

**2010 TOPCO 崇越論文大賞**

論文題目：

大型量販店整合性庫存控制與銷售物流  
網路之多目標區位定址問題

報名編號：F0013

---

## 摘要

本研究主要探討大型量販店物流網路之區位定址問題，並加入供應商管理庫存策略，並整合了供應鏈供應商選擇、庫存控制與運輸等供應鏈中重要議題，以兩階層的供應鏈為例，由供應商將商品成品運送至配銷中心，配銷中心再將商品成品送至消費者手中。由於本模式所考量的目標為總成本最小、服務回應率最大、商品訂單達交率等三大目標，並非單一的目標，所以我們使用了基因遺傳演算法(NSGA-II)求解混合非線性整數規劃問題，並採行兩個貪婪法則來使用基因遺傳演算法求取柏拉圖最佳解。依據所建立問題之混合式基因演算法所寫的 MATLAB 程式進行相關的進行模式求解與數據分析，以便能瞭解數學規劃模式中相關參數與不同因子的變化，對於整合性物流網路選址問題當中之最適解所產生的影響性。最後，我們設計了不同情境，將不同目標函數賦予不同的權重值，以得知對於不同目標函數權重的情境明顯會影響配銷中心的地點設置之決策，再由決策者依據所得的結果選擇適合的方案，最後再把成本項細分為六項，探討各項成本的影響程度。

**關鍵字：**設施區位定址、供應商選擇、整合性供應鏈、庫存控制、供應商管理庫存、多目標基因遺傳演算法

---

## 壹、研究動機與目的

在傳統的物流網路設計問題中，最小成本與最大利潤常是最佳化唯一的問題目標，但在實際問題上應該是多目標規劃的問題。本研究希望藉由多目標規劃方法來尋求最適的答案。此外，發現國內大型量販店所採用的銷售物流網路架構與欲探討的議題是不謀而合的，且現階段有效求解類似物流網路系統的相關研究與文獻不多，因此認為此問題應該是相當值得探討的。

本研究主要探討一個大型量販店整合性物流網路設址多目標數學模式之問題，其目的有五：

1. 探討一個多目標模式並考慮供應鏈整合的可能性，並以總成本最小、訂單達交率及顧客服務回應率最大為求解目標，另外引入供應商管理庫存 VMI 之庫存策略，藉此降低缺貨可能性，並拉高消費者滿意度。
2. 探討運用多目標基因遺傳演算法來求解所提出之多目標數學規劃模式的可行性。
3. 探討本研究之多目標數學規劃模式是否具有柏拉圖最適解(Pareto optimal solutions)？

4. 以國內知名量販店廠商為實例，以不同情境考量之下，驗證本研究模式的最適解選址的結果。
5. 藉著探討兩階段供應鏈銷售物流網路模式，提供多個供應商供配銷中心挑選，同時量販店業者可以依照自己的相關條件選擇是否需要哪個供應商供應商品。

## 貳、文獻探討

### 一、設施區位定址問題(Facility Location Problem)

本研究在建立在供應商、配銷中心及消費者三者之間的運銷關係上，而配銷中心連結著供應商與消費者，因此配銷中心地點位置的決定是相當關鍵且重要的，而該類選址問題即稱為設施區位定址問題(FLP)。Ballou and Masters (1993)在該銷售網路的流程設計中，曾提出四個主要戰略規劃之議題，如下圖 1 所示。

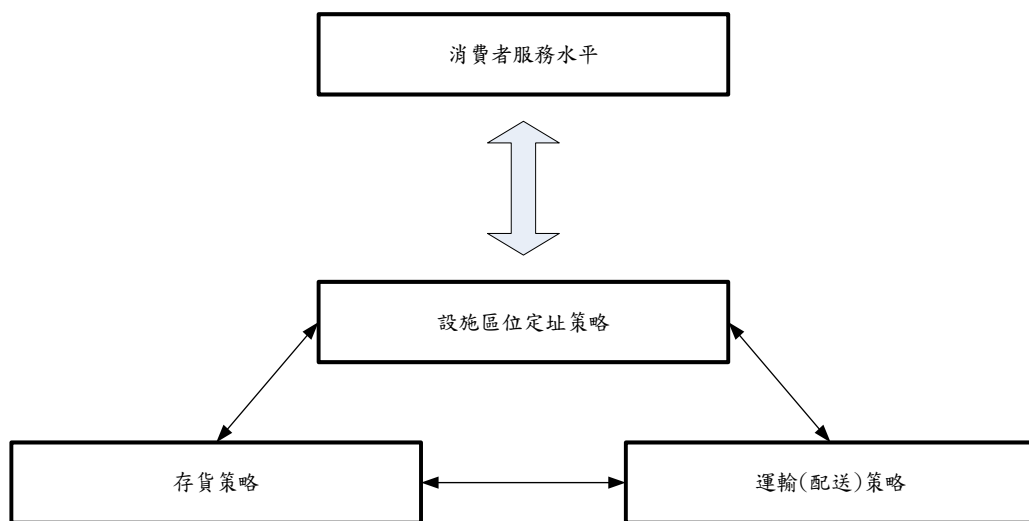


圖 1 銷售設計網路中的四個戰略計劃

第一個議題是提到如何達成消費者服務水平的決策，第二個議題是如何配置設施，第三個議題是牽涉到相關存貨策略的決定，第四個議題則是運輸跟貨物配送之決策；以上四個議題之間存在極大的關聯性，也顯示設施區位定址問題(FLP)的重要。

張有恆(1998)認為設施定址可以定義為物流系統上的一個固定節點(fixed node)，而此節點的功能是為了進行產品的儲存、加工、操作、配銷或交易等活動，而且設施區位的決定會影響到供應鏈的運輸成本和產品儲存的數量與成本，甚至

是消費者的服務滿意程度。Thanh *et al.*(2008)提出一種混合整數線性規劃(MILP)來設計、規劃生產配銷系統，且針對策略與戰術方面，給予開啟、關閉或擴大設施等動態決策考量。Peidro *et al.*(2010)發展出一個模糊線性規劃模型，針對供應鏈戰術方面，並設定多階層、多產品和多階段的供應鏈網路，考量需求、供給不確定性等因子，目的是為了同時決定多節點，便能以最低的成本，也同時滿足客戶需求。Dupont(2008)選擇一系列設施(工廠、倉庫、公共設施等)，給定一區域，用以滿足此區域的全部客戶或是部分客戶的需求，並介紹一種新型設施定址模型，再利用分枝界限演算法(branch and bound)找出最適合的解。

