

運用遺傳演算法求解在資訊分享投資考量下的多買方供應鏈協同合作模式

沈育樹、楊菁倩*、鍾峻任、林淑玲

摘要

本研究延伸單一買方的生產存貨模式為多買方存貨模式，此亦稱為多買方供應鏈協同合作模式，在考慮資訊分享投資的情況下，尋求最佳的補貨策略。決策變數包含投資資訊分享成本、遞送頻率和遞送批量。遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA)是本研究採用的求解工具，首先針對 GA 中的參數進行分析，確定演算法參數中的群體數目，並且確定交配率和突變率。接著，我們利用選定的 GA 參數對模式求解，並提出各項模式參數之敏感度分析，以了解模式參數值變動對總成本之影響。結果對於總成本降低改善而言，首須針對供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本上做改善，總成本方能大幅下降。

關鍵詞：供應鏈協同合作模式、生產存貨模式、資訊分享、遺傳演算法。

沈育樹：中州科技大學行銷與流通管理系助理教授

楊菁倩：中州科技大學行銷與流通管理系助理教授

*E-mail: panasia@dragon.ccut.edu.tw

鍾峻任：真理大學資訊應用學系助理教授

林淑玲：修平科技大學國際企業經營系助理教授

投稿日期：101年6月11日 接受刊登日期：101年9月11日



Using Genetic Algorithm solving the supply chain collaboration model in considering information sharing

Yu-Shu Shen, Ching-Chien Yang, Chun-Jen Chung,
Shu-lin Lin

Abstract

This paper extends the single-buyer production inventory model to a multi-buyer inventory model, which is also known as the supply chain collaboration model, considers information sharing investment, finds the best replenishment policy. The decision variables include the cost of investment information sharing, delivery frequency and delivery quantity. The Genetic Algorithm (Genetic Algorithm, GA) is used for solving tools to solve the model solution. First, this paper finds the GA parameters and GA population size which were analyzed in the algorithm parameters, and determines the crossover rate and mutation rate. Then, we use the GA parameters selected for solving the model, and show the sensitivity analysis of the model parameters in order to understand the impact of changes in model parameter values to the total cost. The results in terms of total cost reduction is to improve the supplier's purchase costs, indirect costs, and material handling costs such that the total cost can be reduced significantly.

Keywords: Supply chain collaboration, Production inventory model, Information sharing, Genetic algorithm.

Yu-Shu Shen, Assistant Professor, Department of Marketing and logistics Management, Chung Chou University of Science and Technology.

Ching-Chien Yang, Assistant Professor, Department of Marketing and logistics Management, Chung Chou University of Science and Technology.

*Corresponding author, e-mail: panasia@dragon.ccut.edu.tw

Chun-Jen Chung, Assistant Professor, Department of Information Application, Aletheia University.

Shu-lin Lin, Assistant Professor, Department of International Business Management, Hsiuping University of Science and Technology.

Received 11 June 2012; accepted 11 September 2012



壹、前言

近年來，為達到對顧客的快速反應，管理哲學以及人工智慧都是常被引用來尋求解答的重要方法。JIT (Just in time, 即及時生產) 是管理哲學的代表之一，過去許多學者及實務界業者對 JIT 的實施與導入曾做了相當多的研究[2, 26]。對於 JIT 的實施，供應商與買方之間的整合是其中一項關鍵要素，供應商和買方雙方需要必要的資訊來應付需求的不確定性。若可以達成供應商與買方的整合，供應鏈系統將較傳統個別系統更能導致成本優勢；更甚者，若能適度地實施 JIT 的遞送策略，將使得庫存水準得以降低進而改善生產品質。在供應鏈中，售價和遞送數量通常是在與供應鏈成員共同協調後而決定的。合作策略雖可透過合作契約的簽定來達成，然而，產品價格是企業利潤最佳化中的一個關鍵因子，供應商必須確定他們的生產策略和產品售價能符合企業本身特定的利潤目標，有時供應商會以買方的訂購行為作為其訂定產品價格以及存貨補貨計畫的基礎。因此，當同時考慮損壞物品、價格和產品遞送策略的協調議題就更顯得重要了。

供應鏈管理不只是關心產品的物流，並且重視資訊間的流動。經由資訊分享，供應者可以降低依據觀察顧客需求現

象時所造成的訊息扭曲。分享資訊是有效供應鏈管理基本需要的操作。學者[13, 22]研究在兩步驟供應鏈中資訊分享的價值。他們發現資訊分享在成本之降低方面僅有供應商受惠。檢視預測資訊分享在存貨生產以及訂單生產的價值，並且藉此了解資訊正確性於資訊分享的重要[16]。發展出一個三階層供應鏈考慮需求不確定性以及資訊不對稱下資訊分享於電話產業的模式[1]。資訊分享在供應鏈運作中是不可或缺的元素[5]，因此資訊分享投資常是供應鏈管理者的重要課題。

整合生產與存貨的研究[27]，建立在需求不確定性下之多個供應商和多個零售商供應鏈，他們的研究發現資訊和訂購的協調深受需求型態和產能的影響。在週期性檢驗計畫中[17]，針對單一倉庫與兩個零售商的供應鏈系統，探討檢核需求資訊運用的作用。以上之研究皆無考慮遞送頻率問題。許多學者[11, 7, 6, 8, 10]深入研究供應鏈中有關於整合和遞送頻率的問題。但以上文獻未深入探討資訊分享相關的議題。

生產過程中因某些因素而導致瑕疵或品質差的產品產生，是件常見的事，對於損壞物品和品質問題，檢查和發展維護計畫是必要對策。學者[12, 4]曾研究在批量策略下，生產對損壞物品的影響。預防維護成本相依於買方所要求的品質水



