

具有料品替代策略的兩階段供應鏈生產-配送網路設計

陳淑珍

朝陽科技大學資管系資訊管理所
e-mail: fish0308@gmail.com

陳宏益

朝陽科技大學資管系助理教授
e-mail: hychen39@cyut.edu.tw

摘要

為了解決生產-配送問題的供給不確定因素，在供應鏈網路加入替代策略，是解決問題的方法之一。替代策略主要利用產品或零件之間相互替代的特性，在面臨供給不確定的情況下，使得產品訂單可順利生產，但是該採用何種替代品發揮最大效果，企業需要一個有系統性的方法解決。在替代策略相關研究，尚未同時討論產品替代策略及零件替代策略，因此，本研究以多個供應商、多個裝配廠、多個配銷中心的二階供應鏈，允許多產品之間及多零件之間產生替代，發展一個啟發式演算法，選擇最佳替代產品及零件，使得總利潤最大化。
關鍵字: 替代策略、生產-配送模式、供應鏈

Abstract

Using item substitution strategy is a way to cope with the supply uncertainty in production and distribution networks. The substitution strategy provides the flexibility of replacing preset items with substitutes to fulfill demands in a dynamic environment. To use the strategy effectually, a systematic method is required. This study proposes a model to formulate the production-distribution network with item substitution strategy. In addition, an example is provided to demonstrate the model.

Keywords: item substitution strategy, Production-Distribution network model, supply chain.

1. 緒論

在生產與配送問題中，許多學者致力在研究廠址的選擇、存貨控制等議題，目的在於降

低總成本，並提昇總利潤。但是，Young and Sook[7]指出許多學者發展相當多分析的模型來解決生產與配送問題，卻無法解決影響生產與配送問題的供給不確定因素。供給不確定因素很多，例如：延遲、機器故障、物料短缺等，這些因素將會引發企業無法接單，造成服務水準下降、影響商譽、存貨上升等問題。

為解決生產與配送的供給不確定問題，在供應鏈網路加入料品的替代策略，是解決問題的方案之一。產品的替代現象，經常發生在日常生活中，例如：消費者想購買 A 牌洗髮精，但在無現貨的情況下，將選擇其他品牌洗髮精，替代 A 牌洗髮精。學術上，很多學者研究產品替代所帶來的獲利與影響。林上襄[1]指出在生產過程中加入產品的替代策略，有助於解決無法接單的情況，但是一個產品可由多個或一個替代產品來替代，造成替代品組合繁多，導致在產銷配送網路中，該採用何種替代品來替代原有產品，使得總成本最小化或總利潤最大化，便是一個值得研究的問題。

本研究設計一個多供應商、裝配廠、配銷中心的產銷配送網路，探討面對多種產品及零件時，在產品與產品及零件與零件之間允許替代下，選擇最佳替代產品及零件，使得總利潤最大化，其問題環境假設如下：

- (1). 在多產品、多零件、單期二階段供應鏈結構的產銷配送網路模型。
- (2). 供應商與裝配廠的訂購零件過程允許零件的替代。
- (3). 裝配廠與配銷中心的生產產品過程允許產品的替代。
- (4). 產品與產品之間及零件與零件之間的替代不影響最終產品品質。

- (5). 各個產品的需求量已知。
- (6). 零件替代，只能選擇一個替代零件來替代預設零件，並考慮零件替代成本。
- (7). 產品替代，只能選擇一個替代產品來替代預設產品，並考慮產品替代成本。

本篇論文其餘節次分述如下:第二節將針對替代策略與產銷配送網路兩部分相關文獻做回顧。第三節描述本研究所設計的數學模型，包含模型環境假設、目標函數、限制式。第四節將本研究設計的數學模型做一個範例執行，並且說明執行結果。第五節為結論及本研究未來發展。

2. 文獻回顧

本研究設計一個二階層的供應鏈網路，並加入料品替代策略，因此將對替代策略、多階層供應鏈網路二部分相關文獻做回顧。2.1 節對替代策略相關文獻回顧，目的要了解替代的類型。2.2 節部分將回顧供應鏈網路設計的文獻，目的要了解生產-配送網路設計，及目前對生產-配送問題探討的議題。