## 二、 供應商管理庫存(Vender Managed Inventory)

供應商管理庫存(Vender Managed Inventory, VMI)，大約在 1958 年部分製造商為了提升其下游零售商的服務水準及存貨週轉率，用更正確的銷售預測方法和更有效率的庫存配送系統，來達成預期的目的。Brynjolfsson and Smith(2000)在研究中提到美國的 P&G 和 Wall-Mart 自 1995 年將 VMI 系統實際的運用在其供應鏈體系，大幅改善 P&G 產品送到 Wall-Mart 採用的前置時間，增加庫存週轉率，以及 Dillard 百貨公司、Wall-Mart 等採用 VMI 系統後，銷售額增加了 20-25%，存貨週轉率改善 30%，同時 VMI 改善了供應商和零售商的獲利性，這是非 VMI 系統的零售商所不能達成的，因為只有供應商能在有更精確的需求資訊之下，提供更快速的補貨系統。

## 三、 整合性供應鏈模式

Min and Zhou(2002)把整合供應鏈管理模式區分為五類，如圖 2 所示，包括：(1)供應商選擇與存貨控制整合模式、(2)生產與存貨控制整合模式、(3)地理位置選擇與存貨控制整合模式、(4)地理位置選擇與運輸路徑選擇整合模式、(5)存貨控制與運輸整合模式等。

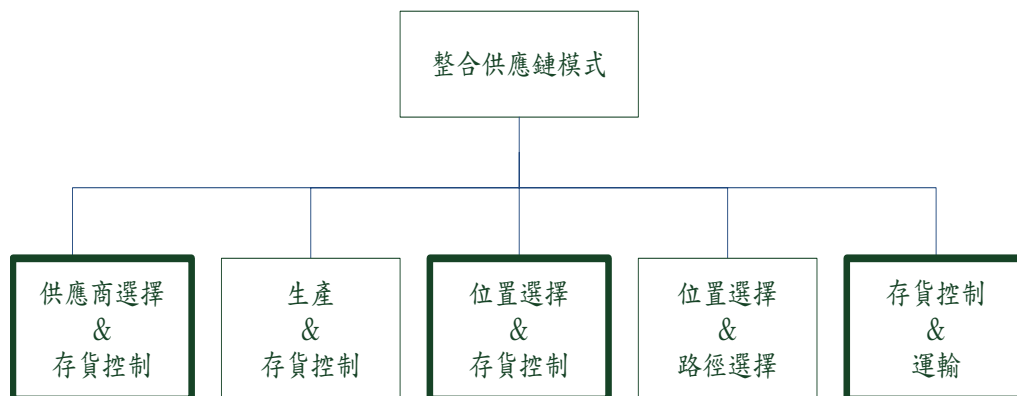


圖 2 整合性供應鏈模式

此外，Min and Zhou(2002)還另外將研究模式歸納為四大類，分別是確定性模式、隨機性模式、混合式模式、資訊技術導向模式。依據 Min and Zhou(2002)之研究方法分類，其中於確定性模式中提出運用多目標方法研究供應鏈管理，本研究將針對多目標方法實施探討。以下各學者所提出之多目標確定性模式研究整理如下：

Chern and Hsieh(2007)評估目標為成本、運輸、庫存分析與需求，提出一個多目標總體規劃算法來解決總體規劃的問題，並以三個目標作權衡動作。隨著複雜性和計算分析，該方法被證明在解決重大規劃問題時非常有效。Torabi and Hassini(2008)評估目標為成本與購買價值，提出一個新的多目標機率混合整數線性規劃模型，整合採購、生產和銷售規劃，並考量各種衝突的目標，以及不確定的關鍵參數(如市場需求和成本/時間係數等)，然後運用適當策略轉換多目標機率整數線性規劃模型為多目標線性模型，最後使用一種新穎的交互式模糊辦法來解決問題；還有其它 Jayaraman(1998)、Ganeshan(1999)、Min and Melachrinoudis(1999)、Erlebacher and Meller(2000)、Sabri and Beamon(2000)、Nozick and Turnquist(2001)、Altıparmak *et al.* (2006)、Shen(2000)、Shen *et al.* (2003)等。

### 參、 模式建構

#### 一、 模式建構

本研究問題建立於兩階段之供應鏈模式上，由  $I$  個供應商(多個供應商)將商品(完成品)運送到  $J$  個配銷中心(多個配銷中心)，下圖 3 簡單描繪了本研究所涵蓋的整合性庫存控制與分銷網路系統。

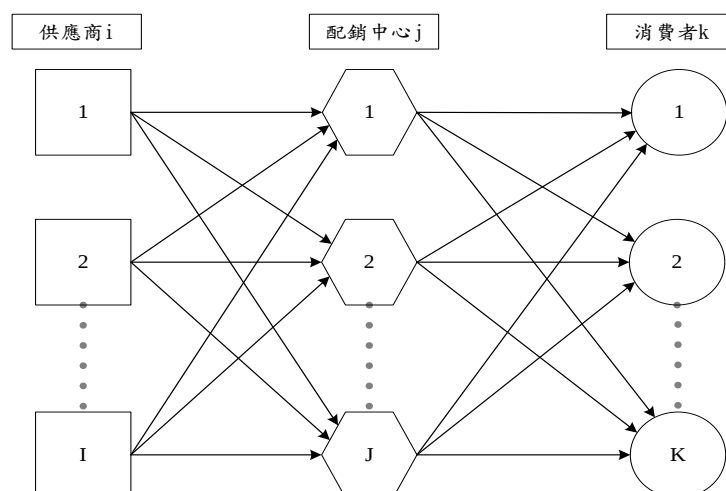


圖 3 本研究之分銷網路系統架構圖

本研究重點有兩方面，一方面考量為了使整合後供應鏈之總成本最小為主要目標；另一方面，則是探討供應鏈中消費者之服務水平問題，本研究將其分為兩項，一是服務回應率，另一個是商品訂單達交率。建立一個非線性整數規劃的多目標數學模式來求解。為了方便數學模式之建立，本研究假設如下：

1. 僅考慮單一種產品之供應商(省略產品多樣性)；
2. 不考慮進料、生產製造等過程，直接由完成品開始運送(簡易之物流步驟：進料→原物料儲存→生產製造→成品倉儲→配送，本研究只針對成品倉儲→配送做模式架構)；
3. 供應商與消費者位置固定；
4. 單一消費者只可由單一配銷中心來運送，所以訂單不能拆份運送。不過，供應商與配銷中心之間卻沒有這樣的限制；
5. 消費者不可以直接向供應商下訂單(不可以跳過配銷中心)；
6. 供應商與消費者之間沒有所謂的存貨成本，所有的庫存只發生在配銷中心，供應商只負擔本身之營運成本；
7. 配銷中心之間不能互相補貨、配送；
8. 配銷中心不從事生產作業，本身需求需要由供應商來補足；
9. 供應商不能直接運送貨物給消費者；
10. 在配銷中心除了有設置成本和營運成本，還加入了存貨持有成本和考量設定安全存量，用以應對消費者需求等不確定因素；
11. 供應商供給產品上有產能的限制，配銷中心亦有庫存容量的限制；
12. 供應商每階段的供給量都不多於供應商的產能限制，所以沒有缺貨的問題。