準[24]。然而，以上研究也沒有考慮資訊分享和協調的議題。考慮資訊分享投資和遞送頻率協調整合模式的研究[23] (為本研究先前的研究工作)，此為一個單供應商與單一買方的生產存貨模式，而本研究擴充為多買方供應鏈協同合作模式。過去在考慮訂價以及資訊分享投資的情況下，尋求最佳的補貨策略。利用兩階段求解方法尋求解答，亦即針對供應商與買方兩階段依序求解。然而本研究在求解方法上，採用遺傳演算法(Genetic Algorithm)為求解工具，並利用 Evolver 4.0 遺傳演算法軟體建立模式，採用遺傳演算法的原因為本模式為多買方因素(5 個買方)，較適合用啟發式方法求解。

遺傳演算法首見於科學界，係由 Holland 在 1975 年提出[9]。遺傳演算法的主體在於自然的演變和選擇過程，其過程模仿在基因上的組合變化或者再結合，每種相關基因被編組成染色體，當很多染色體組合存在時，他們即構成群體。對這些群體中，若可能存在更合適、更好的染色體，則開始再生產、複製與突變程序。當所面臨的問題模式是複雜的或非線性模式，遺傳演算法常是被推薦的求解法。

近年來，遺傳演算法應用在供應鏈和存貨管理方面研究非常多，在供應鏈方面，處理二階段的作業問題[18]，在供應

商代管存貨運作方式之下，對單一供應商與多個買方的供應鏈模式，提出基於啟發式的遺傳演算法來解決這個問題。運用遺傳演算法[3]，面對多目標供應鏈網路設計問題，尋求 Pareto-最佳解。對於每單位時間的平均儲存、設置和運輸成本進行分析[25]，提出混合遺傳演算法來求得供應鏈的批量和遞送排程解答。在存貨方面的應用，針對儲存相依需求和二儲存設施，以遺傳演算法來解決多品項存貨模式[15]。透過實數編碼的遺傳演算法，求解多品項多價格折點結構的問題 [14]。用實數編碼的遺傳演算法於混合的整數非線性規劃，以尋求最佳的二倉庫存貨策略分析[21]。

綜合而論，本研究延伸單一供應商與單一買方的生產存貨模式為多買方存貨模式，此亦稱為多買方供應鏈協同合作模式，在考慮資訊分享投資的情況下，尋求最佳的補貨策略。在考慮資訊分享特性的要求下，以遺傳演算法來求得最佳的解答。本研究所探討的供應鏈協同合作模式，其決策變數包含有投資資訊分享成本、補貨遞送次數和遞送批量。我們首先針對遺傳演算法中的參數，如群體數目，進行分析，確定在不同群體數目下的執行時間和解答的品質，找出最佳之群體數目。在分析過程中，亦探討交配率和突變率組合的配對測試，以了解遺傳演算法的



交配率與突變率二參數對解答品質的影響程度。之後，我們再依選定的遺傳演算法參數來執行模式中各項模式參數對總成本之敏感度分析。

我們利用選定的 GA 參數，並對各項模式參數之敏感度分析，以了解模式參數值變動對總成本之影響。對於總成本降低改善而言，發現首須針對供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本上做改善。對於買方總成本降低，首須針對所支付每次出貨的固定運輸成本降低上做改善。對於供應商總成本降低，首須針對包含供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本降低上做改善。而在整個生產批量上損壞率的比例降低上，也能達到供應商總成本降低的效果。以下文章結構，首先於第二節說明符號與假設，以及建模與分析。第三節說明遺傳演算法參數分析。接著於第四節說明模式參數敏感度分析。最後說明結論。

貳、符號與假設

為具體呈現模式內涵，於(一)節中定義所需符號，符號說明將分為供應商與買方兩方面；於(二)節列示本研究模式假設，以明確界定本研究之範疇；並於(三)節中說明構模和分析內涵。

一、符號說明

1. 以下歸屬於模式中供應商方面之符號：

α 供應商的估計需求改變率，且 $0 < \alpha < 1$

D_s 供應商在資訊分享之前的每年平均估計需求，且 $D_s = \sum_{i=1}^k D_i(1+\alpha)$

D'_s 在資訊分享之後的每年平均估計需求，且 $D'_s = \sum_{i=1}^k D_i(1+\alpha')$ ，其中 $0 < \alpha' < \alpha$

P 供應商的生產率

Q 供應商生產批量大小

H_s 供應商每單位之儲存成本

C_p 供應商的每單位售價成本

C'_p 投資在資訊分享之後的每單位供應商的售價

C_p^{SV} 供應商的超額存貨單位殘值，並且 $C_p^{SV} = C_p(1-\beta)$ 或 $C_p^{SV} = C'_p(1-\beta)$, $0 < \beta < 1$

β 殘值比率

C_m 包含供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本

G_m 供應商的每單位毛利目標

K 供應商投資在資訊分享的資本

m 減少需求不確定性的供應商投資報酬率



- C 供應商的每小時設置成本
- S 供應商設置成本
- C_{insp} 每單位檢驗成本
- L_f 供應商每單位失效成本
- Z 在生產期間出現損壞品的總數
- y 在整個生產批量上損壞率的比例
- $f(\alpha')$ 資訊分享下的成本, 假設 $M = f(\alpha')$ 且隨著投資的增加而減少
2. 以下歸屬於模式中買方方面之符號:
- D_i 各買方平均需求率
- H_{Bi} 各買方之持有成本率(\$/每單位產品)
- A_i 各買方每次執行訂購之成本
- N 每批週期之遞送數量
- W_{Bsav} 實施 JIT 遞送後的成本降低
- L 從供應商到買方之訂單補貨前置時間
- F 買方所支付每次出貨的固定運輸成本
- V 每單位搬運處理和接收之變動運輸成本
- p_{Bi} 買方的允許缺貨機率
- k_{Bi} 買方對應於期望缺貨機率的安全因子

- σ_{Bi} 在前置時間的期間內, 每天顧客需求的標準差
- Q_{Bi} 每次訂貨數量

二、假設：以下為發展生產存貨模式所考慮的假設：

1. 生產率大於需求率。
2. 生產率與生產批量相互獨立。
3. 買方支付運輸成本。
4. 不考慮在製品品項。
5. 損壞物品出現在生產過程中, 如果發現損壞物品將立刻拋棄。
6. 在生產期間損壞物品可經篩選出。
7. 買方需求的發貨數量被限制是整數。
8. 買方的標準差在協調前後是相同的。

