtime(t)$  = 前置時間

$\log SafeStock(t)$  = 安全庫存量對數

$OrderCycle(t)$  = 訂單週期

$\log Onorder(t)$  = 已訂購零件對數

$Strategy(t)$  = 存貨策略

研究中以 SPSS 統計軟體為分析工具，回歸模型各參數績效與關係程度如表

4-13。當變數間若存在共線性會降低模型之績效，以變異數膨脹因子(Variance inflation factor, VIF)來當作多元回歸共線性分析。通常 VIF 值應小於 10 為佳

表 4-13 回歸分析參數表

Model		B	Std. error	t	Sig.	VIF
Constant	B <sub>0</sub>	-.115	.387	-.297	.769	
logTNQ(t)	B <sub>1</sub>	1.014	.032	31.288	.001	1.047
logSupHC(t)	B <sub>2</sub>	.409	.217	1.885	.069	1.029
logSafeStock(t)	B <sub>4</sub>	0.03203	.141	.227	.822	1.024
logOnorder(t)	B <sub>6</sub>	-0.02510	.038	-.667	.510	1.038

R = .985

R Square=.971

Adjusted R Square=.967

Std. Error of the Estimate=.2356

Sig. =0.05

根據 SPSS 統計軟體回歸模型發現，*Leadtime(t)*、*OrderCycle(t)* 以及 *Strategy(t)* 三因素皆被刪去；其餘解釋變數之 VIF 範圍也未大於 10，明顯無共線性問題存在；模型解釋性部分，複判定係數 R Square 為 0.971，調整後之複判定係數(Adjusted R Square)則為 0.967。

#### 4.4.2 演化策略模型

根據上階段之多元回歸模型之參數解，在本研究中當作演化策略參數之初始化母群體。由於上階段 1~36 週的 *Leadtime(t)*、*OrderCycle(t)* 與 *Strategy(t)* 中被排除，但由於在後續資料期間中不為 0 且未來的資料中因為環境的變動可能會使

得參數在調整上可能對於訂單預測的準確度產生貢獻，因此本階段之演化策略訓練中，依然將參數考慮進來並將三變數的參數值設為 0.001，在未來的模型訓練裡，將自我調整出個別的參數值表。表 4-14 為演化策略各變數初始基因參數值。

表 4-14 演化模型第一期初始值

$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$
-0.115	1.014	0.409	0.001	0.03203	0.001	-0.02510	0.001

演化模型參數設定：

1. 演化代數訓練週數：8 週 (37~44)
2. 預測週數：8 週 (45~52)
3. 初始父代族群各數：20 個
4. 子代產生族群各數：30 個
5. 突變率：0.15~0.95(共九種突變率組合)
6. 演化策略：(E+S)策略法
7. 演化終止代數設定：0~500 代
8. 適應函數加權比重：a=0.7, b=0.3

在此階段中之演化代數與突變率與先前模糊控制之演化目的不同，因此有畢業重新設定其衍化代數值與突變率。我們利用 37~44 週資料做前測實驗。觀察其演化代數對於適應函數收斂之影響效果，從圖 4.12 中清楚發現當演化到達至 250 代左右時變動呈現遲緩狀態，一直至 500 適應值皆變動不明顯，因此最佳演化代數選擇為 300 代。而突變率因素，檢視表 4-15 中發現當突變率為 0.65 時其平均絕對誤差百分比(MAPE)與誤差平方平(MSE)均即絕對誤差平均(MAD)這三項指標皆呈現良好績效。



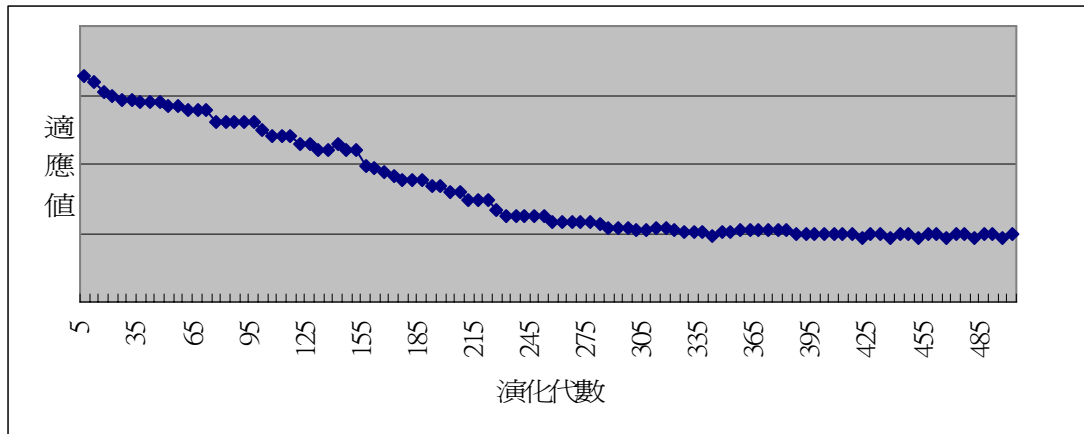


圖 4.12 演化訓練最佳代數圖

表 4-15 演化訓練突變率前測實驗

突變率	MAD	MSE	MAPE	績效排名
0.15	183.3426	499995.47	26.01808	6
0.25	162.8593	442657.83	25.75475	2
0.35	175.5419	497999.71	25.93641	5
0.45	283.7585	614468.39	27.40505	9
0.55	166.6997	449112.23	25.82885	3
0.65	160.3392	438411.56	17.33887	1
0.75	175.5419	481987.92	25.89028	4
0.85	187.8536	592975.14	26.57745	8
0.95	186.4786	552194.62	26.50544	7

#### 4.4.3 績效檢視

依上述參數設定，研究中將對本研究模型一(多元回歸模型與模糊物料訂購總量模型)、本研究模型二(多元回歸模型、模糊物料訂購總量模型與演化策略訓練法)以及一般多元回歸模型、時間序列之指數平滑法與陳寬茂(2005)訂單預測

做檢視；在本研究中的研究模型二與陳寬茂(2005)訂單預測當中，我們分別做的十次實驗檢視其四週與八週平均績效。各模型績效與統計多元回歸績效比較如表 4-16。

表 4-16 四週預測之十次實驗績效

本研究四週實驗績效十次結果				
	MAD	MSE	MAPE	Rank
1	539.7662983	465052.888	0.272734487	5
2	607.7858118	529520.108	0.328467055	7
3	480.6564751	320544.774	0.267167434	4
4	593.9414507	491399.361	0.326262514	6
5	360.1929616	233652.976	0.231245775	2
6	1031.459171	1297697.973	0.362948445	10
7	616.1404897	532481.769	0.329956076	8
8	158.5303068	46825.483	0.192489894	1
9	434.2564431	267988.029	0.258585795	3
10	760.1976624	852924.752	0.347015127	9
<b>AVG</b>	<b>558.292707</b>	<b>503808.8118</b>	<b>0.29168726</b>	

表 4-17 八週預測之十次實驗績效

本研究八週實驗績效十次結果				
	MAD	MSE	MAPE	Rank
1	485.1338	376621.797	0.275314531	4
2	755.5482	746716.523	0.350869458	7
3	613.5385	465049.1241	0.309109312	5
4	1070.809	1015260.33	0.395413452	9
5	413.6575	251606.2346	0.250080937	3
6	1320.547	1997253.966	0.401835321	10
7	742.2963	698971.6997	0.327316984	6
8	342.1965	193065.0884	0.221049646	1
9	380.9455	220275.3157	0.247953211	2
10	812.706	866925.6743	0.371853415	8
AVG	693.7378	683174.5754	0.315079627	

表4-18 平均預測模型績效檢視

四週平均績效預測				
	MAD	MSE	MAPE	Rank
指數平滑	3312.6072	24656707.0	0.7727	5
一般多元回歸	1591.3124	12146258.7	0.4516	4
陳寬茂(2005)	1031.4171	128967.3	0.3685	3
研究模型一	769.7156	853014.6	0.3420	2
研究模型二	558.2927	503808.8	0.2916	1
八週平均績效預測				
	MAD	MSE	MAPE	Rank
指數平滑	1976.0781	18177531.1	0.5875	5
一般多元回歸	1391.5422	11997253.9	0.4318	4
陳寬茂(2005)	759.2845	747661.2	0.3508	2
研究模型一	839.7963	871425.6	0.3722	3
研究模型二	693.7378	683174.5	0.3150	1

如表4-18中可發現，本研究模型二之訂單預測績效結果，相對於時間序列之指數平滑法與線性多元回歸預測或本研究模型一與陳寬茂(2006)訂單預測模型無論在四週與八週的平均績效結果皆遠遠勝出。陳寬茂(2006)訂單預測模型中並無所謂的擁有再製造策略活動，但在他模型中利用時間序列方式作為模型中一變數，因此在本研究中認為在時間序列方式中推得的訂單預測量也已經包含了將過去擁有採用再製物料的情況加以考慮。但在與本研究模型中，由於本研究訂單資料變動性過大，以至於時間序列所求之值，影響其因素增加。因此由此可以發現當短期資料變動性過大且又包含再製造策略此高度不確定因子，利用時間序列方法，其反應性可能會過慢，造成某種程度的預測損失。

---

## 第五章、結論與未來研究方向

本章節依據第三章研究方法與第四章實驗設計所獲得結果分別歸納出一些重要的結論與未來研究方向。第一節針對本研究之過程與結果提出結論，第二節則說明後續研究方向與建議。

### 5.1 研究結論

本研究提出的「再製造策略活動下之 CPFR 訂單預測模型」，結合了經由文獻探討之相關影響因素，模糊物料訂購總量模型與演化策略法之混合多元回歸預測模型。經由第四章的實驗資料分別以四週預測與八週預測平均實驗十次結果分別對照傳統的時間序列(指數平滑法)、一般多元回歸法，陳寬茂(2005)訂單預測模型，無論在 MAPE、MAD、MSE 上其績效水準皆優於以上方法。故可以知道在訂單預測活動中包含再製造策略活動時，結合本研究中所提出模糊物料訂購總量模型方式，可大幅降低來自於回收法令帶來的影響性，進而提升訂單預測準確性。