## 二、 模型符號說明

基本指標： $i$  供應商， $i=1,2,\dots,I$ ； $j$  配銷中心(DC)， $j=1,2,\dots,J$ ； $k$  消費者， $k=1,2,\dots,K$ 。

參數部分： $C_{ij}$ 為單位產品從供應商  $i$  運送到配銷中心  $j$  的運輸成本、 $t_{jk}$ 為單位產品從配銷中心  $j$  運送到消費者  $k$  的運輸成本、 $f_i$ 為選擇供應商  $i$  的固定(每年的)營運成本、 $g_j$ 為營運配銷中心  $j$  的固定(每年的)成本、 $n_{jk}$ 為消費者  $k$  對配銷中心  $j$  的訂購

次數、 $h_j$  為單位產品每年在配銷中心的庫存持有成本、 $\alpha$  為消費者需求的服務水準、 $P_i$  為供應商  $i$  的最大產能、 $V_j$  為配銷中心  $j$  的最大庫存量、 $\mu_k$  為消費者  $k$  對於產品的日需求平均數、 $\sigma_k$  為消費者  $k$  對於產品的日需求標準差、 $z_\alpha$  為服務水準為  $\alpha$  時的標準常態分配值、 $P(Z > Z_\alpha) = \alpha$ 、 $L_{jk}$  為配銷中心  $j$  收到訂單運送貨物之後到消費者  $k$  的前置時間、 $d_k$  為消費者  $k$  的年需求量、 $o_{jk}$  為消費者  $k$  對於配銷中心  $j$  下訂單的單位固定成本、 $D_{max}$  為消費者允許的最大集合覆蓋距離、 $dis(i, j)$  為供應商  $i$  到配銷中心  $j$  的距離、 $dis(j, k)$  為配銷中心  $j$  到消費者  $k$  的距離。

決策變數： $x_{ij}$  為從供應商  $i$  運送到配銷中心  $j$  的產品數量、 $y_{jk}$  為 1 if 配銷中心  $j$  服務消費者  $k$ ，0 otherwise、 $w_i$  為 1 if 選擇供應商  $j$ ，0 otherwise、 $s_j$  為 1 if 配銷中心  $j$  營運，0 otherwise、 $Q_{jk}$  為消費者  $k$  對配銷中心  $j$  的年訂貨量。

### 三、 模型之目標函數

下圖 4 為本研究問題數學模型之概念圖形。

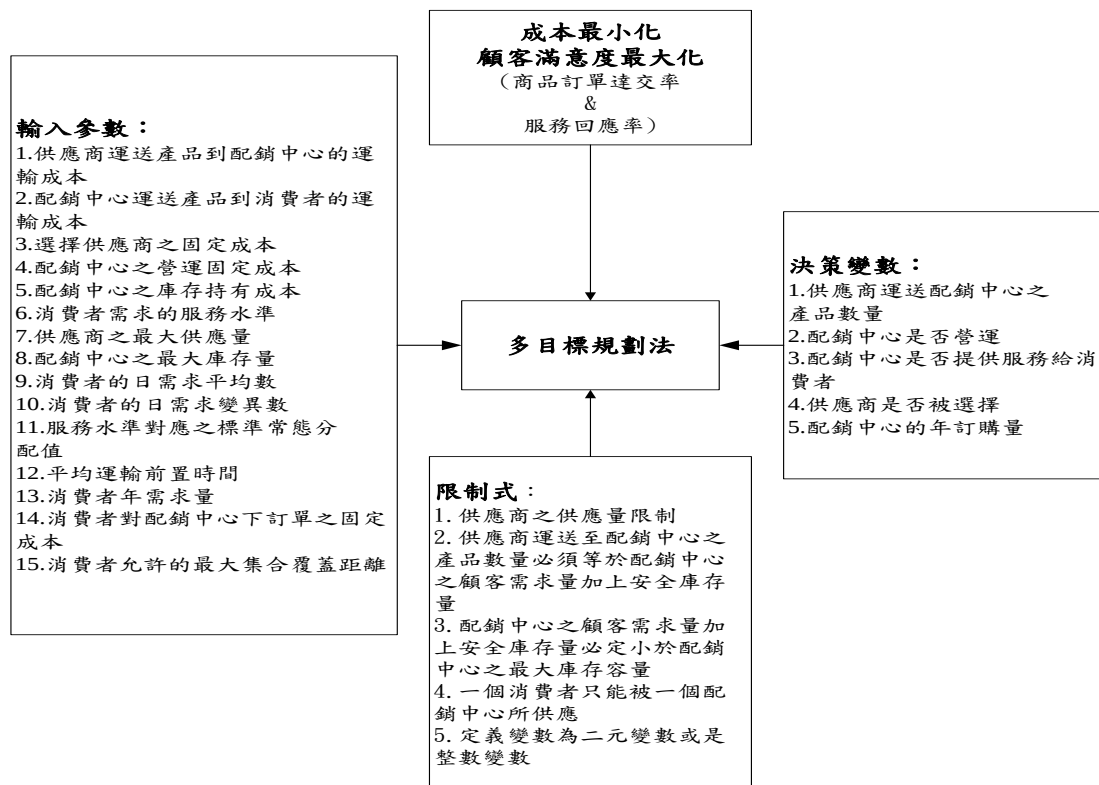


圖 4 數學模型之概念圖形

為了考慮庫存因素在模式中的影響，根據 Eppen's(1979)基本庫存理論，當我們考慮在一個所謂的供應商管理庫存(VMI)，該系統即是在風險集中(Risk Pooling)

的考量之下，為了使需求者需求不確定的因素可能造成的缺貨可能，業者通常會考量安全庫存(Safety Stock)的置放。因此，當需求者需求之服務水準給定為 $1-\alpha$ 時，則集中於配銷中心  $DC_j$  的總安全存貨量為 $z_{1-\alpha} \sqrt{\xi_{jk} \sum_k \sigma_k^2 X_{jk}}$ ，其中 $z_{1-\alpha}$ 為標準常態分配下服務水準為  $1-\alpha$ 的常態分配值。

#### 四、 整合庫存控制與銷售物流網路之多目標設址模式

以最小化成本、最大化服務回應率和最大化商品訂單達交率及其限制式，就得出欲探討的多目標整合性庫存控制與供應鏈分銷網路系統之設施定址模式，完整模式如下：假設 $Z_1$ 為總成本 TC， $Z_2$ 為服務回應率， $Z_3$ 為商品訂單達交率