三、建模與分析

本研究假設每生產批量中會出現不完美品項(即損壞品), 且在生產期間所執行的檢驗計畫將導致檢驗成本和預防維護成本的產生, 我們假設檢驗時間可被忽略。如上文中描述, 產品依契約而被生產, 且週期性地被遞送, 供應商以能符合特定利潤目標來訂定其生產策略和產品價格。供應商並不全然獲知買方訂購數量的資訊, 故僅能根據買方的訂購行為來生產產品。透過在資訊分享上的投資, 供應商可獲取買方的資訊以設定售價和生產計畫。



1. 總成本之建構

由於供應商僅提供買方前置時間的時間長度，另一方面，供應商不具關於買方訂購數量的明確資訊，所以前置時間需求的分佈是未知的。在供應商運送產品給買方的前置時間期間為 L 下，假設前置時間需求的分佈(機率密度函數，d.f.)是 $f(y)$ 、有限平均值是 dL 以及標準差是 $\sigma_i\sqrt{L}$ ，則買方系統需要安全存貨以應付不確定的需求量，也就是 $k_i\sigma_i\sqrt{L}$ 。因此買方在前置時間的需求是 $U_i = d_iL + k_i\sigma_i\sqrt{L}$ ，其中 k_i 是安全因子。進一步我們假設 \mathfrak{S} 為前置時間需求分佈所在的最壞可能分佈，我們可應用以下輔助定理得到在前置時間期間的允許缺貨機率。

輔助定理 1 為所有 d.f. $f(y) \in \mathfrak{S}$ ， Y 代表前置時間需求，分佈是 d.f. $f(y)$ 。 Y 有平均值 dL 和標準差 $\sigma\sqrt{L}$ (>0)，其中實數 $e > 0$ 。
(Ouyang 和 Wu[19])

$$p_r(Y > e) \leq \frac{\sigma^2 L}{\sigma^2 L + (e - dL)^2} \quad (1)$$

前置時間需求 $U_i = D_i L + k_i \sigma_i \sqrt{L}$ ，從不等式(1)可知，在前置時間期間，我們允許的缺貨機率是：

$$p_r(Y > U_i) \leq \frac{1}{1 + k_i^2} \quad (2)$$

假設 p_{Bi} 是最大允許的缺貨機率，因此安全因子可經推導得：

$$k_{Bi} \geq \sqrt{(1 - p_{Bi}) / p_{Bi}}。$$

2. 供應商的生產成本和買方的總成本

供應商嘗試在投資下與買方協調並期望從買方獲取更多資訊，供應商可透過相關的遞送承諾獲取資訊以減少買方的需求不確定性，協調可以透過資訊技術(IT)來完成如運用電子數據交換(EDI)和銷售點情報管理系統(POS)，當供應商和買方採取合作策略以降低不確定性，自然可達最大利潤。供應商總成本是由設置成本、儲存成本和品質成本組成。由於 Z 是生產期間所產生的損壞品，假設買方每次訂購的總數量是 $\sum(Q_{Bi}) = Q/N$ ，供應商的儲存成本因而可依時間加權存貨水準(Time-weighted inventory, TWI)的概念求得。由圖 1 下方所示。

$$\begin{aligned} & \text{供應商之儲存成本} = [\text{梯型面積-斜線黑影部份}] \times H_s C_m / [N(\sum Q_{Bi}) / D_s] \\ & = H_s C_m \left\{ N(\sum Q_{Bi}) \left[\frac{\sum Q_{Bi}}{P} + (N-1)T - \frac{N(\sum Q_{Bi}) [N(\sum Q_{Bi}) / P]}{2} \right] \right. \\ & \quad \left. - \frac{\sum Q_{Bi}}{D_s} \times \sum(Q_{Bi}) \times (1+2+\dots+(N-1)) \right\} \cdot \frac{D_s}{N \sum Q_{Bi}} \\ & = \frac{H_s C_m (\sum Q_{Bi})}{2} \cdot \left[(N-1) + \frac{D_s \cdot (2-N)}{P} \right] \quad (3) \end{aligned}$$

由於買方的相關需求的參數資訊是未知的，易產生長鞭效應，外加損壞品的存在，因此供應商通常會預期生產多於買方需求的產品數量，換言之，供應商生產規劃所估計的需求將大於買方的契約需



求量。供應商希望透過投資在資訊分享，以降低需求比率值 α 為 α' ，也就是說，供應商估計的需求將是 $\sum_{i=1}^k D_i(1+\alpha')$ ，其中 $\alpha > \alpha'$ 。假設估計的需求比率 α 、 α' 以及投資成本之間的關係是指數關係，可表示如下：

$$\alpha' = y + [\alpha - y] \exp(-mK), [\alpha - y] > 0 \quad (4)$$

K 為供應商在資訊分享之投資，亦是供應商提供買方降低售價做為改進資訊分享的誘因，售價從 C_p 降至 C'_p ，關係式為 $C'_p = C_p(1 - [\alpha - \alpha'])$ 。資訊分享，供應商更能掌握買方的需求，需求與生產前置時間不確定性降低，所帶來的成本降低利益為 $D'_s M$ ，已知 $M = f(\alpha')$ ，故 $D'_s M = D'_s f(\alpha')$ 。