傳統中 CPFR 流程中對於物料或商品的採購需求依賴買賣雙方協同訂單預測為基礎作為未來補貨之參考依據。但由於綠色意識下，以往所提出的協同訂單預測模型方法中，利用歷史資訊來考量回收再利用等相關回收法令限制下，並未能克服來自回收不確定因素下所造成的預測量變動。若供應鏈上每一成員只根據過往的記錄做調整，面對回收量此高度不穩定因素將對整個生產採購與成本出現戲劇性的變化。本研究中拋棄傳統之時間序列型變數，利用 CPFR 中之協同銷售預測、期望回收率、庫存方面、法令規範與相關成本限制等，計算出一符合在需求滿足前提下之能兼顧法令規範與生產相關成本的初步新物料總訂購量結果。研究中利用此結果變數帶入多元回歸模型中與其他相關 CPFR 影響因素作計算並利用演化策略法持續更新多元回歸模型參數，以符合在短期訂單預測快速波動情況，動態調整各變數影響強度。

---

## 5.2 未來研究方向

本研究所提的混合式訂單預測模型雖能夠有效提升預測績效，但由於產業類別的不同，其變數考慮原因極為複雜，因此為提升本研究的適用範圍與彈性，對於未來的研究方向提出

下列幾點建議：

1. 本研究多元回歸模型中之變數選取方面，應依照其產業適用性或公司實用性作一適合性調查。研究文獻所舉之解釋變數，為一般指標性預測模型變數架構，各企業針對其個案發展出雙方共同認定之變數，加強雙方協同績效。
2. 在多元回歸模型部分，由於傳統針對 CPFR 訂單預測解釋變數之文獻探討並未包含企業考慮再製造策略下的活動的變數，後續研究可針對更多不同公司類別或產品之屬性等資訊進行著手調查，考慮其影響再製造活動下之影響變數。
3. 本研究中提出的模糊物料訂購總量模型中，其輸入的變數可以加入更多相關限制，如前置時間、產能限制、其他相關成本與配送問題的條件，更符合實際面的需求。
4. 本研究只針對訂單預測階段提出預測模型，排除例外事件的處理機制，未來研究可朝此方向努力。
5. 本研究為一 CPFR 流程中一協同訂預測步驟，未來後續發展能與相關補貨流程做結合，使得銷售預測、訂單預測與補貨，三位一體發揮出最大功效。

---

## 參考文獻

### 中文文獻

1. 于宗先，1972，經濟預測，大中國圖書有限公司。
2. 王文俊，1997，認識Fuzzy，全華科技圖書股份有限公司。  
王立志，2006，系統化運籌與供應鏈管理-企業營運新典範，滄海書局。
3. 吳子逢，2003，使用直交實驗設計的高效率演化策略及其應用，逢甲大學資訊工程所碩士論文。
4. 呂柏賢，2000，灰色需求預測模型之研究—以易腐性商品為例，東海大學工業工程學系碩士論文。
5. 李順益，2002，灰色理論於短期銷售預測之適用性探討，義守大學資訊工程學系碩士論文。
6. 林坤德，2004，逆向運籌再製造存貨策略之最佳經濟生產與訂購批量之探討，雲林科技大學工業工程與管理研究所碩士論文。
7. 林思宏，2000，非線性系統之預測控制研究，國立成功大學機械工程學系博士論文。
8. 洪維謙，2006，逆向運籌下供應鏈管理策略對成本之影響，國立政治大學資訊管理學系碩士論文。
9. 留英龍，2000，模糊理論應用於地層下陷之預測，國立成功大學海洋工程學系碩士論文。
10. 張育偉，2003，以知識地圖為基礎發展的遠距測驗選題策略，中原大學資訊工程研究所碩士論文。
11. 許純君(譯)，DeLurgio, S. A. 著，1999，預測的原則與應用，台灣西書有限公司。
12. 陳嘉文，1998，模糊邏輯在機械設計之應用，元智大學機械工程研究所碩士論文。
13. 陳寬茂，2005，CPFR流程下之訂單預測方法，國立政治大學資訊管理學系碩士論文。
14. 曾永勝，2005，CPFR銷售預測模型之探討，國立政治大學資訊管理學系碩士論文。
15. 黃肆海，2003，混合型模擬退火法於結構工程之應用，國立成功大學航空太空工程學系碩士論文。
16. 黃慨郁，2006，供應鏈網路中考量回收機制之主規劃排程演算法，國立台灣大學資訊管理研究所碩士論文。
17. 黃蘭禎，2004，CPFR流程下之銷售預測方法~混合預測模型，國立政治大學資訊管理學系碩士論文。
18. 溫士城，2006，逆向運籌下的最佳經濟訂購批量與製造批量，國立政治大學

---

資訊管理學系碩士論文。

19. 鄭偉平，2005，華文圖書出版的供應鏈管理——探討逆向運籌，高雄第一科技大學運輸與倉儲營運系碩士論文。
20. 羅慕君，2004，短期訂單預測模型之研究—PDA產業為例，中原大學資訊管理研究所碩士論文。

#### 英文文獻

1. Arnold, D. V. and Beyer, H.-G., 2002, "Local Performance of the (1 + 1)-ES in a Noisy Environment", IEEE Trans. Evolutionary Computation, Vol. 6, No. 1, pp. 30-41.
2. Arnold, D. V. and Beyer, H.-G., 2002, "Performance Analysis of Evolution Strategies with Multi-recombination in High-dimensional RN-search Spaces Disturbed by Noise", Theoretical Computer Science, 289, pp. 629-647.
3. Aviv, Y., 2001, "The Effect of Collaborative Forecasting on Supply Chain Performance", Management Science, Vol. 47, No. 10, pp. 1326-1343.
4. Aviv, Y., 2002, "Gaining Benefits from Joint Forecasting and Replenishment Processes: the Case of Auto-Correlated Demand", Manufacturing & Service Operations Management, Vol. 4, No. 1, pp. 55-74.
5. Beyer, H.-G., 1995, "Toward a Theory of Evolution Strategies: On the Benefit of Sex--The  $(\mu/\mu, \lambda)$ --Theory", Evolution Computation, Vol. 3, No.1, pp. 81-111.
6. Beyer, H.-G., 2001, "The Theory of Evolution Strategies", Springer.
7. Carter, C. R. and Ellram, L. M., 1998, "Reverse Logistics: a Review of the Literature and Framework for Future Investigation", Journal of Business Logistics, 19(1), pp. 85-102.
8. Chamber, J. C., Mullick, S. K. and Smith, D. D., 1971, "How to Choose the Right Forecasting Technique", H.B.R., July-Aug.
9. Charles, C. W. and Chase, Jr., 2000, "Composite Forecasting: Combing Forecasts for Improved Accuracy", The Journal of Business Forecasting, Vol. 19, pp. 20-22.
10. Cohen, M., 1988, "Replace, Rebuild or Remanufacture", Equipment Management, 16(1), pp. 22-26.
11. DeLurgio, S. A., 1998, "Forecasting Principles and Applications", Boston: Irwin McGraw-Hill.
12. Dowlashahi, S., 2000, "Developing a Theory of Reverse Logistics", Interfaces, Vol. 30, No. 3, pp. 143-55.
13. Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R. and Van Der Laan, E., 1997, "Quantitative Models for Reverse Logistics: A Review", European Journal



- 
- of Operational Research, 103(1), pp. 1-17.
14. Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R. and Flapper, S. D. P., 2000, "A Characterization of Logistics Networks for Product Recovery", *Omega*, 28(6), pp. 653-666.
  15. Helms, M., Ettkin, L. P. and Chapman, S., 2000, "Supply Chain Forecasting—Collaborative Forecasting Supports Supply Chain Management", *Business Process Management Journal*, Vol. 6, Iss. 5, pp. 392-394.
  16. Holmstrom, J., Framling, K., Kaipia, R. and Saranen, J., 2002, "Collaborative Planning Forecasting and Replenishment: New Solutions Needed for Mass Collaboration", *The Journal of Supply Chain Management*, Vol. 7, No. 3, pp. 136-145.
  17. Inderfurth, K. and Van Der Laan, E. A., 2001, "Leadtime Effects and Policy Improvement for Stochastic Inventory Control with Remanufacturing", *International Journal of Production Economics*, Vol. 71, No. 1, pp. 381-390.
  18. Jain, C. L., 2002, "Benchmarking Forecasting Models", *The Journal of Business Forecasting*, Vol. 21, No. 3, pp. 18-30.
  19. Koh, S.G., Hwang, H., Sohn, K.I. and Ko, C.S., 2002, "An Optimal Ordering and Recovery Policy for Reusable Items ", *Computers & Industrial Engineering*, 43, pp. 59-43.
  20. Levary, R. R. and Han, D., 1995, "Choosing a Technological Forecasting Method", *Forecasting*, January-February, pp. 14-18.
  21. Mabini, M. C., Pintelon, L. M., and Gelders, L. F., 1992, "EOQ Type Formulations for Controlling Repairable Inventories", *International Journal of Production Economics*, pp. 21-33.
  22. Makridakis, S. and Hibon, M., 2000, "The M3 - Competition and Implications", *International Journal of Forecasting*, Vol. 16, pp. 451-76.
  23. Makridakis, S. and Wheelwright, S. C., 1989, "Forecasting Methods for Management", New York: John Wiley & Sons.
  24. Marien, E. J., 1998, "Reverse Logistics as Competitive Strategy", *Supply Chain Management Review*, Vol. 2, No. 1, pp. 43-52.
  25. McCarthy, T. M., and Golicic, S. L., 2002, "Implementing Collaborative Forecasting to Improve Supply Chain Performance", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 32, No.6, pp. 431-454.
  26. Mentzer, J. T., Achrol, R. S. and Gundlach, G. T., 1995, "The Structure of Commitment in Exchange", *Journal of Marketing*, Vol. 59, No. 1, pp. 78-92.
  27. Nahmias, S. and Rivera, H., 1979, "A Deterministic Model for a Repairable Item Inventory System with a Finite Repair Rate", *International Journal of Production Research*, Vol. 17, No. 3, pp. 215-221.