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_1 = & \{ \sum_{i=1}^I f_i w_i + \sum_{j=1}^J g_j s_j + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K o_{jk} (\frac{d_k y_{jk}}{Q_{jk}}) + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J c_{ij} [\text{dis}(i, j)] x_{ij} \\ & + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K t_{jk} [\text{dis}(j, k)] d_k y_{jk} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \frac{h_j Q_{jk}}{2} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K h_j (z_{\alpha} \sqrt{L_{jk} \sum_{k=1}^K \sigma_k^2 y_{jk}}) \} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Max } Z_2 = (\sum_{k=1}^K \sum_{j \in \eta_k} d_k y_{jk}) / (\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K d_k y_{jk}) \quad (2)$$

$$\text{Max } Z_3 = (\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K d_k y_{jk}) / (\sum_{k=1}^K d_k) \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^J x_{ij} \leq P_i w_i, \quad \forall i \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{ij} = \sum_{k=1}^K d_k y_{jk} + z_{\alpha} \sqrt{L_{jk} \sum_{k=1}^K \sigma_k^2 y_{jk}}, \quad \forall j \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^K d_k y_{jk} + z_{\alpha} \sqrt{L_{jk} \sum_{k=1}^K \sigma_k^2 y_{jk}} \leq V_j s_j, \quad \forall j \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^J y_{jk} = 1, \quad \forall k \quad (7)$$

$$y_{jk}, w_i, s_j \text{ are binary variables} \quad (8)$$

$$x_{ij}, Q_{jk} \text{ are integers} \quad (9)$$

All variables are all positive.....(10)

1. 第一個目標式(1)–Minimize 總成本 TC (Total Cost)

= 供應商營運成本+配銷中心營運成本+訂貨成本+內部運輸成本+外部運輸成本+平均需求庫存成本+安全庫存成本

2. 第二個目標式(2)–Maximize 服務回應率(Responsiveness Level)

= 最大容忍範圍指派條件消費者的總訂單需求量在所有成功指派消費者的總訂單需求量中所佔之最大化比率

(本數學模式利用集合覆蓋之概念來測量消費者的服務水平，給定消費者可以容忍的最大範圍之距離半徑 $D_{max}$ ，當一個消費者被指派到距離半徑 $D_{max}$ 之內的配銷中心時，即代表此消費者對這個訂單的指派結果是滿意的。每位消費者我們定義了一個對應之覆蓋集合 $\tau_k = \{j \mid B_{jk} \leq D_{max}, j \in J\}$ ，其中 $B_{jk}$ 為配銷中心 $j$ 到消費者 $k$ 的距離。)

3. 建立第三個目標式(3)–Maximize 商品訂單達交率(volume fill rate)

= 以訂單需求量被成功指派總數在全部的總需求中所佔的最大化比率

4. 整體模型之限制式—

(4)為供應商運送到所有有配送中心之總產品數量不能超過供應商之產能。

(5)為供應商運送至配銷中心之產品數量必須等於配銷中心之顧客需求量加上安全庫存量。

(6)為配銷中心之顧客需求量加上安全庫存量必定小於配銷中心之最大庫存容量。

(7)為單一消費者只能被單一配銷中心所供應。

(8)為 $y_{jk} = 1$  or  $0$  ,  $w_i = 1$  or  $0$  ,  $z_j = 1$  or  $0$  皆為二元變數。

(9)為 $x_{ij}$  ,  $Q_j$  皆為整數變數。

(10)為所有變數皆為非負變數。

## 肆、問題求解方法

### 一、 第二代非支配基因演算法(NSGA-II)



**步驟 1：**每個個體  $P(1)$  在原始的樣本中，都是經由 0 或者 1 的隨機變數長度  $m$  而產生的。這個步驟產生了每個原始樣本包含  $L$  個字串的樣本數，也生產符合和不符合的個體（例如：染色體）。

**步驟 2：**主要使用的排除方法稱為死刑處罰(death penalty)，在這裡所有無法產生可行解的染色體都會被剔除，死刑處罰的函數，在很多演化法的技術中是一個常常被使用的方法，因為它容易施行因此被用來處理許多問題中的限制。在一個數學模式中，如果目前的樣本，存在無法施行的解（例如：不符合要求的後代），他們就會被剔除，取而代之的是新的隨機變數所產生的合法解。因為沒有必要評估無法施行的解，或者與可施行的解來作為比較。

**步驟 3：**染色體的健康取決於目標函數中，解碼後的答案來評估，並與其他染色體的比較。非支配的排序會依照下列的排序模式，來暫時更新柏拉圖最佳解：令  $p$  與  $q$  為兩個染色體在樣本  $P(t)$  中；再令  $Z_k(p)$  和  $Z_k(q)$  為第  $k$  個目標函數來個別評估解碼後的  $p$  和  $q$ 。在我們的模式中， $Z1(-)$ 測量的是總供應鏈成本， $Z2(-)$ 則是測消費者服務回應率， $Z3(-)$ 則是商品訂單達交率，使用偏好規則( $\geq n$ )，我們說  $p \geq n q$  假使  $Z1(p) \leq Z1(q)$ ， $Z2(p) \geq Z2(q)$  且  $Z3(p) \geq Z3(q)$ ；且當中下列條件至少一個成立： $Z1(p) < Z1(q)$  或  $Z2(p) > Z2(q)$  或  $Z3(p) > Z3(q)$ 。

**步驟 4：**我們使用二元競賽式選擇，來選擇母體  $P(t)$  做交換。我們從群體中經由運算關係  $\geq n$  隨機選擇兩個適合的母體  $P(t)$ 。被選中的染色體，就會成為交配池中的母體，而完成選擇的兩個母體都會回到母體  $P(t)$  群中，因此較適合的一方被選中的機率就會比較高。我們使用規律的交配模式，重組交配池集中的母體  $P(t)$  來產生新的子代  $C(t)$ 。

**步驟 5：**在我們的演化規則中，突變只適用於從交換運算中出來的子代，突變的目的是要使染色體群體能多元化，使得被重複複製染色體產生的機率達到最小。每一個染色體都有一個隨機突變的模式。每一個基因中的染色體，都有一個介於 0 到 1 之間的規律性隨機變數。

**步驟 6：**首先，形成一組新的染色體  $R(t) = P(t) \cup C(t)$ ，此母體  $R(t)$  會有的大小。之後，依照運算關係  $\geq n$  選擇出前  $L$  個染色體。選擇方式乃是依照非支配解前緣排名值與擁擠距離值的大小，從第一個前緣開始排序直到染色體到達  $L$  的大小為止，即形成新的母體  $P(t+1)$ 。而產生一個尺寸為  $L$  的新母體，將會再次經由選擇、交換和突變來產生新的子代  $C(t+1)$ 。

**步驟 7：**當演化世代  $t$  達到最大世代  $T$  時，則此運算即停止。

**步驟 8：**在搜尋過程之後，決策者可以從各個柏拉圖解決方案中，選擇較適合的解決方案，並且藉此審核自己的目標，是否為最適當的選擇。

此外，所面臨的另一個待解決問題，乃是將消費者指定於某個已決定開放 DC（即模式中決策變數 $y_{jk}$ ）的指派決定。在此，依據下列兩個貪婪法則（法則 1、法則 2），依序分派不同需求者到不同的配銷中心。