2.1 替代策略相關文獻

當顧客因欲購買產品發生缺貨情況時，轉向購買同種類卻不同品牌的產品，這便是一種替代的行為，然而替代型態相當多種類。Smith and Agrawal [8] 提到「隨機替代」、「固定替代」的替代型態。隨機替代是指顧客原本要購買的產品，發生無法購買的情況下，轉向購買其他產品的機率是相同的。固定替代是指顧客在無法購買預定的產品時，會轉向購買某一特定的產品替代。

詹宗泰[2]提到「單一品項替代」的替代型態。單一品項替代是指顧客在無法購買預定

的產品時，會轉向從其他相關產品，選擇其中之一替代產品。林上襄[1] 以替代品項為觀點，提到「複合品項替代」的替代型態，又以滿足需求量與否為觀點，提出「需求完全向下替代」的替代型態，發展一個啟發式演算法，求解最佳產品的替代策略。複合品項替代是指預設產品無法滿足需求量時，會用其他多種相關替代產品來替代。需求完全向下替代是指當某產品數量不足時，可利用其他較高級的相關產品來替代，直到滿足訂單數量為止。

Chand et al.[4]以製造商的觀點，研究零件間的替代關係，其替代方式為需求完全向下替代的單一品項替代，是指用一個較高級的零件來替代，滿足零件需求量，並在不影響產品品質及組裝難易程度的假設下，不考慮替代成本，探討減少零件種類產生的好處。Balakrishnan[3]文中提到需求不完全向下替代，是指用較高級的零件來替代，但不一定滿足零件需求量，並在考慮替代成本及不會影響最終產品品質的情況下，探討不同零件之間可以相互替代的關係。零件間屬性差異所產生的成本，視為替代成本。

將上述替代策略相關文獻的替代類型分為替代品項組合、替代機率、需求量三種觀點做整理，並說明不同替代類型的定義，請見表 1、表 2、表 3。

表 1 依替代品項組合區分的替代類型

替代品項組合		
替代型態	定義	文獻
單一品項替代	顧客在無法購買預定的產品時，會轉向從其他相關產品，選擇其中之一的替代產品。	詹宗泰[2]
複合品項替代	預設產品無法滿足需求量時，會用其他多種相關替代產品來替代。	林上襄[1]

表 2 依替代機率區分的替代類型

替代機率		
替代型態	定義	文獻
隨機替代	顧客原本要購買的產品，發生無法購買的情況下，轉向購買其他產品的機率是相同的。	Smith and Agrawal[8]
固定替代	顧客在無法購買預定的產品時，會轉向購買某一特定的產品替代。	Smith and Agrawal [8]

表 3 依需求量滿足與否區分的替代類型

需求量		
替代型態	定義	文獻
需求完全向下替代	為當某產品數量不足時，利用較高級的產品來替代，直到滿足訂單需求數量為止。	林上襄[1]
需求不完全向下替代	為當某產品數量不足時，利用較高級的產品來替代，但不一定要滿足訂單需求數量。	Balakrishnan[3]

2.2 多階層供應鏈網路相關文獻

在顧客導向的市場下，低價格、高品質、迅速配送三大條件，以成為提升服務水準的指標。在多階層供應鏈中，除了考慮服務水準外，仍必需追求利潤最大化或總成本最小化，使得企業能永續經營，因此一直有學者在供應鏈網路場址的選擇、各階層間流量問題、存貨控制等議題做研究。

Hasan and Vaidyanathan[6]以生產廠、倉儲、零售的供應鏈結構，考慮生產成本、倉儲成本、運輸成本，及生產廠的產能限制、倉儲空間限制下，發展一個生產廠及倉儲場址選擇的模型，在 Lagrangian relaxation 發展一個具有效率的演算法，使生產廠與倉儲、倉儲與零售商的運輸成本最小，找出最佳解。

Panagiotis and Lazaros[7]在假設顧客端需

求已知的情況下，以單一配銷中心只能供應單一或多個生產廠原物料，及單一配銷中心只能供應單一或多個顧客端產品，二者擇一的策略，探討最佳生產量及配送的問題。

Christian and Josef [5]建立一個多對多關係的混合整數線性規劃模式，利用混合整數線性規劃模型求解各個工廠最適宜的生產量，解決生產批量模式太過複雜化，不符合實務的問題。

Young and Sook[9]有鑒於結合生產與配送問題已經發展很多分析的模型來解決這個問題，卻無法解決因延遲、機器故障等動態因素，造成無法明確地掌握作業時間的問題。文中提出結合分析與模擬的模型，在多個裝配廠、多個配送中心的供應鏈結構，考慮生產成本、配送成本、存貨成本、缺貨成本下，目標在一定期間內，滿足零售商的需求。