- 
28. Ozturkmen, Z. A., 2000, "Forecasting in the Rapid Changing Telecommunications Industry: AT&T's Experience", *The Journal of Business Forecasting*, Vol. 19, No. 3, pp. 3-4.
  29. Richter, K., 1996, "The EOQ Repair and Waste Disposal Model with Variable Setup Numbers", *European Journal of Operational Research*, Vol. 96, pp. 313-324.
  30. Schrady, D. A., 1967, "A Deterministic Inventory Model for Repairable Items", *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 14, pp. 391-398.
  31. Seifert, D., 2002, "Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment; How to Create a Supply Chain Advantage", Preprint Edition, Galileo Press GmbH.
  32. Teunter, R. H and Vlachos, D., 2002, "On the Necessity of a Disposal Option for Returned Items that Can be Remanufactured", *International Journal of Production Economics*, Vol. 75, pp. 257-266.
  33. Teunter, R. H., 2004, "Lot-sizing for Inventory Systems with Product Recovery," *Computers & Industrial Engineering*, 46(3), pp. 431-441.
  34. Van Der Laan, E. A. and Salomon, M., 1997, "Production Planning and Inventory Control with Remanufacturing and Disposal", *European Journal of Operation Research*, 102(2), pp. 264-278.
  35. Van Der Laan, E. A. and Teunter, R. H., 2006, "Simple Heuristics for Push and Pull Remanufacturing Policies", *European Journal of Operational Research*, 175, pp. 1084–1102.

---

## 計畫成果自評

本研究為兩年期計畫，主要是藉由 CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) 流程模型，探討當製造商零件的供貨來源有兩種時：(1)向外部供應商訂購的新零件、(2)由再製造中心利用回收品進行再製造生產的再生零件，在符合相關環保法令規範及考量因應不確定性之備料庫存等成本最小下，提出一製造商、外部供應商及再製造中心三者的協同運作機制與訂單預測模型，產生回收再製造量及新零件訂單預測量的建議值。研究內容與原計畫完全相符，並達成計畫預期目標；現正著手將研究成果整理成文章，以便投稿於適當學術期刊。謹將本計畫之研究成果的貢獻說明如下：

- (1) 學術方面：之前於逆向運籌的研究，對於再製造中心的製造量和向供應商採購新零件的訂購量的決定，多是在需求率及回收率為常數的假設下進行；而於 CPFR 的研究，則多著重在正向運籌的導入效益與預測模型等議題，而對於涵蓋逆向運籌 / 再製造活動策略時的協同機制與預測模型則少有提及。本研究提出一製造商、外部供應商及再製造中心三者的協同運作機制與訂單預測模型，考量當需求率、回收率為隨機變數及需符合相關環保法令規範、回收與採購等存貨管理總成本最小的情況下，決定再製造中心的經濟再製造量和向供應商採購新零件的經濟訂購量。
- (2) 實務方面：環保的意識抬頭及政府立法的大環境下，逆向運籌的採行是必然的趨勢，亦是企業主必須面對的課題。本研究所提出之協同運作機制與訂單預測模型，可做出符合企業效益的回收再製造及新零件訂購決策，以減少企業面對環保法令規範與客戶要求下，帶給企業管理上的衝擊。

附件：

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

97年10月27日

報告人姓名	林我聰	服務機構 及職稱	政治大學資訊管理學系 教授
會議	時間	7/7/2008 - 7/9/2008	本會核定 補助文號 NSC 95-2416-H-004-050-MY2
	地點	Seoul, Korea	
會議 名稱	(中文) (英文) 2008 International Conference on Business and Information (BAI 2008)		
發表 論文 題目	(中文) (英文) A Reputation-Based Model for Selecting Collaborative Partners with High Level of Initial Trust		
報告內容： 一、參加會議經過 Business and Information (BAI) 國際學術會議本年度(2008)由 University of Hanyang, Korea 與 ATISR 共同主辦，於 7/7/2008 至 7/9/2008 在韓國首爾 (Seoul, Korea) 舉行。本次研討會共有來自全球 39 個國家的 700 篇文章投稿，最終錄取 465 篇；會議中除論文的發表，並作相關研究成果的討論與意見的交流。會議之議程為：7/7 報到及聯誼，7/8 及 7/9 兩天論文發表與研討；本人於會議中發表之論文題目為「A Reputation-Based Model for Selecting Collaborative Partners with High Level of Initial Trust」，論文全文附於本心得報告之後。			

## 二、與會心得

本次會議所發表之 465 篇論文可分為 23 個領域：

1. Accounting
2. Business Administration
3. Business Policy and Strategy
4. Economics
5. Electronic Commerce
6. Entrepreneurship
7. Financial and Banking
8. Health Care Administration
9. Human Resource
10. Information System and Technology
11. International Business
12. Management and Organization Behavior
13. Management Education
14. Management Information Systems
15. Managerial Consultation
16. Marketing
17. Operations Management
18. Organizational Development and Change
19. Non-Profit Sector Management
20. Research Methods
21. Social Issues in Management
22. Technology and Innovation
23. Web Technology and Management

與會之發表人員皆能就其論文題目及所屬研究領域，提出頗為深入的想法與創見；同時藉由和發表人員的面對面討論與意見交流，更能掌握其研究成果的精髓，及觸發可能之研究議題。

### 三、建議

1. 隨著所處外在環境愈趨複雜且變化快速，企業需處理之資訊愈趨繁多且多樣化，過往以決策者個人之經驗法則為依歸的決策制訂方式，已難以制訂出令人滿意的決策品質；決策制訂相關技術之學術研究近年來發展迅速，然實務界瞭解、應用並不多，可加強此方面之宣導。
2. 隨著知識經濟時代的來臨與資訊科技的快速發展，企業組織應如何提昇其知識管理與應用的能力，及善用資訊科技創新其經營模式、改善其經營體質與決策制訂模式，以強化企業整體競爭力等相關議題是我們需重視、關心的；應多加鼓勵、補助相關研討會及計畫等活動的進行。
3. 與會人士均表示產學合作之重要性，應多加鼓勵、獎助國內產學合作活動之進行。

### 四、攜回資料名稱及內容

1. 會議議程手冊(紙本)
2. 會議論文集(光碟片)

# **A Reputation-Based Model for Selecting Collaborative Partners with High Level of Initial Trust**

*Le-Hui Chen and Woo-Tsong Lin*

*Department of Management Information Systems, National Chengchi University  
64, Sec. 2, Chihnan Rd., Mucha Dist, Taipei 116, Taiwan  
{d92506, lin}@mis.nccu.edu.tw*

## **ABSTRACT**

The problem of partner selection has become one of the most important issues for establishing an effective collaborative supply chain system. One of the obstacles to implementing collaborative environment is lack of trust among participants in terms of sharing sensitive information. Empirical testing demonstrated the reputation of business transaction partner that significantly and positively impacts level of trust. Accordingly, partner reputation is a critical trust-building factor for individuals with no previous track record with a particular firm. This study proposed a model that adopts the reputation system and referral networks for selecting collaborative partners, who are strangers to the requestor, with high level of initial trust in three trust types such as competence, goodwill and predictability. The experiment was designed to test the model that can help the requestor enterprise to select a highest initial-trusted partner among multiple candidates. The results showed that the candidate with fine temperament was selected far more often than other competitors, over the probability 50%, after multiple tests of computer simulation. Moreover, we also identified the critical factors that most affect the results of this model and the critical value of the critical factors to make this model select a most reputable candidate.

Keyword: Collaboration, Collaborative supply chain, Partner selection, Reputation system, Referral Networks

## **1. INTRODUCTION**

The changing business environment (i.e., changeable demand, decreased customer loyalty, shorter product life cycles, mass-customized production, etc.) forces enterprises to lower their costs, increase product and service quality to survive. In this situation, the supply chain should respond quickly and collaboratively (Chan & Chan, 2005). Powell (1987) noted that changing environmental conditions lead to inter-firm collaboration. Beyond the buyer-supplier transaction relationship, firms can develop collaborative relationships like inter-organizational knowledge sharing, knowledge creation, and knowledge usage as firms jointly work towards performing various activities such as research, design, production, marketing, and logistics (Holsapple & Singh, 2000). Cases have shown that enterprises are increasingly collaborating with their partners, thereby shifting the nature of the traditional buyer-seller relationship from one that was adversarial to one that is collaborative (Tapscott, 2000).

Failure to take adequate care in selecting the right collaborative partners is a critical contributor to collaboration failure. Relationships among participants in collaborative supply chain as virtual business relationships may be characterized by project-based manner, neither without past history of interaction, nor any plan for future cooperation. This does not mean that trust can not exist in temporary groups; on the contrary, trust in initial relationships can often be high (Kasper-Fuehrer, & Ashkanasy, 2001). Trust is an important factor in

collaborative supply chain and virtual organization/enterprise (VO/VE); similarly, trust is a critical factor in fostering commitment among supply chain partners. Lack of trust among supply chain partners frequently leads to inefficient performance owing to increasing transaction costs associated with the verification, inspection and certification of trading partners (Kwon & Suh, 2004). Partner reputation is a critical trust-building agent for individuals with no previous track record with a particular firm (Kwon & Suh, 2004; Koufaris & Hompton-Sosa, 2004). Personal experience typically is more important in establishing trust than second hand referrals, but in the absence of personal experience, trust is often based on recommendations from others (Josang, Ismail & Boyd, 2007).