**法則 1：**如果消費者  $k$  有涵蓋在覆蓋範圍 $D_{\max}$ 的配銷中心(即 $\tau_k \neq \emptyset$ )，就將消費者  $k$  指派到具有足夠容量且剩下的容量和消費者需求量差異最小的開放 $DC_j$ (若存在的話)。換句話說，就是將一個配銷中心儘量分配到滿為主要考量。

**法則 2：**假使消費者  $k$  沒有涵蓋在覆蓋範圍 $D_{\max}$ 的配銷中心(即 $\tau_k = \emptyset$ )，則由其他有足夠容量的配銷中心來負責配送，然而在距離成本考量下，我們選擇離消費者  $k$  最近的配銷中心。

然而，此步驟無法保證每一個需求者能被分配到特定的配銷中心，因為配銷中心都有容量之限制，在這種情況下，無法指派成功的消費者會使得供應商蒙受商業上的損失，然而此結果的造成亦是無法避免的。

## 伍、 案例設計與分析

### 一、 案例設計說明

基於兩階層供應鏈為例，假設某一家 C 大賣場，現在僅考慮單一產品，有 7 個供應商( $i=1,2,\dots,7$ )、8 個配銷中心( $j=1,2,\dots,8$ )、44 個消費者(賣場)( $k=1,2,\dots,44$ )，如下圖 6。

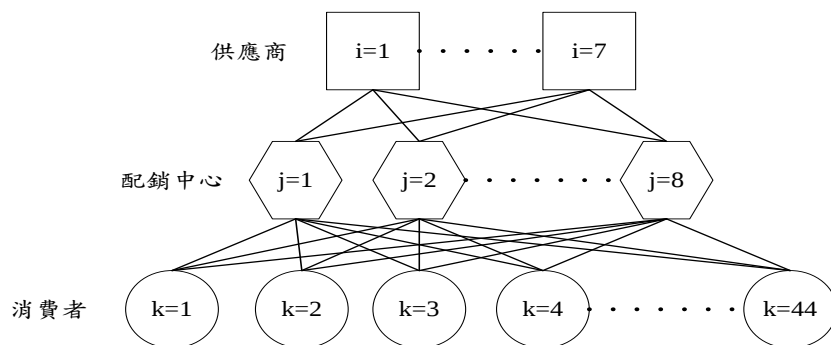


圖 6 案例之物流架構

接下來根據對應供應商、配銷中心和消費者之相關參數資料假設方式如下：

1.  $C_{ij}$ —假設每單位是 0.2 元。
2.  $dis(i,j)$ —距離按照 Google map 實際車輛路徑行走距離，以公里為單位。
3.  $t_{jk}$ —假設每單位是 1 元。
4.  $dis(j,k)$ —距離按照 Google map 實際車輛路徑行走距離，以公里為單位。
5.  $f_i$ —這裡是由 50000000~80000000 之間的隨機亂數產生，以元為單位。
6.  $g_j$ —這裡是由 35000000~65000000 之間的隨機亂數產生，以元為單位。
7.  $h_j$ —假設每單位是 1.2 元。
8.  $o_{jk}$ —假設每單位是 0.125 元。
9.  $P_i$ —供應商每年能提供的最大產品數量，本研究根據平均年總需求假設一個總產能，這個總產能高於平均年總需求，之後由 1200000~1500000 之間隨機亂數分配給每個供應商。
10.  $V_j$ —每年依據配銷中心的倉庫大小所能儲存的商品數量，本研究根據平均年需求假設總庫存量，這個庫存量跟平均年總需求差不多，之後再根據物流中心的佔地面積分配各自的庫存量。
11.  $\mu_k$ —每個區域有 6 個日需求，分別平均可得之(取整數部分)。
12.  $\sigma_k$ —每個區域有 6 個日需求，對其求標準差可得之(小數取兩位)。
13.  $d_k$ —這裡取平均需求量乘以 365 天為年需求量(取整數)。
14.  $Q_{jk}$ —訂貨量根據第三章所導出之最適經濟訂購量來帶入求得。
15.  $L_{jk}$ —商品從配銷中心運送至消費者的時間，這裡是由 1~10 之間隨機亂數產生，以天數為單位。
16.  $z_\alpha$ 、 $D_{max}$ —在 95% 的信心水準之下，標準常態分配值  $z_\alpha = 1.96$ ；最大覆蓋距離 ( $D_{max}$ ) 是由 50~100 之間隨機亂數產生，並分配給每個配銷中心，以公里為單位。

## 二、 案例求解

藉由資料的輸入於 MATLAB 中，並利用基因遺傳演算法之後，所得的柏拉圖前緣隨即顯現了出來(在這裡我們假設會跑出 200 個子代，並以這 200 個子代的相關圖形做說明)，下圖 7(a)~7(d)表示柏拉圖最佳解的演進趨勢(每次結果總共有 50 個解)：

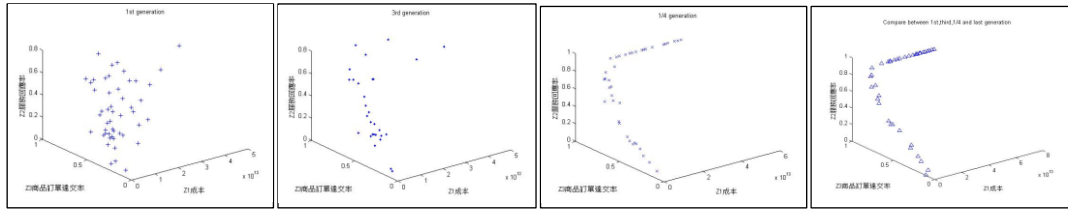


圖 7 (a)演算法第一代、(b)第三代、(c)前 1/4、(d)最後一代之演算結果

第一代(圖 7(a))中由於資料大部分是採隨機選取的，所以解會比較分散雜亂，演化到第三代(圖 7(b))則演算結果逐漸收斂但仍十分分散。之後，是 200 代中的前 50 代(圖 7(c))，再經過突變、遺傳等選擇過程後，柏拉圖最適前緣漸漸出現(圖 7(d))，收斂了。

### 三、 案例分析

為了找出對於決策者最好的柏拉圖最佳解，我們依據以下式子中的 Score 數值的最小做為判斷依據，公式即為 Score 數值的計算方式：

$$\text{Score} = \left\{ \sum_{t=1}^k w_t \left[ \frac{f_t - f_t^*}{f_t^*} \right]^2 \right\}^{1/2}, t = 1, 2, 3$$

—  $f_t^*$  為理想點座標，預設值為(1,1,1)，也就是最小成本、最大服務回應率和最大商品訂單達交率三方面的理想狀態； $f_t$  為第  $t$  個目標函數前緣解的標準化值； $w_t$  為第  $t$  個目標函數所對應之偏好程度。