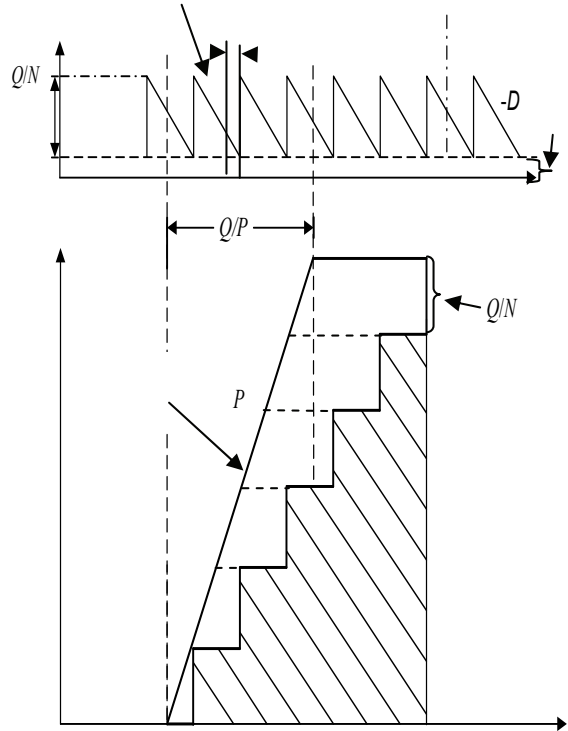


圖 1 研究架構圖

假設過量存貨在每個生產週期的結束時會以殘值 $C_p^{SV} = C_p(1 - \beta)$ 賣出，過量存貨每年殘值計算如下：

$$S_{EX}^{SV} = [D'_s - D - Dy] C_p^{SV} = D[\alpha' - y] C_p(1 - \beta),$$

其中， $[\alpha' - y] > 0$ (5)

$$\text{損壞物品 } Z: \quad (6)$$

3. 總成本

$$\text{因 } Q = N \sum_{i=1}^k Q_{Bi}, \text{ 且 } C'_p = C_p(1 - \alpha + \alpha'),$$

設買方的總成本為 $TC_B = \sum_{i=1}^k [TC_{Bi}(Q_{Bi})]$ ，供應

商的總成本為 $TC_S(N, Q_{B1}, \dots, Q_{Bk}, K)$ 以及系統的總成本為



$TC(N, Q_{B1}, \dots, Q_{Bk}, K)_{\text{coordinated}}$ =, 系統的總成本為本研究目標函數，並無限制條件，則各總成本可推導如下：

$$TC_B(Q_{B1}, \dots, Q_{Bk}) = \left\{ \sum_{i=1}^k \left(\frac{D_i A_i}{Q_{Bi}} \right) + \sum_{i=1}^k D_i C_{Pi} [1 - \alpha + \alpha'] + \sum_{i=1}^k \left\{ H_{Bi} [C_P (1 - \alpha + \alpha')] Q_{Bi} \left(\frac{1}{2} + p_{Bi} \right) \right\} + \sum_{i=1}^k \left\{ H_{Bi} [C_P (1 - \alpha + \alpha')] \left(\sqrt{\frac{(1 - p_{Bi}) L}{p_{Bi}}} \right) \sigma_{Bi} \right\} + \sum_{i=1}^k \left\{ \frac{D_i}{Q_{Bi}} (F + V Q_{Bi} - W_{Bsave}) \right\} + \sum_{i=1}^k (\pi_{Bi} D_i p_{Bi}) \right\} \quad (7)$$

$$TC_S(N, Q_{B1}, \dots, Q_{Bk}, K) = \left\{ \frac{D'_S (CS)}{N \left(\sum_{i=1}^k Q_{Bi} \right)} + D'_S C_m - D'_S M + \frac{H_S C_m \left(\sum_{i=1}^k Q_{Bi} \right)}{2} \cdot \left[(N-1) + \frac{D'_S \cdot (2-N)}{P} \right] + D'_S \cdot C_{insp} + \frac{D'_S y L_f + K - D[\alpha' - y]}{\sum_{i=1}^k Q_{Bi}} \times [C_P (1 - \alpha + \alpha') (1 - \beta)] \right\} \quad (8)$$

$$TC(N, Q_{B1}, \dots, Q_{Bk}, K)_{\text{coordinated}} = TC_B(Q_{B1}, \dots, Q_{Bk}, K) + TC_S(N, Q_{B1}, \dots, Q_{Bk}, K) \quad (9)$$

其中， $\alpha' = y + [\alpha - y] \exp(-mK)$ 且

$$D'_S = \sum_{i=1}^k D_i (1 + \alpha')$$

參、遺傳演算法參數分析

針對以上的多買方協同合作模式，過去的求解方法較複雜且問題本身為非線性模式，所以本研究利用遺傳演算法求解，並利用 Palisade Corporation 公司之 Evolver 4.0 軟體[20]進行模式求解。其中，目標函數即為適應函數 (fitness function)，決策變數包含投資資訊分享成本、遞送頻率和遞送批量，分別設置為三類染色體，染色體結構為投資資訊分享成本與遞送頻率各為單一基因，且為實數編碼。遞送數量為五個基因的染色體，亦為實數編碼。模式各參數基本設定資料如下表 1 與表 2。

表 1. 買方符號數值對照表

符號	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
數值	1790	1650	2100	1500	2500
符號	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
數值	25	22	26	13	50
符號	H_{B1}	H_{B2}	H_{B3}	H_{B4}	H_{B5}
數值	0.4	0.42	0.43	0.11	0.6
符號	p_{B1}	p_{B2}	p_{B3}	p_{B4}	p_{B5}
數值	0.05	0.045	0.035	0.01	0.07
符號	σ_{B1}	σ_{B2}	σ_{B3}	σ_{B4}	σ_{B5}
數值	7	6	8	1	15
符號	W_{Bsave}^1	W_{Bsave}^2	W_{Bsave}^3	W_{Bsave}^4	W_{Bsave}^5
數值	150	145	125	100	300
符號	L	F	V		
數值	27	375	1		



表 2. 供應方符號數值對照表

符號	α	C_p	D'_s	P	$C S$
數值	0.05	12	2	19200	600
符號	H_s	β	C_m	G_m	m
數值	0.35	0.3	100	25	0.0003
符號	C_{insp}	L_f	y		
數值	0.5	60	0.01		

一、群體數目分析

若群體數目太大則將影響求解速率，耗費計算時間，然而群體數目太小則易落入區域最佳解之陷阱而提早收斂。本研究經實驗結果後將群體數目大小定為 2000，其結果不致計算太久，又不致落入區域最佳解。實驗方式係將測試群體數目從 500 開始至 3000 止，每次群體數目增加 500，每項群體數目分別測試 30 組實驗，30 組實驗平均而得到表 3 結果。依據表 3 所示，群體數目大小為 2500 時，30 組結果之平均較佳解成本最低，而且平均執行實驗時間為 1 分 20 秒，為可接受之執行時間，因當群體數目大小為 3000 時，執行時間為 1 分 55 秒。而下一節將交配率與突變率交叉執行共二十五對，每對執行 30 次運算，將會耗費大量時間。所以本研究在下一節測試交配率與突變率時採用群體數目大小為 2500。