This study proposed a model to select a collaborative partner with high level of initial trust, whom the requestor enterprise (as trustor) has no previous experience to collaborate with. First, the trustor gathered the testimonies of three trust types (e.g. such as, competence, goodwill and consistent behavior/ predictability) about candidates from third parties (as raters) with previous experiences of collaborating with the trustees, using the referral networks and reputation system. Subsequently, the testimonies were translated into the score of “initial-trust” due to the trust level was not obtained for long-term friendships, but for initial relationships. Finally, the trustor selected the candidate who obtained the highest initial-trust score to be the collaborative partner.

The experiment was designed to test the model that can help the requestor enterprise to select the partner with high initial trust. The results of computer simulation showed that the candidate with finest temperament was selected far more often than other candidates after multiple tests of simulation, in a specific combination of value for the specific factors. Further, we identified the critical factors, such as the number of initial friends of the trustor and searching degree in the referral networks, that most affect the results of our model by using the ANOVA test. Finally, the critical value of the critical factors also be identified that make the results of the selection more stable. This model can also be implemented as a decision-making tool by intelligent software agents capable of automating the partner selection process, reducing the searching costs, and then accelerate the implementation of collaborative supply chain.

The rest of this paper is structured as follows. Section 2 reviews related works. In Section 3, we describe the details of our model, and Section 4 presents the experiment and results. In Section 5, we present our conclusions

## **2. RELATED WORKS**

### **2.1 Collaborative supply chain**

As in the new business era, supply chain management (SCM) is considered as a medium for achieving short-term economic benefits and gaining long-term competitive advantages. The rapid evolution of traditional supply chain and outsourcing practice leads to a growing trend consists of tasks performed by autonomous teams of a small number of people or small and medium enterprises (SMEs), set up as independent contractors or small firms and linked by a network. Furthermore, the emerging paradigm of collaborative networked organization (CNO), as virtual enterprise/organization (VE/VO), or collaborative network, fundamentally change the way that commercial industry, culture, and social activities are organized (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2004). These types of organizations, usually in the project-based manner or come together in contemporary arrangement, appear in the field of



design for manufacturing, in software development, or in the film industry. These networks of organization can support SMEs to identify and exploit new business potentials, to boost innovation, and to increase their knowledge.

The relationships between supply chain members are categorized by AMR (1998), and they were identified as (1) transactional relationship, (2) information sharing relationships, and (3) collaborative relationships. Additionally, collaborative relationships enable trading partners to work together to better understand future demand and to put plans in place to satisfy it profitably. Furthermore, in this type of relationship, information is not just exchanged and transmitted, but it is also jointly developed by the buyer and with the seller.

## **2.2 Inter-Organizational Trust**

Trust is an important factor in collaborative supply chain and virtual organization/enterprise (VO/VE); similarly, trust is a critical factor in fostering commitment among supply chain partners. Lack of trust among supply chain partners frequently leads to inefficient performance owing to increasing transaction costs associated with the verification, inspection and certification of trading partners (Kwon & Suh, 2004). However, trust is not a simple phenomenon and encompasses constructs as diverse as ethics, morals, emotions, values, and natural attitudes (Kasper-Fuehrer & Ashkanasy, 2001).

Ratnasingam (2005) proposed three types of inter-organizational trust existed in B2B e-commerce: competence, predictability, and goodwill trust. First, competence trust determines the ability, skills, competence, and technical knowledge of trading partners to transact correctly. Second, predictability trust depends on the ability of one party make forecasts, predictions and judgments regarding their partner based on previous experience. Finally, goodwill trust involves dependence on the care, concern, honesty and benevolence of a trading partner.

## **2.3 Initial Trust and Reputation**

Trust has traditionally been studied in terms of long-term relationships; accordingly, trust builds incrementally and accumulates over time. Relationships among participants in collaborative supply chain as virtual business relationships may be characterized by project-based manner, neither without past history of interaction, nor any plan for future cooperation. This does not mean that trust can not exist in temporary groups; on the contrary, trust in initial relationships can often be high (Kasper-Fuehrer, & Ashkanasy, 2001). Additionally, Jarvenpaa and Leidner (1998) noted that trust is crucially important in new and temporary organizations, since it acts as a substitute for the traditional mechanisms of control and coordination.

Koufaris believed that initial trust beliefs can be formed without any prior experience or interaction between two parties. Hampton Sosa demonstrated that perceived reputation positively influenced initial trust in a firm; restated, despite the lack of previous experience with a company, new customers could form opinions regarding its reputation, and these perceptions impacted their initial trust in the company. Kwon and Suh (2004) demonstrated that partner reputation in business transactions significantly and positively impacts level of trust; similarly, partner's reputation is a critical trust building factor for individuals with no experience of interaction with a firm, but base their willingness to do business solely on partner reputation in the market.

## **2.4 Reputation System and Referral System**

Reputation is defined as ‘what is generally said or believed about the character or standing of a person or thing’. Additionally, reputation system is based on allowing parties to rate each other, and to use the aggregation information as ratings of a specific party and derive the score in the form of reputation or trust, which can assist other parties in deciding whether to do business with that party in the future (Josang, et al., 2007). Reputation system contains two fundamental aspects to consider (Josang & Ismail, 2002):

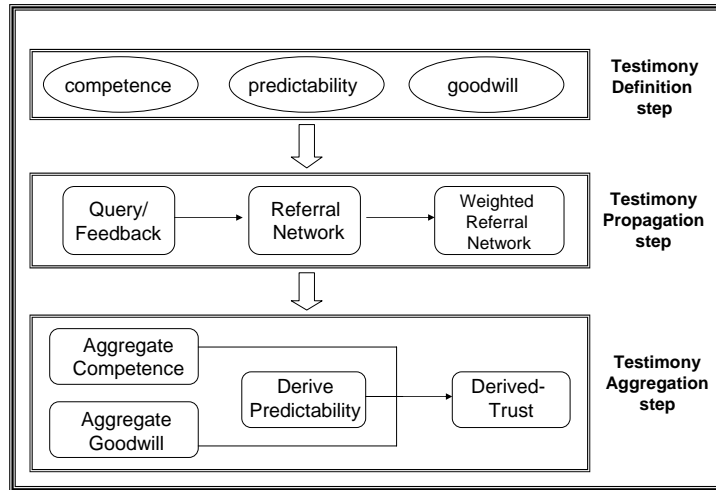
- Propagation mechanism: This enables entities to obtain the needed information to calculate reputation score.
- Reputation engine: This calculates the value of user reputation ratings using various inputs, including feedback from other parties.

The referral system can be used to identify available resource or target partners in the distributed environment called a referral network. The basic idea of this concept is that a query, specifying the information sought by the requestor, is sent to selected acquaintances, with the response, if given, then including an answer or a referral. Parties answer only if they are reasonably confident that their expertise matches the query. On the other hand, a referral is given only if the referring party has sufficient confidence in the relevance of the party being referred (Yu & Singh, 2003).

### **3. A TRUSTED PARTNER SELECTION MODEL**

#### **3.1 Overview**

This study develops a model that a trustor selects a collaborative partner with high level of initial trust among numerous trustees using a reputation system and referral networks. The proposed model contains three steps: namely, (1) testimony definition step, (2) testimony propagation step and (3) testimony aggregation step (see Fig. 1). First, during the testimony definition step, the required information elements (i.e. ratings, past history and performance etc.) are defined. Second, during the testimony propagation step, the testimonies, obtained from raters with previous experience of interacting with the trustees, contain not only the subjective perceptions from raters, but also the objective data. In other words, the trustor requests testimonies of trustees from trusted neighbors. If the neighbor is a rater, he returns the testimonies; on the other hands, neighbors with no previous contact with the trustee may return the referral and recommend others who may be able to provide the testimonies. Subsequently, the trustor constructs a referral network for all related members and calculates their weights.



**Fig. 1.** The trusted partner selection model

During the testimony aggregation step, the trustor has collected the required testimonies and then translated into the initial-trust scores in competence, goodwill and predictability. Finally, the trustor aggregates these scores of three trust types into the score of initial-trust for each trustee, and selects the best one to be collaborative partner.

### 3.2 Testimony definition step

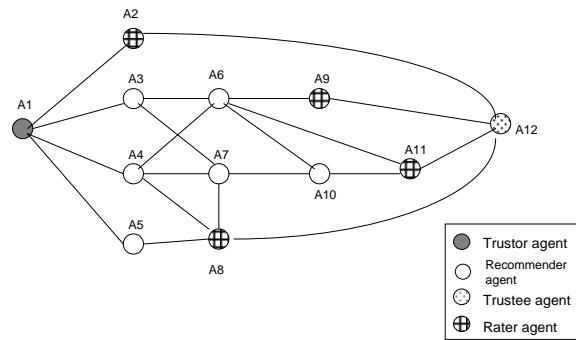
Josang et al. (2007) depicted that the first fundamental question in the research agenda for trust and reputation system was ‘what information elements are most suitable for deriving measures of trust and reputation in a given application’. However, the reputation system about partner selection in the collaborative supply chain is not similar with the reputation system in C2C or B2C environment that simply depends on the subjective perception of raters like binary ratings as ‘trust / not trust’, or discrete ratings as ‘very trust’, ‘trustworthy’, ‘untrustworthy’, and ‘very untrustworthy’. Actually, the reputation system not only based on the subjective ratings by the end user, but also with the objective view of performance history (Kalepu et al., 2004).