首先針對 50 個柏拉圖前緣解，做標準化的動作，也就是把各組的三個目標函數值變成 0~1 之間的數，接下來根據決策者的不同，分成以下四種情境：情境一(假設成本偏好權數為 0.8、服務回應率偏好權數為 0.1、商品訂單達交率偏好權數為 0.1)、情境二(假設成本偏好權數為 0.1、服務回應率偏好權數為 0.8、商品訂單達交率偏好權數為 0.1)、情境三(假設成本偏好權數為 0.1、服務回應率偏好權數為 0.1、商品訂單達交率偏好權數為 0.8)、情境四(假設三項目標偏好權數都為 1/3)。

下表 1 中，我們列出了 50 個柏拉圖前緣解所對應的三個目標函數值、標準化之三個目標函數值和經過偏好加權值設計不同情境並求出的 Score 值(這裡只列出前 30 個最適解)。

表 1 柏拉圖前緣解與決策結果

|    | 目標函數       |        |        | 標準化  |      |      | 情境一   | 情境二   | 情境三   | 情境四   |
|----|------------|--------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|    | Z1         | Z2     | Z3     | Z1'  | Z2'  | Z3'  | Score | Score | Score | Score |
| 1  | 1.8312E+08 | 8.11%  | 8.11%  | 1    | 0.09 | 0    | 0.43  | 0.87  | 0.94  | 0.78  |
| 2  | 1.7224E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.09 | 1    | 1    | 0.81  | 0.29  | 0.29  | 0.53  |
| 3  | 2.6535E+08 | 0.78%  | 10.95% | 0.95 | 0    | 0.03 | 0.44  | 0.95  | 0.92  | 0.8   |
| 4  | 1.8096E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.04 | 1    | 1    | 0.86  | 0.3   | 0.3   | 0.55  |
| 5  | 1.6714E+09 | 84.02% | 97.05% | 0.12 | 0.99 | 0.98 | 0.79  | 0.28  | 0.28  | 0.51  |
| 6  | 1.5491E+09 | 78.26% | 90.94% | 0.19 | 0.92 | 0.92 | 0.73  | 0.27  | 0.27  | 0.47  |
| 7  | 1.5626E+09 | 68.60% | 86.50% | 0.18 | 0.81 | 0.87 | 0.74  | 0.31  | 0.29  | 0.49  |
| 8  | 1.0978E+09 | 44.92% | 55.95% | 0.46 | 0.52 | 0.53 | 0.53  | 0.49  | 0.48  | 0.5   |
| 9  | 7.1945E+08 | 39.55% | 42.64% | 0.68 | 0.46 | 0.38 | 0.39  | 0.53  | 0.59  | 0.51  |
| 10 | 2.3311E+08 | 14.39% | 16.49% | 0.97 | 0.16 | 0.09 | 0.39  | 0.8   | 0.86  | 0.72  |
| 11 | 1.4869E+09 | 72.69% | 81.76% | 0.23 | 0.85 | 0.82 | 0.69  | 0.28  | 0.3   | 0.46  |
| 12 | 1.9768E+08 | 8.11%  | 8.11%  | 0.99 | 0.09 | 0    | 0.43  | 0.87  | 0.94  | 0.78  |
| 13 | 1.7033E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.1  | 1    | 1    | 0.8   | 0.28  | 0.28  | 0.52  |
| 14 | 2.1355E+08 | 18.60% | 20.42% | 0.98 | 0.21 | 0.14 | 0.37  | 0.76  | 0.81  | 0.67  |
| 15 | 2.3311E+08 | 14.39% | 16.49% | 0.97 | 0.16 | 0.09 | 0.39  | 0.8   | 0.86  | 0.72  |
| 16 | 1.6151E+09 | 79.31% | 91.73% | 0.15 | 0.93 | 0.93 | 0.76  | 0.28  | 0.28  | 0.49  |
| 17 | 5.9217E+08 | 24.67% | 29.24% | 0.76 | 0.28 | 0.23 | 0.4   | 0.69  | 0.73  | 0.62  |
| 18 | 1.7742E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.06 | 1    | 1    | 0.84  | 0.3   | 0.3   | 0.54  |
| 19 | 3.8846E+08 | 28.51% | 28.51% | 0.88 | 0.33 | 0.23 | 0.34  | 0.65  | 0.72  | 0.59  |
| 20 | 1.6971E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.1  | 1    | 1    | 0.8   | 0.28  | 0.28  | 0.52  |
| 21 | 1.8190E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.03 | 1    | 1    | 0.87  | 0.31  | 0.31  | 0.56  |
| 22 | 1.7540E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.07 | 1    | 1    | 0.83  | 0.29  | 0.29  | 0.54  |
| 23 | 2.5359E+08 | 18.60% | 20.55% | 0.96 | 0.21 | 0.14 | 0.37  | 0.76  | 0.81  | 0.67  |
| 24 | 1.8611E+09 | 85.01% | 98.45% | 0    | 1    | 1    | 0.89  | 0.32  | 0.32  | 0.58  |
| 25 | 1.7382E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.08 | 1    | 1    | 0.82  | 0.29  | 0.29  | 0.53  |
| 26 | 1.7224E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.09 | 1    | 1    | 0.81  | 0.29  | 0.29  | 0.53  |
| 27 | 1.0788E+09 | 65.14% | 73.71% | 0.47 | 0.76 | 0.73 | 0.49  | 0.29  | 0.3   | 0.37  |
| 28 | 1.8690E+09 | 85.01% | 98.45% | 0    | 1    | 1    | 0.89  | 0.32  | 0.32  | 0.58  |
| 29 | 1.7947E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.04 | 1    | 1    | 0.86  | 0.3   | 0.3   | 0.55  |
| 30 | 1.7609E+09 | 85.01% | 98.45% | 0.06 | 1    | 1    | 0.84  | 0.3   | 0.3   | 0.54  |

依據 Score 數值最小的的決策準則，觀察結果發現，情境一(以成本為主)中，Score 最小值發生在第 19 組解，因此第 19 組解即為該決策者的柏拉圖最適解，也就是最後決策方案；情境二(以服務回應率為主)中，Score 最小值發生在第 6 組解；情境三(以商品訂單達交率為主)中，Score 最小值也是發生在第 6 組解；情境四(三個目標偏好程度一致)中，Score 最小值發生在第 27 組解。

表 2 第 6、19、27 組解對應之目標函數值

| 解  | MIN 成本     | MAX 服務回應率   | MAX 商品訂單達交率 |
|----|------------|-------------|-------------|
|    | Z1         | Z2          | Z3          |
| 6  | 1.5491E+09 | 78.26%      | 90.94%      |
| 19 | 3.8846E+08 | 28.51%      | 28.51%      |
| 27 | 1078796481 | 0.651366879 | 0.737136811 |