表 3. 不同群組大小設定下之最佳成本與執行時間分析

群體大小	最適平均總成本	平均代數 (Trials)	平均執行時間
500	2781565.108	34602.6	0:00:36
1000	2781567.506	24882.8	0:00:34
1500	2781570.538	34283.75	0:00:54
2000	2781555.855	31932.57	0:01:04
2500	2781553.662	33387.9	0:01:20
3000	2781562.689	39339.3	0:01:55

二、交配率與突變率分析

交配率與突變率是遺傳演算法設定時，另一項重要的設定項目，如果交配率過高，導致基因的劇烈變化，而無法適度保存上一代之優良基因，若太低則會造成停滯在區域最佳解的情況發生。另外，若突變率過高，則會有盲目搜尋的狀況發生，若過低則會產生局部最佳解的情況，因此在數值的給定上，便顯得格外重要。

本節測試方法如下，將交配率起始值定為 0.1，每次增加 0.2 個單位，至 0.9 為止，分別為 0.1、0.3、0.5、0.7、0.9 五組；突變率起始值定為 0.05，每次增加 0.05 個單位，至 0.25 為止，分別為 0.05、0.1、0.15、0.2、0.25 五組。交叉執行共二十五對交配率與突變率，每對執行 30 次運算，並加以紀錄如下表 4。表 4 可得



知在交配率與突變率交叉配對下，以交配率 0.7 突變率 0.05 的組合下，得到 30 組平均最佳總成本最低，總成本為 2,781,550.681 元。經由以上分析，在下節之模式各參數敏感度分析則採用以上之遺傳演算法參數設定之。

表 4. 在各別交配率與突變率下之各項資訊

交配率	突變率	最適平均總成本	平均代數 (Trials)	平均執行時間
0.1	0.05	2781572.242	41648.6	0:01:26
	0.1	2781568.848	29788	0:01:11
	0.15	2781550.766	30029.6	0:01:14
	0.2	2781551.79	33466.2	0:01:23
	0.25	2781561.562	34990.6	0:01:28
0.3	0.05	2781556.333	31610.6	0:01:12
	0.1	2781569.124	36902	0:01:25
	0.15	2781553.499	27955.6	0:01:10
	0.2	2781563.221	35085.8	0:01:27
	0.25	2781555.376	37458.2	0:01:34
0.5	0.05	2781559.122	45230.2	0:01:32
	0.1	2781557.532	32607.2	0:01:17
	0.15	2781563.05	38658.2	0:01:30
	0.2	2781553.181	37062.4	0:01:29
	0.25	2781561.295	32284.6	0:01:23
0.7	0.05	2781550.681	37260.4	0:01:20
	0.1	2781559.954	31194	0:01:13
	0.15	2781557.433	36333.8	0:01:26
	0.2	2781553.415	30281.6	0:01:17
	0.25	2781566.386	33714.8	0:01:26
0.9	0.05	2781560.458	29655.6	0:01:09
	0.1	2781555.273	43083	0:01:34
	0.15	2781562.981	33849.6	0:01:21
	0.2	2781576.953	27184.8	0:01:11
	0.25	2781552.696	41410.2	0:01:43

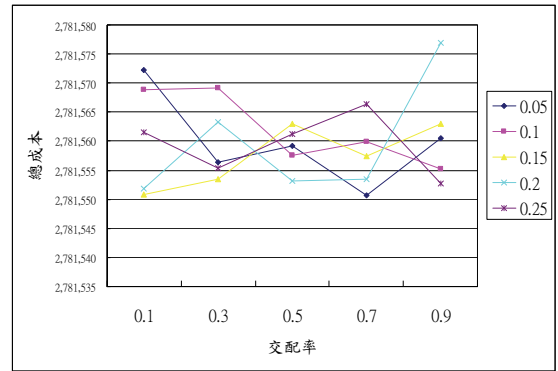


圖 2 在突變率下之交配率遞增的總成本曲線

圖 2 與圖 3 則分別顯示 30 組測試資料平均之總成本變化圖，圖中分別以交配率與突變率為橫座標。

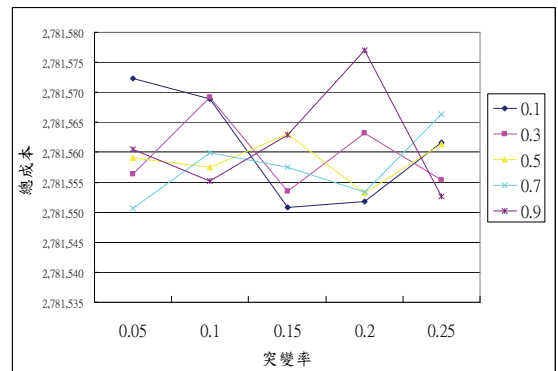


圖 3 在交配率下之突變率的總成本遞增曲線

三、各項模式參數敏感度分析

由於模式參數數量甚多，顯示於一張圖中則線條複雜難於閱讀，故將成本參數分為兩群，顯示於兩張圖中，第一群參數為 α 、 β 、 D 、 F 、 L 、 m 、 P ；另一群參數為 V 、 y 、 C_m 、 CS 、 C_p 、 H_s 、



L_f 、 C_{insp} 。由圖 4 及圖 5 中可知，當各項參數改變百分比分別為 110%、100%、90%、80%、70%等遞減時，發現 C_m 參數值遞減導致總成本改變百分比呈現明顯遞減及 α 參數值遞減則總成本改變百分比呈現遞增， F 和 y 兩參數值遞減而總成本呈現較緩和之遞減；其他參數值改變的總成本改變百分比約略在正負 0.5% 內，其中 C_m 、 α 、 F 及 y 等參數值改變，對總成本的改變較敏感。亦即包含供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本遞減導致總成本改變呈現明顯遞減；供應商的估計需求改變率遞減則總成本呈現遞增；買方所支付每次出貨的固定運輸成本和在全體生產批量上損壞率的比例遞減總成本呈現較緩和之遞減。所以在管理意涵上首須針對供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本上做改善。