Testimonies used in reputation systems related to potential collaborative partners in B2B environment not only consider skill, technical knowledge and abilities, but also consistent behavior, care, concern, honesty and benevolence etc. This study thus adopts the definition of trading partner trust proposed by Ratnasingam (2005) who identified three types of inter-organizational trust like competence, predictability, and goodwill trust.

### 3.3 Testimony Propagation Step

Like the social behavior of human beings, the trustor  $A1$  searches for the rater  $A12$  via friends or friends of friends (as recommenders, e.g. such as,  $A2$ ,  $A3$ ,  $A4$  and  $A5$ ). The trustor issues the request to his neighbors and obtains the associated information, in the form of testimonies or referral, from raters or recommenders respectively. The trustor receives testimonies while the recommender is a rater; on the other hand, the trustor receives referrals while the recommender with no previous interaction history with the trustee. Based on the received messages, the trustor constructs referral networks as social relationships involving related participants (see Fig. 2).

Referral networks resemble social networks containing nodes, edges, as well as relationship degree and strength. Relationship strength in referral networks describes the number of times for interaction between two adjacent nodes. Josang and Pope (2005) demonstrated how trust was weakened or diluted through transitivity. Accordingly, this study adopts the method of Yu & Singh (2003) to weigh the referral networks. Each node and edge in the referral networks is weighted (Chen & Lin, 2007).

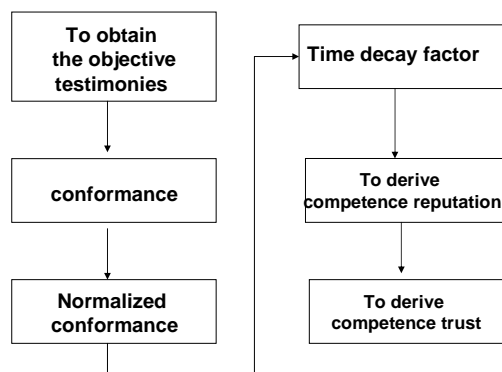


**Fig. 2.** The referral networks

### 3.4 Testimony Aggregation Step

#### 3.4.1 Aggregation of Competence Trust

In this study, the competence trust is derived from the conformance of objective data. The conformance measures the difference of each indicator between the value of contract, signed by the rater and trustee before each transaction, and the value of actual performance that the trustee fulfilled the contract after each transaction. The conformance was then normalized and dealt with time decay factor. Subsequently, the normalized conformance was obtained to yield the competence reputation that leads to the derivation of competence trust. The competence trust is obtained as Figure 3:



**Fig. 3.** To aggregate the competence trust

### 3.4.2 Aggregation of Goodwill Trust

One obstacle to implementing a collaborative supply chain environment is the lack of goodwill among participants in sharing sensitive information. The process to derive goodwill trust was described as Figure 4. First, the subjective ratings of goodwill indicators are collected and the testimonies are then processed by filtering out unfair ratings and dealing with time decay. Subsequently, the subjective ratings are transformed into goodwill reputation scores that can be used to derive goodwill trust.

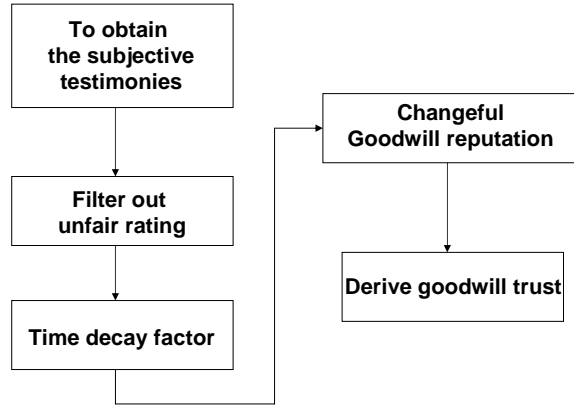


Fig. 4. To aggregate the goodwill trust

### 3.4.3 To derive the predictability trust

Predictability trust implies consistent behavior of trading partner and indicates partner reliability. This study thus defines predictability trust as being derived from the predictability of competence and goodwill (see Fig. 5). Additionally, the competence predictability is derived from variance of competence reputation during numerous interactions between the trustee and multiple raters; similarly, the goodwill predictability is derived from variance of goodwill reputation during numerous interactions between the trustee and raters. The ultimate aim of this method is to identify a collaborative partner with high initial trust level of competence and goodwill and low variance of the performance about two kinds of trust types.

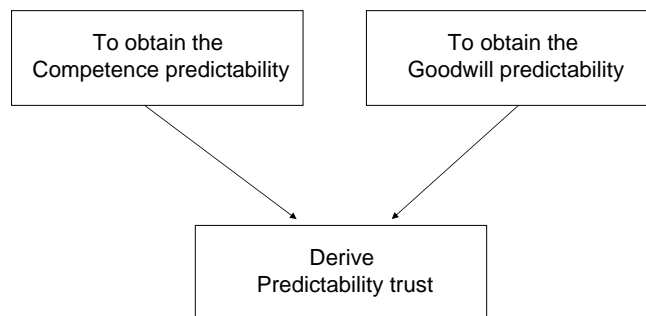


Fig. 5. To derive the predictability trust

### 3.4.4 Obtaining Initial-Trust

Finally, the initial-trust  $dt_{AT_j}(\alpha)$  was obtained by the weighted terms of competence trust  $Comp_{AT_j}$ , goodwill trust  $GW_{AT_j}$ , and predictability  $Pr ed_{AT_j}$ .

$$dt_{AT_j}(\alpha) = (W_c \times Comp_{AT_j} + W_g \times GW_{AT_j}) \times Pr ed_{AT_j}, \quad W_c + W_g = 1$$

## 4. Experiment

A model was developed in this study to select trusted partners with fine trust characteristics like competence, goodwill and predictability via reputation system and referral networks in a collaborative business environment. An experiment, a computer simulation, was developed to test the ability of this model that helps the trustor enterprises to select a trusted trustee in certain values for certain factors. Therefore, there are four objectives to evaluate the model:

- To evaluate the model that can help the trustor to select partners who have high level of initial trust with a high probability by using reputation system and referral networks.
- To identify the critical factors that most affect the results of the model.
- To identify the critical values of the critical factors that make our model select a most reputable trustee.

### 4.1 Experiment Design

An experiment was developed to achieve the objectives previously mentioned. First, a computer simulation was designed to demonstrate that the model is an effective way to help trustor enterprises to select a partner with fine characteristics in trust types as competence, goodwill and predictability. Second, a 2k factorial design for the simulation was created to identify the critical factors by using multivariate statistical analysis method as ANOVA test. Third, a 5k factorial design was created to identify the critical values of the critical factors by using ANOVA test. Three experiments were described as below:

#### 4.1.1 Partner Selection

During the simulation for partner selection, numerous agents were created in the agent community. Additionally, each agent has various numbers of friends who can recommend others to search the raters. The raters that were identified are weighted according to the position in the referral networks; then, the testimonies of trustee agents were obtained and calculated into initial trust score. During each process for selecting partners called “partner-selection”, the trustor agent selects one trustee agent with highest initial trust score to be a partner. After numerous “partner-selections” (e.g., 500 times) called “one round of partner-selections”, the number of times was obtained that each trustee agent was selected by the trustor agent. If the trustee agent, with high level of trust in competence, goodwill and predictability, was selected far more often than other competitors, the model can be manifested as an effective way to select a trusted partner.

The experiment of partner selection contains two steps: (1) environment setting step, and (2) partner selection step. During the environment setting step, numerous agents were created

and the roles of agents like trustee, raters, and recommenders were defined. During the partner selection step, the trustor agent was selected from agent community in the beginning of the “partner-selection” and then to search the raters from his friends and friends of friends; additionally, the referral network was constructed and the raters that were identified are weighted, and the initial trust scores for trustee agents were then calculated.

#### 4.1.1.1 Environment setting step

In the environment setting step, many agents were created to form an agent community, simulating an enterprise selecting a trusted partner in a collaborative business environment. The environment of the agent community was defined as follows:

- An agent community was created with  $M$  agents.
- Eight agents were chosen from the agent community to be trustee agents (named AH, BH, CH, DH, AL, BL, CL, DL). Each trustee agent had a given level of performance in competence, goodwill and predictability.
- $N$  rater agents were randomly chosen for each trustee agent from the agent community.
- $P$  recommender agents were randomly chosen for each rater agent from the agent community.
- The searching degree  $S$  was defined such for the trustor agent to identify the rater agents in a searching path of referral networks.
- The collaboration threshold was set to 0.

The eight trustee agents were assigned various probabilities of performing well the trust types of competence ( $\alpha$ ), goodwill ( $\beta$ ) and predictability ( $\gamma$ ) (see Table 1).

Good performance in these characteristics was denoted as “H”, while bad performance was given as “L”. In other words, if a trustee agent had a performance “H”, he would behave well with a high probability of 0.8, while a trustee agent had a performance “L” would he behaves well with a low probability of 0.2.

**Table 1.** The various natures of the trustee agents

trustees	Competence ( $\alpha$ )	Goodwill ( $\beta$ )	predictability ( $\gamma$ )
AH	H	H	H
BH	H	H	L
CH	H	L	H
DH	H	L	L
AL	L	H	H
BL	L	H	L
CL	L	L	H
DL	L	L	L
H=0.8		L=0.2	

The rules for obtaining competence reputation  $Z^{R_i}$  are listed as Rule\_Comp.

- Rule\_Comp:

- When  $\alpha$  is “H”

*If random\_number (i)  $\leq 0.8$  then*

$$0.5 \leq Z^{R_i} \leq 1$$

*else*

$$0.1 \leq Z^{R_i} < 0.5$$

- When  $\alpha$  is “L”

*If random\_number (i)  $\geq 0.2$  then*

$$0.1 \leq Z^{R_i} < 0.5$$

*else*

$$0.5 \leq Z^{R_i} \leq 1$$

The initial-trust score of competence can then be calculated using Eqn. (7) in Section 3.