觀察第 6、19、27 解之各對應目標函數值，如表 2 所示，可以得知各組解之間相對數字的差異，接下來我們把兩兩之間的關係做個比較：第 19 組解成本比第 6 組解成本便宜  $1.16 \times 10^9$ ，但是服務回應率卻少了 49.75%、商品訂單達交率甚至少了 62.51%；第 27 組解成本比第 6 組解成本便宜了  $4.703 \times 10^8$ ，但是服務回應率少了 13.125%、商品訂單達交率也少了 17.229%；第 19 組解成本比第 27 組解成本便宜了  $6.9 \times 10^8$ ，但是服務回應率少了 36.631%、商品訂單達交率也少了 45.208%。

表 3 不同情境之下之柏拉圖最適解與對應參數

| 情境 | 柏拉圖最適解  | DC 設置數 | DC(對應之供應商)                         | 消費者(對應之 DC)                                                                                                                                                                                                    |
|----|---------|--------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一  | 第 19 組解 | 2      | 2(2) 3(5)                          | 3(3) 5(3) 6(3) 8(2) 13(3) 19(2) 20(3)                                                                                                                                                                          |
| 二三 | 第 6 組解  | 7      | 1(6) 3(3) 4(7) 5(5) 6(1) 7(2) 8(5) | 1(5) 2(5) 3(5) 4(5) 5(3) 6(3) 7(3) 8(5) 9(3) 10(1) 11(3) 12(5) 13(6) 15(5) 16(1) 18(3) 19(1) 20(1) 22(4) 23(7) 24(7) 25(7) 27(7) 28(7) 30(7) 32(1) 33(3) 34(4) 35(6) 38(4) 39(4) 40(1) 41(6) 42(8) 43(4) 44(6) |
| 四  | 第 27 組解 | 5      | 2(4) 3(7) 4(3) 5(5) 7(2)           | 3(5) 4(2) 5(5) 6(3) 8(3) 9(5) 10(2) 11(5) 12(3) 15(3) 16(2) 18(5) 19(3) 20(5) 22(4) 23(3) 28(7) 30(7) 32(7) 34(4) 38(4) 39(4) 40(7) 43(4) 44(7)                                                                |

然而，當其中一個目標式加權之後，會造成其他目標函數被抵換(trade off)。以情境一為例，當決策者認為成本這目標較為重要時，所得到的第 19 組柏拉圖最適解結果，其 DC 建立的數量只有 2 間，雖然說成本較低，但相對的也會犧牲掉大部分服務回應率和商品訂單達交率，可能會沒有辦法滿足消費者需求；相反的，當決策者較重視服務回應率和商品訂單達交率的時候，所得到的第 6 組柏拉圖最適結果，其 DC 建立的數目為 7 間，這跟上述比較可以得知多增加 DC 雖然可以使服務回應率和商品訂單達交率增加，卻要較多的成本(運輸成本等)付出，參照表 2、3。依據上述決策方法可以找出問題在不同情境之下的柏拉圖最適解之外，可決定最佳 DC 設置數量與該設立的 DC 所對應之供應商選擇結果，也可得知每個消費者是如何選擇 DC 之情況，結果如表 3 所示。

我們將各種情境所獲得的柏拉圖最適解與其選擇建立的 DC 及所求得對應之

供應商選擇知結果連結至台灣地圖中，並以圖的方式陳述之。圖 8(a)~8(c)，乃是依據上述四種不同情境下，以圖示的方式呈現問題的最後三組柏拉圖最適解之決策結果(第 19 組、第 6 組、第 27 組)。

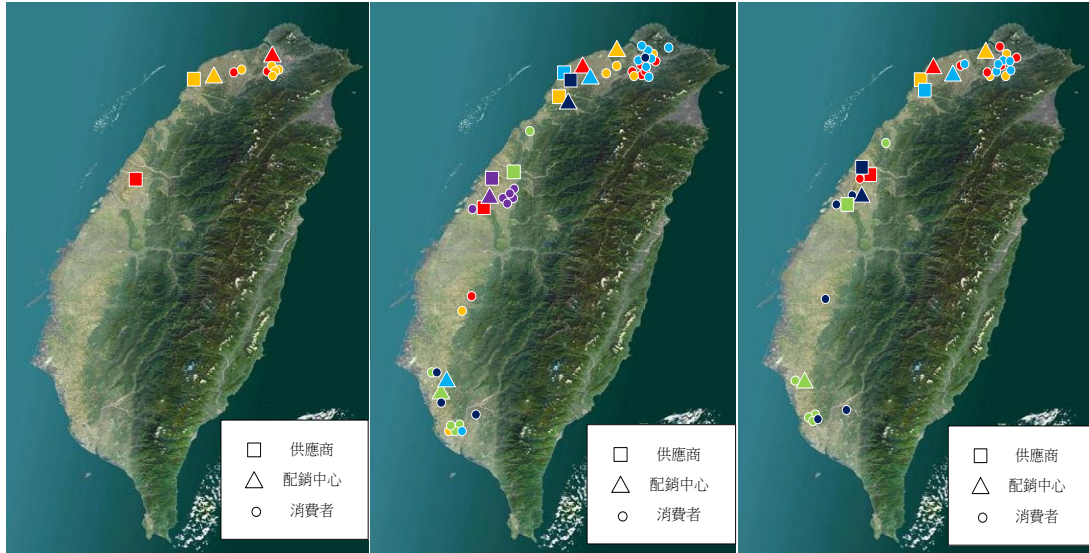


圖 8 (a)情境一、(b)情境二和三、(c)情境四之最適解選址結果

由圖 8 之結果得知，不同顏色代表不同之供應商對應之配銷中心和配銷中心是服務哪些消費者，依據顏色不同我們可以判別出整個量販店的銷售物流網路是怎樣的運作，並根據設定的情境不同時，得知 DC 設址位置與數量之決策結果會有些許的不同。

表 4 柏拉圖前緣解之成本項目百分比

| 成本項目百分比 | 供應商之營運成本 | 配銷中心之營運成本 | 訂貨成本  | 庫存成本  | 外向運輸成本 | 內向運輸成本 |
|---------|----------|-----------|-------|-------|--------|--------|
|         | COST1    | COST2     | COST3 | COST4 | COST5  | COST6  |
| 6       | 0.27     | 0.29      | 0     | 0     | 0.33   | 0.1    |
| 19      | 0.28     | 0.33      | 0.1   | 0     | 0.22   | 0.08   |
| 27      | 0.29     | 0.3       | 0.03  | 0     | 0.29   | 0.09   |

針對第 6 組、第 19 組、第 27 組的成本結構做個分析說明：由於設施定址問題本來就跟營運成本和運輸成本有較大的關係，所以本研究結果的成本結構是合理的，至於訂貨成本與庫存成本跟設施的位置選擇較沒太大的關聯性，所以在這裡所佔的成本比例自然會比較小。有了抵換與拉扯關係之後，在不同情況決策者考慮不同面向時，所得到之結果也會有所差別，因此決策者應該要適當的考量各個目標的權衡關係，才能提供較佳的決策結果。