各項模式參數改變 10%遞減下之買方總成本改變百分比，如圖 6 及 7 圖所示，發現 F 參數值遞減則買方總成本改變百分比呈現遞減； α 參數值遞減則買方總成本改變百分比呈現遞增；其餘模式參數值改變所影響的買方總成本改變百分比在正 0.2%和負 0.5%之間。對 α 和 F 兩參數值而言，對買方總成本的改變較敏感。亦即買方所支付每次出貨的固定運輸成本遞減則買方總成本呈現遞減；供應商

的估計需求改變率遞減則買方總成本呈現遞增，所以在管理意涵上，對於買方總成本降低，首須針對所支付每次出貨的固定運輸成本降低上做改善。

在各項模式參數改變 10%遞減下之供應商總成本改變，如圖 8 及圖 9 所示，發現 C_m 參數值遞減則供應商總成本改變百分比呈現明顯遞減； y 參數值遞減則供應商總成本改變百分比呈現緩和遞減；其餘模式參數值改變所影響的供應商總成本改變百分比在正 1.2%和負 0.5%之間。對 C_m 和 y 參數值而言，對供應商總成本改變較敏感。亦即包含供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本遞減則供應商總成本呈現明顯遞減；在全體生產批量上損壞率的比例遞減則供應商總成本改變呈現遞減，所以在管理意涵上，對於供應商總成本降低，首須針對包含供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本降低上做改善。而在全體生產批量上損壞率的比例降低上，也能達到效果。

在各項模式參數改變 10%遞減下之投資資訊分享成本改變圖，如圖 10 及圖 11 所示，發現 m 和 y 參數值遞減則投資資訊分享成本呈現明顯遞增； α 參數值遞減則投資資訊分享成本呈現緩和遞減；其餘模式參數值改變所影響的投資資訊分享成本在 16,000 和 17,000 元之間。對



m 、 y 和 α 參數值而言，對投資資訊分享成本的改變較敏感。由此可知，在管理意涵上，減少需求不確定性的供應商投資報酬率和在整個生產批量上損壞率的比例降低和供應商的估計需求改變率三者，將對投資資訊分享成本有明顯影響。

在各項模式參數改變 10%遞減下之遞送批量改變圖，如圖 12 及圖 13 所示，本研究檢視單一個遞送批量(第一個，Qb1)，其餘四個遞送批量(Qb2~Qb5)則省略說明。發現 P 和 F 參數值遞減則遞送批量呈現明顯遞減； H_S 和 C_m 參數值遞減則遞送批量呈現明顯遞增； C_S 和 C_P 兩參數值遞減則遞送批量分別呈現緩和遞減和遞增；其餘模式參數值改變遞送批量則無明顯改變。對 P 、 F 、 H_S 、 C_m 、 C_S 和 C_P 參數值而言，對遞送批量的改變較敏感。由此可知，在管理意涵上，供應商的生產率和買方所支付每次出貨的固定運輸成本降低，將使得遞送批量降低。供應商每單位之儲存成本和包含供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本降低，將使得遞送批量提高。以上四參數對遞送批量具有有效影響。