The rules for deriving the goodwill reputation  $\bar{T}^{R_i}$  are listed as Rule\_GW:

- Rule\_GW:

- When  $\beta$  is “H”

*If random\_number (j)  $\leq 0.8$  then*

$$0.5 \leq \bar{T}^{R_i} \leq 1$$

*else*

$$0.1 \leq \bar{T}^{R_i} < 0.5$$

- When  $\beta$  is “L”

*If random\_number (j)  $\geq 0.2$  then*

$$0.1 \leq \bar{T}^{R_i} < 0.5$$

*else*

$$0.5 \leq \bar{T}^{R_i} \leq 1$$

The score of initial goodwill trust can then be derived by utilizing Eqn. (11) in section 3.

Finally, the initial predictability trust score  $Pr ed_{AT_j}$  was determined by adopting the rules as

Rule\_Pred:

- Rule\_Pred:

- When  $\gamma$  is “H”

*If random\_number (k)  $\leq 0.8$  then*

$$0.5 \leq Pr ed_{AT_j} \leq 1$$

*else*

$$0.1 \leq Pr ed_{AT_j} < 0.5$$

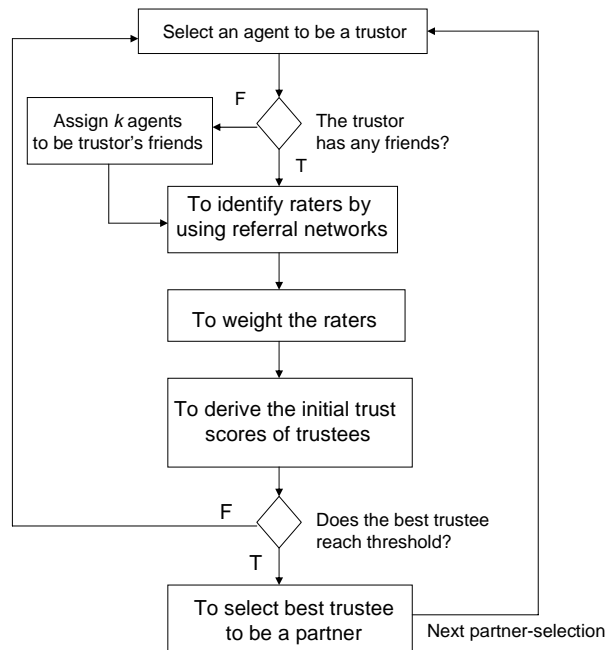


- When  $\gamma$  is “L”
  - If  $\text{random\_number}(k) \geq 0.2$  then
    - $0.1 \leq \text{Pred}_{AT_j} < 0.5$
  - else
    - $0.5 \leq \text{Pred}_{AT_j} \leq 1$

#### 4.1.1.2 Partner selection step

During the partner selection step, the agents with various roles (e.g., trustor, recommender, rater and trustee) interacted to identify the rater agents and determine their weights. The testimonies were then aggregated into the initial-trust score. The trustor agent then selected the trustee with the highest score as a collaborative partner (see Fig.6).

The “partner-selection” process was run 500 times, constituting “one round of partner-selection”. The number of times each trustee agent was selected by the trustor agent was observed. The most frequently selected trustee agent with fine characteristics (e.g., AH) was derived to determine the model’s effectiveness in selecting suitable collaborative partners.

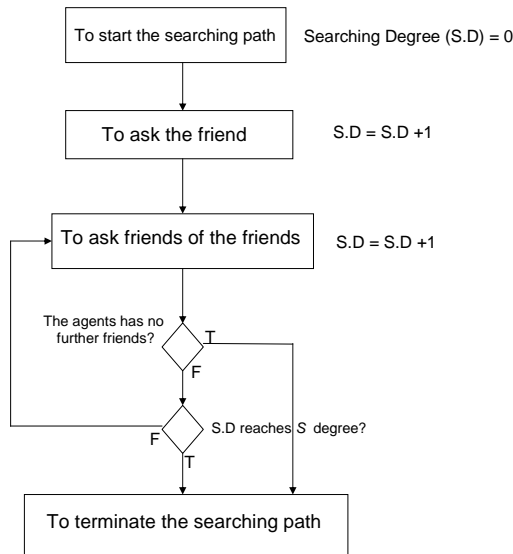


**Fig. 6.** The process of the “partner-selection”

#### The searching path in the referral networks

In the “partner-selection” phase, the trustor agent was randomly chosen from the agent community. If the trustor agent had no friends, then k friends were assigned to him. These friends could have been recommenders, raters, trustees or agents with no information for further recommendations. Figure 7 illustrates the searching path to identify the raters. The searching degree (S.D) was initially set to zero, and the trustor agent initiated the search path by asking his friends to act as recommenders. The S.D was then incremented by one, and the search path was extended to the friends of the friends of the trustor agent. If the agents, such as friends of the friends, had no further friends to provide recommendation, or the searching

path reached a previously defined threshold of  $S$  degrees, then the searching path was terminated. The trustor agent then constructed the referral networks containing the recommender agents, identified rater agents and identified trustee agents after all searching paths were terminated.



**Fig. 7.** The life cycle of a searching path

### Weighing the identified raters

The trustor agent constructed the referral networks and then derived the weights of the raters. The following rules were utilized to determine the weights of the rater agents:

- The searching path  $SP_i$  was represented as a set that contains  $m$  agents (e.g.,  $SP_i = \{ag12, ag66, \dots\}$ ).
- The threshold was defined as  $\theta$ .
- The rater  $ag_i$  was the  $n$ th element in  $SP_i$  and the  $p$ th element in  $SP_k$ .
- The weight of the rater  $ag_i$  was calculated as:  $wr_{agi} = \left(\frac{1}{\theta}\right)^{n-1} + \left(\frac{1}{\theta}\right)^{p-1}$

### 4.1.2 To Identify the Critical Factors

After each process of “partner selection”, the trustor agent selects one trustee agent or not to be a partner. Therefore, “one round of partner selection” may obtain the number of times that each trustee agent that was selected by the trustor agent. The simulation of the experiment was programmed by Java language and the factors or parameters for the simulation are described as Table 2.

**Table 2.** The parameters in the simulation

<b>Parameters</b>	<b>Description</b>
<b>AgNo</b>	The number of agents in the agent community.
<b>RaNo</b>	The number of rater agents for each trustee agent.
<b>ReNo</b>	The number of recommender agents for each rater agent.
<b>IFNo</b>	The number of friends assigned by the system when the trustor has no any friend initially.
<b>SDNo</b>	The searching degree for each searching path in the referral networks.
<b>PSNo</b>	The number of times for each “round of partner selections”.
<b>RoNo</b>	The number of “round of partner selections”.
<b><math>\Theta</math></b>	The threshold for calculating the weights of raters.
<b><math>W_c</math></b>	The weights of trust type “competence”.
<b><math>W_g</math></b>	The weights of trust type “goodwill”.

For identifying the critical factors which most affect the results of the simulation, a 2k factorial design was developed that includes factors like RaNo, ReNo, IFNo And SDNo. The values of 2k factorial are ‘3’ and ‘6’ (see Table 3.). The results of each factor combination are the number of being selected by trustor agent for each trustee agent during “multiple rounds of partner selections”. This study focuses on the results of selections for the fine trustee agent ‘AH’. However, the ‘AH%’ represents the percentage that the number of selections for ‘AH’ in the total number of selections for “one round of partner selection”. Further, the ‘average AH%’ represents the mean of AH% for “m rounds of partner selections”.

Each factor combination runs multiple rounds (e.g., 50 times) of “partner-selections”. We hope to identify the specific factor combination and critical factors that may result in high mean as “average\_AH%” and low variation of “AH%” during multiple rounds of “partner-selection”. The results of all factor combinations are processed by multivariate statistics analysis as 4-way ANOVA test for identifying the effect power of each factor and their interaction effects. Finally, the critical factors can be observed that most affect the results in the simulation.

Table 3.  $2^k$  factorial design

<b>Factor combination (design point)</b>	<b>RaNo</b>	<b>ReNo</b>	<b>IFNo</b>	<b>SDNo</b>
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>8</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>9</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>10</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>11</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>12</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>13</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>14</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>15</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>16</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

#### 4.1.3 To Identify the Critical Values of the Critical Factors

For identifying the critical value of the critical factors, a 5k factorial design was developed to test the experiment. The term ‘k’ represents the number of critical factors and the value of critical factors is ranged as [2,6].

The values of the parameters for the simulation were defined as follows:

- The AgNo = 1000.
- The PSNo = 500.
- The RoNo = 30.
- The RaNo. and ReNo. are combined and ranged as {22, 33, 44, 55, 66}. That is, the term ‘22’ represents RaNo = 2 and ReNo = 2.
- The INFNo is ranged as [2,6].
- The SDNo is ranged as [2,6].

The results of each factor combination were processed by using ANOVA test. First, the “AH%” of each “round of partner-selections” for all factor combinations was tested for homogeneity of variance. Second, the factor combinations were filtered out if their “AH%” with high variance as standard deviation and could not pass the test for homogeneity of variance. Third, the one-way ANOVA test was processed and the multiple comparison and

homogeneous subset for the filtered factor combinations were obtained. Finally, we can observe and identify the critical factor combinations and critical values for critical factors.