## 陸、 結論與建議

## 一、 研究結論

經由 NSGA-II 的演算法，我們可以針對總成本最小、服務回應率最大和商品訂單達交率最大等三個目標函數，研究結果也證明此演算法確實能解決我們提出的問題，另外由結果圖形得知，所獲得之柏拉圖前緣曲線呈現極佳的收斂狀態，這也就意味著我們所求得解之品質具有一定的水準。

實驗模擬的過程中，除了數據的蒐集比較困難繁瑣之外，整體的演算流程確實是相當有效率，所有問題皆能在極短的時間內獲得答案，所以本研究模式應該可以用來解決以往被認為是極為繁雜的數學問題。

由數學模式的求解結果，可以清楚地說明三項目標函數是處於相互的對立狀態，即存在某種程度的抵換關係。以本次研究為例，在不同的決策權重下，會導致供應商、DC 的數量與設置點數量受到決定性的影響。

## 二、 管理意涵

本研究試著混合供應商選擇、存貨控制、運輸、區位選擇等各種供應鏈管理之決策議題，並利用多目標以傳基因演算法來求得結果，結果顯示本研究之整合性模式都可以滿足大部分之消費者需求。

本研究探討兩階段供應鏈銷售物流網路模式，拉進了多個供應商供配銷中心挑選，決策者可以依照自己的相關條件選擇是否需要哪個供應商供應商品。

因應消費者需求的不確定性，所以本研究導入 VMI 這個概念，這樣不僅可以減少庫存成本，還可以把不確定這個因素排除。

區位的決定因素有運輸成本、營運成本、位置、設施庫存容量大小等考量，本研究把這些因素化成數值參數上的計算(量化研究)，用以取代以往概念上之質化研究。

經過實驗案例的設計情境不同，發現營運成本與運輸成本對於總成本之影響程度較為明顯，因此，，如果試著降低營運成本與運輸成本，將有利於成本之最小化，當降低的同時也不可忽略考量服務回應率與商品訂單達交率。

## 三、 未來研究方向與建議

本研究之針對單一性常溫產品作探討，同時省略時間因素，而且數據資料大部分都是採亂數產生，期望未來取得相關資料數據之後，可以統籌多元性商品，並加進時間參數為考量。

本研究為了降低成本，導入供應商管理庫存 VMI 技術，由於 VMI 還是有一些相關阻礙與限制(資訊的透明性等)，或許可以加入其它的供應鏈技術可以破除這些相關阻礙，使得模式更加完美。

實務上能考量的目標眾多，而本研究只考慮成本、服務回應率和商品訂單達交率這三個目標，但仍有其他相關目標(利潤)可以考量並進行研究，期望找出其它目標使整個模式更符合現實環境需求。

本研究由於台灣的地形限制所以忽略了東部地區之消費者需求，之後或許可以加進一些相關決策參數，使得模式更為完整。

### 參考文獻

1. 張有恆，1998，「物流管理」，台北，初版，華泰文化事業公司。
2. Altiparmak F., M. Gen, L. Lin and T. Paksoy, (2006), *A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks*, Computers & Industrial Engineering 51, pp.196-215.
3. Ballou R. H. and J. M. Masters, (1993), *Commercial software for locating warehoused and other facilities*, Journal of Business Logistics, 14(2), pp.70-107.
4. Brynjolfsson E. and M. D. Smith, (2000), *Frictionless commerce? a comparison of internet and conventional retailers*, Management Science, 46, pp.563-585.
5. Chern C.-C and J.-S. Hsieh, (2007), *A heuristic algorithm for master planning that satisfies multiple objectives*, Computers & Operations Research, 34, pp.3491-3513.
6. Deb K., Pratap A., Agarwal S., and Meyarivan T., (2002), *A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II*, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(2), pp.182-197.
7. Dupont L., (2008), *Branch and bound algorithm for a facility location problem with concave site dependent costs*, International Journal of Production Economics, 112, pp.245-254.
8. Eppen G., (1979), *Effects of centralization on expected costs in a multi-location newsboy problem.*, Management Science, 25(5), pp.498-501.
9. Erlebacher S. J. and R. D. Meller, (2000), *The interaction of location and inventory in designing distribution systems*, IIE Transactions, 32, pp.155-166.
10. Ganeshan R., (1999), *Managing supply chain inventories: A multiple retailer, one*

warehouse, multiple supplier model, *International Journal of Production Economics*, 59, pp.341-354.

11. Jayaraman V., (1998), *Transportation, Facility location and inventory issues in distribution network design: An Investigation*. *International Journal of Operations & Production Management.*, 18(5), pp.47.
12. Min H. and Melachrinoudis E., (1999), *The relocation of a hybrid manufacturing /distribution facility from supply chain perspectives: A case study*, *Omega*, 27(1), pp.75-85.
13. Min H. and G. Zhou, (2002), *Supply chain modeling: Past, Present and Future*, *Computers and Industrial Engineering*, 43, pp.251-261.
14. Nozick L. K., (2001a), *The fixed charge facility location problem with coverage restrictions*, *Transportation Research. Part E*, 37, pp.281-296.
15. Nozick L. K. and M. A. Turnquist, (2001b), *A two-echelon allocation and distribution center location analysis*, *Transportation Research Part E*, 37, pp.425-441.
16. Ozsen, L., (2004), *Location-Inventory Planning Models: Capacity Issues and Solution Algorithms*, Pd.D. Dissertation, Northwestern University, Evanston, IL.
17. Peidro D. et al., (2010), *A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment*, *European Journal of Operational Research*, 205, pp.65-80.
18. Sabri E. H. and B. M. Beamon, (2000), *A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design*, *Omega*, 28, pp.581-598.
19. Shen Z. J., C. R. Coullard and M. S. Daskin, (2003), *A Joint location-inventory model*, *Transportation Science*, 37, pp.40-55.
20. Shen Z. M. and M. S. Daskin, (2005), *Trade-offs between customer service and cost in integrated supply chain design*, *Manufacturing and Service Operations Management*, 7(3), pp.188-207.
21. Snyder L. V., M. S. Daskin and Teo C. P., (2007), *The stochastic location model with risk-pooling*, *European Journal of Operational Research*, 179(3), pp.1221-1238.
22. Srinivas N. and K. Deb, (1994), *Multiobjective Optimization Using Nondominated Sorting in Genetic Algorithms*, *Evolutionary Computation*, 2(3), pp.221-248.

23. Thanh P. N., N. Bostel and O. Peton, (2008), *A dynamic model for facility location in the design of complex supply chains*, International Journal of Production Economics, 113 , pp.678-693.
24. Torabi S. A. and E. Hassini, (2008), *An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning*, Fuzzy Sets and Systems, 159, pp.193-214.