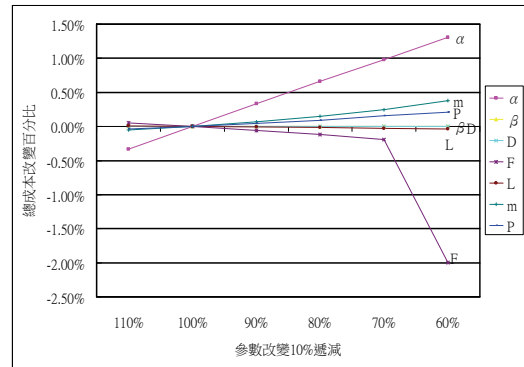


圖 4. 各項參數改變 10%遞減下之總成本改變百分比-1

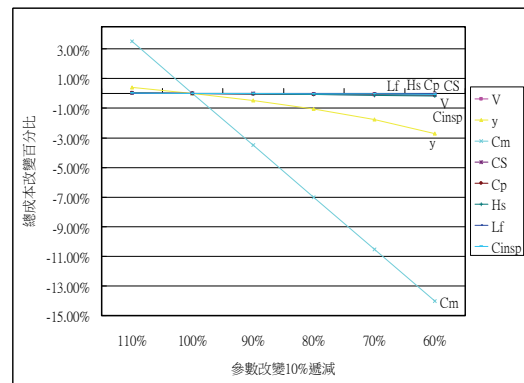


圖 5. 各項參數改變 10%遞減下之總成本改變百分比-2

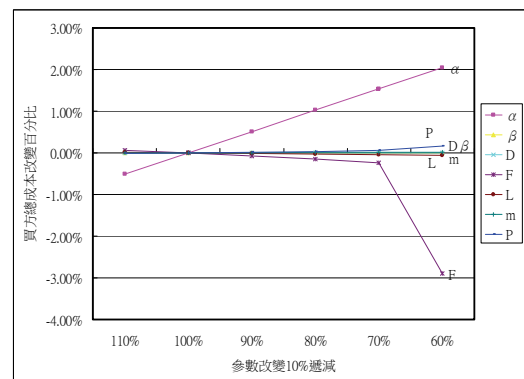


圖 6. 各項參數改變 10%遞減下之買方總成本改變百分比-1



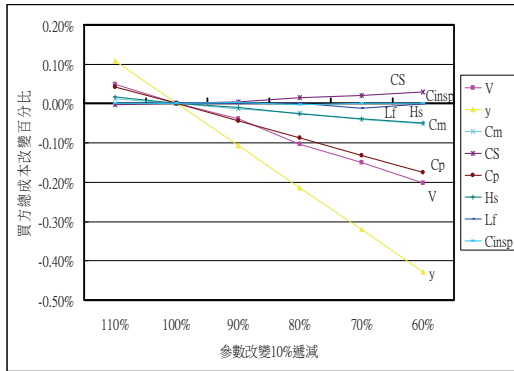


圖 7. 各項參數改變 10%遞減下之買方總成本改變百分比-2

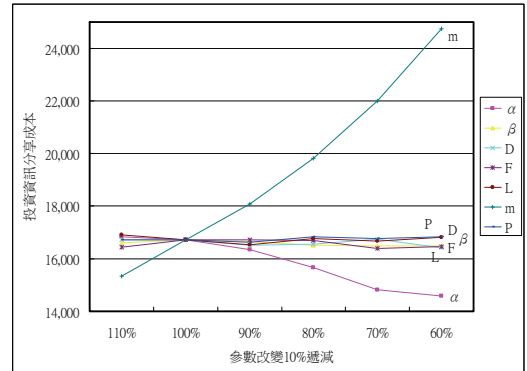


圖 10. 各項參數改變 10%遞減下之投資資訊分享成本改變圖-1

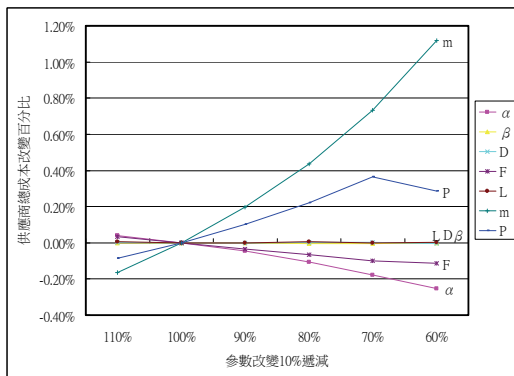


圖 8. 各項參數改變 10%遞減下之供應商總成本改變百分比-1

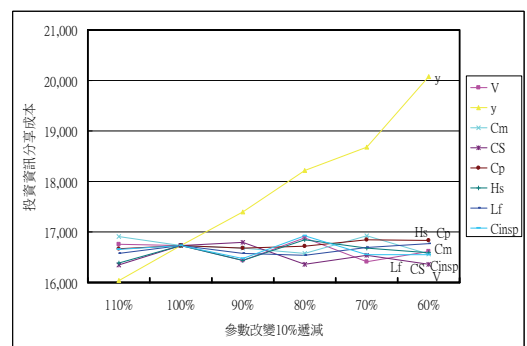


圖 11. 各項參數改變 10%遞減下之投資資訊分享成本改變圖-2

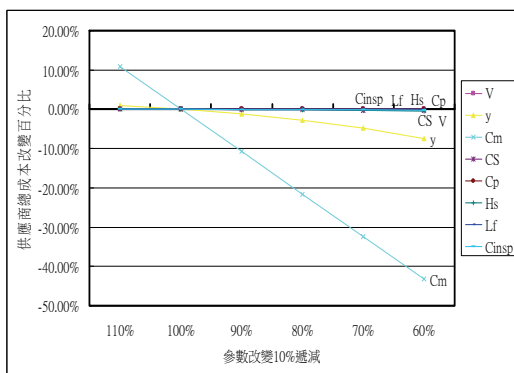


圖 9. 各項參數改變 10%遞減下之供應商總成本改變百分比-2

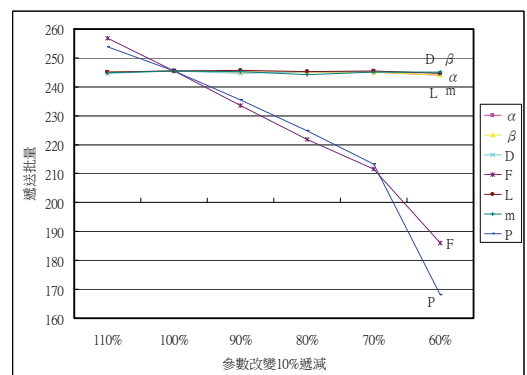


圖 12. 各項參數改變 10%遞減下之遞送數量改變圖-1



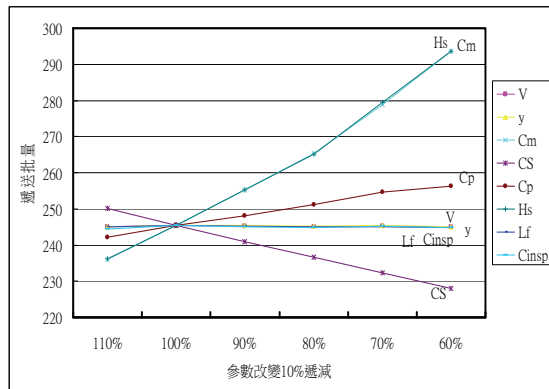


圖 13. 各項參數改變 10%遞減下之遞送數量改變圖-2

肆、研究結論

本研究針對供應鏈協同合作模式，考慮遞送策略與資訊分享下之供應鏈協同合作模式，並且延伸單一買方為多買方之供應鏈模式。運用遺傳演算法求取較適解答，分析遺傳演算法參數與模式敏感度分析。模式之決策變數是投資資訊分享成本、遞送頻率和遞送批量。首先我們針對遺傳演算法中的參數分析，確定遺傳演算法參數中的群體數目，確定在不同群體數目下的執行時間和解答的品質。分析結果當群體數目大小為 2500 時，30 組實驗之平均解成本最低，而且平均執行實驗時間為 1 分 20 秒，為可接受之執行時間。本研究確定交配率和突變率的組合配對實驗以交配率 0.7 突變率 0.05 的組合下，得到 30 組平均最佳總成本為最低，總成本為 2,781,550.681 元。然後我們使用遺傳