## 4.2 Experiment Results

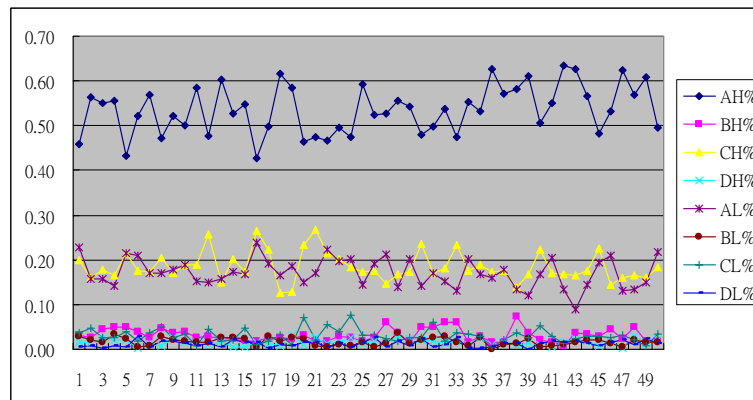
In the computer simulation, the programs for environment setting and partner selection are coded by Java; additionally, the tests for identifying critical factors and critical values of critical factors are tested by ANOVA test and processed by using software package SPSS v.15.0 for Microsoft Windows.

### 4.2.1 Multiple rounds of partner selection

The four “partner-selections” as PS1, PS2, PS3 and PS4 runs 50 times and named as MPS, MPS2, MPS3 and MPS4. The parameters are defined as below:

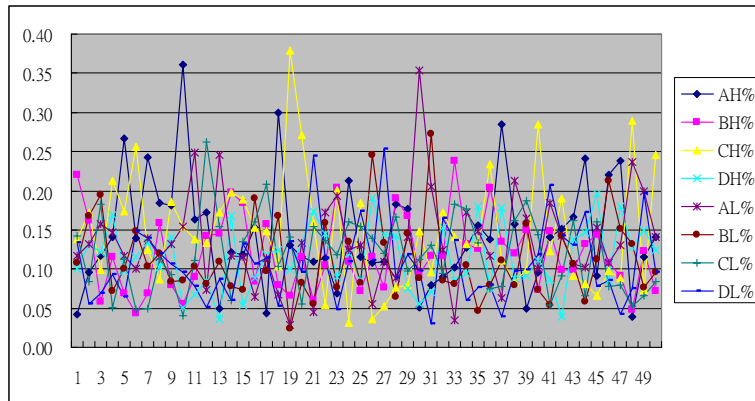
	AgNo	RaNo	ReNo	IFNo	SDNo	PSNo	RoNo
<i>MPS1</i>	1000	5	3	5	6	500	50
<i>MPS2</i>	1000	5	3	5	3	500	50
<i>MPS3</i>	1000	3	3	3	3	500	50
<i>MPS4</i>	1000	6	6	6	6	500	50

In the simulation as MPS1, 50 values for each trustee agent as AH%, BH% and CH% etc. are obtained. The Figure 8 demonstrates that the trustee agent ‘AH’ performs well over 50 rounds of “partner-selection”, and we may obtain that the means of ‘AH’ as Average\_AH% = .54 and standard deviation for AH% = .054.



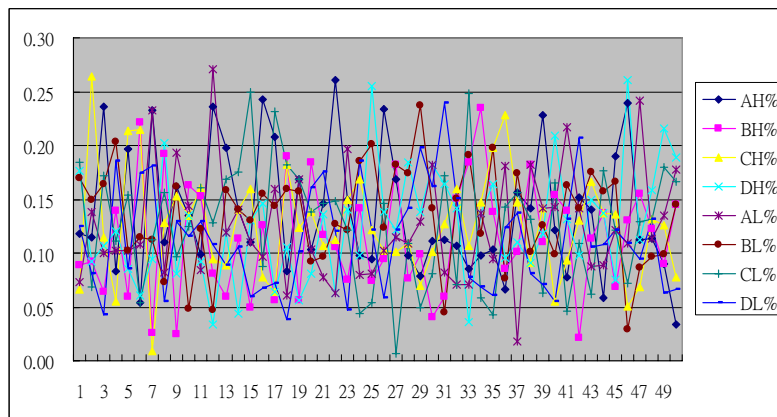
**Fig. 8.** The results of MPS1

On the other hands, the results of the simulation as MPS2 are shown as Figure 9. There is no any trustee agent performs well over 50 times of simulations, and we may obtain the Average\_AH% = .14 and standard deviation for AH% = .07.



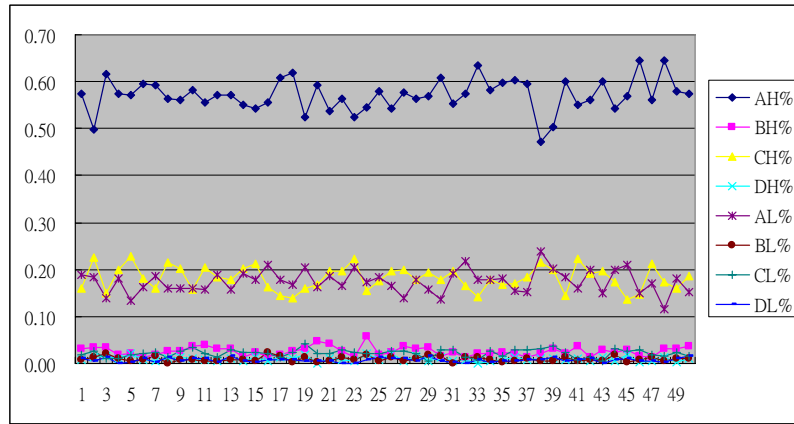
**Fig. 9.** The results of MPS2

The Figure 10 demonstrates that no trustee agents perform well in this factor combination over 50 times of simulation MPS3. The results show that the Average\_AH% = .14 and standard deviation for AH% = .057.



**Fig. 10.** The results of MPS3

The last case MPS4 demonstrates that the trustee agent ‘AH’ also performs well and wins selections far more often than other trustee agents over multiple selections (see Fig. 11) in this factor combination. The results of the simulation show that the Average\_AH% = .57 and standard deviation for AH% = .03.



**Fig. 11.** The results of *MPS4*

#### 4.2.2 Critical Factors

The results of experiments as MPS1, MPS2, MPS3 and MPS4 demonstrate that the specific values for specific factors may seriously affect the performance of the model to select a fine trustee agent as ‘AH’ to be a collaborative partner. During the experiment, a factorial design is developed by using ANOVA test to identify the critical factors that most affect the partner selection for ‘AH’.

The 2k factorial design, as Table 3, was developed and all the 16 factor combinations performs 30 rounds of “partner-selections” and then obtains the results as ‘AH%’ for each round of selection.

The 4-way ANOVA test was used for identifying the most effective factors that cause the most portion of total variation for the results of the simulation. The confidence interval was 99% ( $\alpha=.01$ ), and the test of between-subjects effects is shown as Table 4.

The term ‘source’ in Table 4 lists the individual factor and the interaction between the factors. Besides, the ‘partial-Eta-squared’ means “the proportion of total variability attributable to a factor” and is ranged as [0,1]. From the results by ANOVA test, the factors that mostly contribute to the total variation can be obtained. That is, we observe the significances (as sig.) for ‘IFNo’, ‘SDNo’, and ‘IFNo\*SDNo’ are less than .01 and the ‘partial-Eta-squared’ for ‘SDNo’ = .855, ‘IFNo’ = .227 and interaction effect as IFNo\*SDNo is .168. Finally, the number of initial friends for trustor agent and the searching degree in each searching path (as SDNo and IFNo) are two critical factors that mostly affect the results of the model.

**Table 4.** The test of between-subject effects

Source	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	221.787	0.000	0.877
Intercept	9171.726	0.000	0.955
RaNo	5.530	0.019	0.013
ReNo	6.284	0.013	0.014
IFNo	127.368	0.000	0.227
SDNo	2555.503	0.000	0.855
RaNo * ReNo	0.164	0.686	0.000
RaNo * IFNo	0.153	0.696	0.000
ReNo * IFNo	0.210	0.647	0.000
RaNo * ReNo * IFNo	2.563	0.110	0.006
RaNo * SDNo	0.738	0.391	0.002
ReNo * SDNo	0.113	0.737	0.000
RaNo * ReNo * SDNo	0.168	0.682	0.000
IFNo * SDNo	87.561	0.000	0.168
RaNo * IFNo * SDNo	2.440	0.119	0.006
ReNo * IFNo * SDNo	2.134	0.145	0.005
RaNo * ReNo * IFNo * SDNo	.	.	0.000

a. Computed using alpha = .01

b. R Squared = .877 (Adjusted R Squared = .873)

### 4.2.3 Critical Values for Critical Factors

Two factors as ‘IFNO’ and ‘SDNo’ are identified as the critical factors to affect the performance of the model. Next, an ANOVA test is designed to identify the critical values for these two factors that make the model selects the trustee agent ‘AH’ with high “average\_AH%” and low variance of AH% during multiple rounds of “partner-selections”.

#### 4.2.3.1 Descriptive Data of Multiple Factor Combination

The multiple factor combinations are designed and the factor combination ‘4456’ represents the RaNo = 4, ReNo = 4, INFNo = 5 and SDNo = 6. A one-way ANOVA test was processed; then, the factor combination with extreme high standard deviation is filtered out by using homogeneity test of variation. The significance of test for homogeneity of variance is .053 (sig. = .053); that is, the variances of multiple rounds of ‘partner-selections’ for ‘AH%’ among multiple factor combinations are not different.

Table 5 demonstrates the descriptive data for testing, include factor combination, number of rounds for selections (as N), mean as ‘Average\_ AH%’ (as mean), and standard deviation (as Std. Deviation).