演算法的參數設定來提供模式之各項模式參數之敏感度分析，提供各種模式參數對總成本的影響分析結果。

本研究發現，對於總成本降低改善而言，首須針對供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本上做改善。對於買方總成本降低，首須針對所支付每次出貨的固定運輸成本降低上做改善。對於供應商總成本降低，首須針對包含供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本降低上做改善。而在整個生產批量上損壞率的比例降低，也能達到供應商總成本降低的效果。並對於減少需求不確定性的供應商投資報酬率在整個生產批量上損壞率的比例降低和供應商的估計需求改變率三者，將對投資資訊分享成本有明顯影響。供應商的生產率和買方所支付每次出貨的固定運輸成本降低，將使得遞送批量降低。供應商每單位之儲存成本和包含供應商的購買成本、間接成本和物料處理成本的變動成本降低，將使得遞送批量提高。

參考文獻

- [1] Agrell, P., Lindroth, R. and Norrman, A. (2004) Risk, information and incentives in telecom supply chains. *International Journal of Production Economics*, 90(1), 1–16.
- [2] Ahmad, S., Schroeder, R. G.. and



- Sinha, K. K. (2003) The Role of Infrastructure Practices in the Effectiveness of JIT Practices: Implications for Plant Competitiveness. *Journal of Engineering and Technology Management*, 20, 161-191.
- [3] Altiparmak, F., Gen, M., Lin, L. and Paksoy, T. (2006) A Genetic Algorithm Approach for Multi-objective Optimization of Supply Chain Networks. *Computers and Industrial Engineering*, 51, 197-216.
- [4] Ben-Daya, M. and Hariga, M. (2000) Economic Lot Scheduling Problem with Imperfect Production Processes. *Journal of the Operational Research Society*, 51, 875-881.
- [5] Chopra, S. and Meindl, P. (2007) *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, 3rd edition, Pearson.
- [6] Goyal, S. K. and Gunakaran, A. (1995) An Integrated Production-inventory-marketing Model for Deteriorating Items. *Computer and Industrial Engineering*, 28, 755-762.
- [7] Goyal, S. K. and Gupta, Y. P. (1989) Integrated Inventory Model: The Vendor-buyer Coordination. *European Journal of Operational Research*, 41, 261-269.
- [8] Hill, R. M. (1997) The Single-vendor Single-buyer Integrated Production Inventory Model with a Generalized Policy. *European Journal of Operational Research*, 97, 493-499.
- [9] Holland, J. H. (1975) *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- [10] Kim, S. -L. and Ha, D. (2003) A JIT Lot-splitting Model for Supply Chain Management: Enhancing Buyer-supplier Linkage. *International Journal of Production Economics*, 86, 1-10.
- [11] Lee, H. L. and Rosenblatt, M. J. (1986) A Generalized Quantity Discount Pricing Model to Increase Supplier's Profits. *Management Science*, 32, 1177-1185.
- [12] Lee, H. L. and Rosenblatt, M. J. (1987) Simultaneous Determination of Production Cycle and Inspection Schedules in a Production System. *Management Science*, 33, 1125-1136.
- [13] Lee, H.L., So, K.T. and Tang, C.S. (2000) The value of information sharing in a two-level supply chain. *Management Science*, 46, 626-643.
- [14] Maiti, A. K., Bhunia, A. K. and Maiti, M. (2006) An Application of Real-coded Genetic Algorithm



- (RCGA) for Mixed Integer Non-linear Programming in Two-storage Multi-item Inventory Model with Discount Policy. *Applied Mathematics and Computation*, 183, 903-915.
- [15] Maiti, M. K. and Maiti, M. (2007) Two-storage Inventory Model with Lot-size Dependent Fuzzy Lead-time Under Possibility Constraints via Genetic Algorithm. *European Journal of Operational Research*, 179, 352-371.
- [16] Mishra, B.K., Raghunathan, S. and Yue, X. (2003) Demand forecast sharing supply chains. University of Texas at Dallas.
- [17] Mitra, S. and Chatterjee, A. K. (2004) Leveraging Information in Multi-echelon Inventory Systems. *European Journal of Operational Research*, 152, 263-280.
- [18] Nachiappan, S. P. and Jawahar, N. (2007) A Genetic Algorithm for Optimal Operating Parameters of VMI System in a Two-echelon Supply Chain. *European Journal of Operational Research*, 182, 1433-1452.
- [19] Ouyang, L. -Y., and Wu, K. -S. (1997) Mixture Inventory Model Involving Variable Lead-time with a Service Level Constraint. *Computer and Operations Research*, 24, 875-882.
- [20] Palisade Corporation. (2004) *Evolver 4.0 Manual*, The Genetic Algorithm solver for Microsoft Excel.
- [21] Pal, P., Das, C. B., Panda, A. and Bhunia, A. K. (2005) An Application of Real-coded Genetic Algorithm (for Mixed Integer Non-linear Programming in an Optimal Two-warehouse Inventory Policy for Deteriorating Items with a Linear Trend in Demand and a Fixed Planning Horizon). *International Journal of Computer Mathematics*, 82(2), 163-175.
- [22] Raghunathan, S. (2001) Information sharing in a supply chain: A note on its value when demand is non-stationary. *Management Science*, 47, 605-610.
- [23] Shum, Y. -S., Yeh, R. -C., Chung, C.-J. (2007) Optimizing Replenishment Policy for Supply Chain Collaboration with Multiple Delivery Considering Pricing and Information Sharing. *Logistics Management Review*, 2(1), 99-106.
- [24] Tkaczyk, S. and Jagla, J. (2001) The Economic Aspects of the Implementation of a Quality System Process in Polish Enterprises. *Journal of Materials Processing Technology*, 109, 196-205.
- [25] Torabi, S. A., Fatemi Ghomi, S. M. T.



- and Karimi, B. (2006) A Hybrid Genetic Algorithm for the Finite Horizon Economic Lot and Delivery Scheduling in Supply Chains. *European Journal of Operational Research*, 173, 173-189.
- [26] White, R. E. and Prybutok, V. (2001) The Relationship between JIT Practices and Type of Production System. *Omega*, 29, 113-124.
- [27] Zhao, X., Xie, F. and Zhang, W. F. (2002) The Impact of Information Sharing and Ordering Co-ordination on Supply Chain Performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 7, 24-40.