**Table 5.** The descriptive data for ANOVA test

Factor Combination	N	Mean	Std. Deviation
3323	30	0.1200	0.0508
3324	30	0.1443	0.0507
3326	30	0.1510	0.0501
3356	30	0.5600	0.0457
3366	30	0.5723	0.0404
4423	30	0.1337	0.0482
4425	30	0.1647	0.0445
4443	30	0.1277	0.0488
4456	30	0.5580	0.0426
4465	30	0.5577	0.0458
4466	30	0.5657	0.0402
5523	30	0.1270	0.0365
5524	30	0.1657	0.0421
5525	30	0.1873	0.0421
5533	30	0.1403	0.0345
5543	30	0.1250	0.0400
5546	30	0.5257	0.0417
5553	30	0.1753	0.0391
5556	30	0.5590	0.0322
5565	30	0.5430	0.0531
5566	30	0.5593	0.0313
6623	30	0.1283	0.0323
6624	30	0.1657	0.0375
6625	30	0.1847	0.0468
6633	30	0.1503	0.0303
6643	30	0.1457	0.0455
6646	30	0.5067	0.0550
6653	30	0.1473	0.0423
6655	30	0.5373	0.0508
6656	30	0.5590	0.0387
6663	30	0.1653	0.0504
6665	30	0.5527	0.0389
6666	30	0.5673	0.0288
Total	990	0.3204	0.2040

#### 4.2.3.2 ANOVA test

After evaluating the homogeneity of variances for descriptive data, we can obtain the result of Post Hoc tests for multiple comparisons in One-Way ANOVA by using ‘scheffe’ method. The significance level is .05; namely, the confidence intervals are .95.

Finally, the homogeneous subset was obtained in Table 6. The factor combinations for selecting ‘AH’ are divided into two subsets: the lower mean and higher mean. They are illustrated as follows:

- The members in the subset 1 obtain lower means as ‘Average\_AH%’ less than .2 due to the factor combination with less searching degree (e.g., SDNo = 3) or fewer initial friends (e.g., IFNo =2). For obtaining higher Average\_AH%, the trustor agent has to increase his initial friends and searching degree simultaneously. Actually, this model is not suitable for the trustor as a newcomer in the business environment with few initial friends or less searching degree.
- The members in the subset 2 derive high Average\_AH% higher than .5 and low standard deviation less than .041 due to the trustor agent who has more initial friends (e.g., IFNo = 6) and searching degree (e.g., SDNo = 6). The analysis of critical factors was illustrated below:
  - ◆ If the IFNo  $\geq$  5 and SDNo = 5, the trustor agent can only select the trustee agent with more than four raters (e.g., RaNo.  $\geq$  4) who have more than four

recommenders (e.g., ReNo.  $\geq 4$ ). That is, the trustee with less than 4 raters can not be identified by using the model.

- ◆ If the IFNo  $\geq 5$  and SDNo = 6, the trustor agent can select the trustee agents with fewer rater agents (e.g., RaNo=3) who have fewer recommender agent (e.g., ReNo=3). That is, the trustee agent as newcomer who has fine characteristics can be selected by a trustor agent who has more initial friends and searching degree. Additionally, the factor combination with IFNo  $\geq 5$  and SDNo = 6 can make the model with high mean (Average\_AH%  $\geq .5$ ) and low variance (Std. deviation  $< .041$ ) to select a fine collaborative partner ‘AH’.

**Table 6.** The homogeneous subset of multiple selection tests

Factor Combination	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3323	30	0.1200	
5543	30	0.1250	
5523	30	0.1270	
4443	30	0.1277	
6623	30	0.1283	
4423	30	0.1337	
5533	30	0.1403	
3324	30	0.1443	
6643	30	0.1457	
6653	30	0.1473	
6633	30	0.1503	
3326	30	0.1510	
4425	30	0.1647	
6663	30	0.1653	
5524	30	0.1657	
6624	30	0.1657	
5553	30	0.1753	
6625	30	0.1847	
5525	30	0.1873	
6646	30		0.5067
5546	30		0.5257
6655	30		0.5373
5565	30		0.5430
6665	30		0.5527
4465	30		0.5577
4456	30		0.5580
6656	30		0.5590
5556	30		0.5590
5566	30		0.5593
3356	30		0.5600
4466	30		0.5657
6666	30		0.5673
3366	30		0.5723

## 5. CONCLUSION

In a collaborative environment, the enterprise has to share privacy and strategic information, like financial reports, manufacturing schedules and inventory, to his collaborative partners. The enterprise has to select a partner not only with good competence, but also with care, concern and honesty. Partner selection in traditional transaction-based B2B environments is based on candidate claims regarding their abilities, and considered competence or capability. The reputation system previously applied in B2C or C2C environments is based only on subjective ratings and general measures. The traditional methods for partner selection and the traditional reputation system thus are not suitable for

selecting trusted business partners with fine competence, goodwill and predictability / constant behavior in B2B environments.

This study developed a model for selecting a trusted partner with fine characteristics in competence, goodwill and predictability based on subjective and objective testimonies using reputation and referral system. Additionally, this study adopts objective and subjective testimonies to evaluate the trustees to eliminate unfair subjective ratings and make the reputation system more robust than traditional methods.

The experiment results indicate that the best candidates were selected far more often than other competitors in one round of partner selections, and obtained high means and low standard deviation of selections in multiple rounds of partner selections with specific combinations of parameters values. Further, the results of ANOVA test indicates that the number of initial friends and searching degree in referral networks for the trustor enterprise are two main critical factors attribute to the results of the model. Finally, critical values of the critical factors were identified that the number of initial friends greater than 5 ( $IFNo \geq 5$ ) and searching degree greater as 6 ( $SDNo = 6$ ) can make the model with high mean and low variance to select a fine collaborative partner 'AH'.

This method makes the partner selection more systematic and fair than traditional methods that only adopt subjective perception and collect testimonies from partner themselves. Meanwhile, this method can be implemented as an intelligent agent system due to the complexity and complication in the process for propagation and aggregating these testimonies. During the modeling, the roles (as trustor, recommender, rater and trustee) will be defined, and the interaction between these roles can be described.

The partner selection can be automated, but then the enterprise has to negotiate the trustee who was selected about the rules for later collaboration; that is, the model in this study can not substitute the human decision in the negotiation step. However, our model can really help the enterprise selects a reputable partner during the initial step of collaboration by using a systematic and quantitative way, and it may be implemented by using intelligent agent system for reducing searching cost and accelerate the implementation of collaboration.

## REFERENCE

- Chen, L.H., Lin, W.T., (2005). A two phases reputation-based model for selecting trusted partners. *BAI'07*, Tokyo, Japan.
- Daugherty, P.J., Richey, R. G., Roath, A.S., Min, S., Chen, H., Arndt, A.D., et al., (2006). Is collaboration paying off for firms?. *Business Horizons*, 49, 61-70.
- Dickson, G.W., (1996). An analysis of vendor selection systems and decisions, *Journal of Purchasing*. 2(1), 5-17.
- Fischer, M., Jahn, H., Teich, T., (2004). Optimizing the selection of partners in production networks. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 20, 593-601.
- Ireland, R.K., Crum, C., (2005). *Supply chain collaboration: how to implement CPFR and other best collaborative practices*. J.ROSS publishing.
- Jarvenpaa, S.L., Leidner, D.E., (1998). Communication and trust in global virtual teams. *Organization Science*, 10, 791-815.
- Jiao, J., You, X., Kumar, A., (2006). An agent-based framework for collaborative negotiation in the global manufacturing supply chain network. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22, 239-255.

- Josang, A., Ismail, R., (2002, June). The Beta reputation system. *15th Bled Electronic Commerce Conference*, Bled, Slovenia.
- Josang, A. Pope, S., (2005). Semantic constraints for trust transitivity. *APCCM'05*, Australis.
- Josang, A., Ismail, R., Boyd C., (2007). A survey of trust and reputation systems for online service provision. *Decision Support Systems*, 43, 618-644.
- Kalepu, S., Krishnaswamy, S. Loke, S. W., (2004). Reputation=f(user ranking, compliance, verity). *ICWS'04*, San Diego, California, USA.
- Kasper-Fuehrer, E.C., Ashkanasy, N.M., (2001). Communicating trustworthiness and building trust in interorganizational virtual organizations. *Journal of Management*, 27, 235-254.
- Koufaris, M., Hampton-Sosa, W., (2004). The development of initial trust in an online company by new customers. *Information & Management*, 41, 377-397.
- Kwon, I.W., Suh, G.T., (2004). Factors affecting the level of trust and commitment in supply chain relationships. *The Journal of Supply Chain Management*, 40(2), 4-14.
- Liu, F.H., Hai, H. L., (2005). The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. *Int. J. Production Economics*, 97, 308-317.
- Mikhailov, L., (2002). Fuzzy analytical approach to partnership selection in formation of virtual enterprises. *Omega*, 30, 393-401.
- Mui, L., Mohtashemi, M., Halberstadt, A., (2002). A computational model of trust and reputation. *HICSS-35'02*, Hawaii.
- NAICS, (2002). *2002 NAICS Codes and Titles*, Retrieve December 20, 2006, from <http://www.census.gov/epcd/www/naics.html>.
- Ratnasingam, P., (2005). Trust in inter-organizational exchanges: a case study in business to business electronic commerce. *Decision Support System*, 39, 525-544.
- Resnick, P., Seckhauser, R., Friedman, E., Kuwabara, K., (2000). Reputation systems. *Communication of the ACM*, 43(12), 45-48.
- Saunders, C., Wu, Y., Li, Y., Weisfeld, S., (2004). Interorganizational trust in B2B relationships. *ICEC'04*, Netherland.
- Seppanen, R., Blomqvist, K., Sundqvist, S., (2007). Measuring inter-organizational trust – a critical review of the empirical research in 1990-2003. *Industrial Marketing Management*, 36, 249-265.
- Wu, N. Su, P., (2005). Selection of partners in virtual enterprise paradigm. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 21, 119-131.
- Yu, B., Singh, M.P., (2000). A social mechanism of reputation management in electronic communities. *LNAI*, 1860, 134-165, *CIA'00*.
- Yu, B., Singh, M.P., (2003). Searching social networks. *AAMAS'03*, Australia.