本研究在多個供應商、裝配廠、配銷中心的二階供應鏈環境下，除了加入產品替代策略之外，還加入零件替代策略，補足林上襄[1]求解最佳產品的替代策略，卻未考慮物料供給問題的不足，同時可解決 Young and Sook[9]提出因生產-配送問題中供給不確定因素影響，使得生產停滯的問題。

3. 配銷網路料品替代策略之整數規劃模型

替代的現象在日常生活中隨處可見，當消費者欲購買的商品無現貨時，會轉向購買其他品牌的產品做替代。在生產-配送過程中，也會有需求不確定、物料短缺、機器故障等不可預期的情況發生，若加入替代策略，可使得產品生產順利，並且有降低存貨成本、降低庫存成本等好處。然而該如何將替代策略的效用最大化，企業應有一個系統性的方法來決定採用何種替代品。

本研究提出一個二階供應鏈結構的配銷網路模型，針對多個供應商與多個生產廠的零

件訂購流量，加入零件替代策略；多個生產廠與多個配銷中心的產品生產流量，加入產品替代策略。目的在生產與供應產品的過程中，加入料品替代策略，使零件訂購量及產品生產量，更具彈性，達到總利潤最大化。

3.1 環境假設

產銷配送網路是由多供應商、多裝配廠、多配銷中心所構成，且供應商可以供給多個裝配廠零件，裝配廠可以供給多個配銷中心產品，其環境假設如下：

1. 各個產品需求量已知。
2. 供應商可以供給多個裝配廠多種零件。
3. 裝配廠可以供給多個配銷中心多種產品。
4. 預設產品與替代產品群的替代關係，具有「單一品項替代」的特性。
5. 預設零件與替代零件群的替代關係，具有「單一品項替代」的特性。
6. 預設產品本身可以替代預設產品本身。
7. 預設零件本身可以替代預設零件本身。
8. 產品與產品及零件與零件之間的替代不影響最終產品品質。
9. 裝配廠無產品的庫存，即裝配廠生產的產品數量，全部供應給配銷中心。
10. 裝配廠生產的數量，可能滿足需求量，也可能不能滿足，故允許短缺。
11. 供應商有產能限制。
12. 裝配廠有倉儲空間的限制、產能限制。
13. 配銷中心有倉儲空間的限制、產能限制。
14. 當使用替代產品取代預設產品時，發生替代成本。
15. 當使用替代零件取代預設零件時，發生替代成本。

3.2 數學符號定義

3.2.1 下標定義

i : 預設產品	$i=1,2,\dots,N_i$
j : 替代產品	$j=1,2,\dots,N_j$
a : 裝配廠	$a=1,2,\dots,N_a$
d : 配銷中心	$d=1,2,\dots,N_d$
s : 供應商	$s=1,2,\dots,N_s$
n : 預設零件	$n=1,2,\dots,N_n$
k : 替代零件	$k=1,2,\dots,N_k$

3.2.2 參數定義

參數符號	定義
SU_s	供應商 s 提供零件的最大供給數量
CAP_d	配銷中心 d 貨件處理的最大數量
P_n	預設零件 n 的價格
P_i	預設產品 i 的價格
V_k	替代零件 k 的體積
V_j	替代產品 j 的體積
T_a	裝配廠 a 最大生產時間
WH_a	裝配廠 a 的最大倉儲空間
WH_d	配銷中心 d 的最大倉儲空間
ST_{ak}	裝配廠 a 的替代零件 k 庫存數量
ST_{dj}	配銷中心 d 的替代產品 j 庫存數量
Q_{jk}	替代產品 j 需要替代零件 k 的個數
P_{nk}	預設零件 n 被替代零件 k 替代所產生的價格波動
P_{ij}	預設產品 i 被替代產品 j 替代所產生的價格波動
IC_{ak}	裝配廠 a 的替代零件 k 單位存貨成本
IC_{dj}	配銷中心 d 的替代產品 j 單位存貨成本
T_{aj}	裝配廠 a 生產替代產品 j 的單位生產時間
DE_{di}	配銷中心 d 對預設產品 i 的需求數量

Z_{in}	預設產品 i 的零件群關係矩陣， $Z_{in}=\{1,0\}$	$\sum_d \sum_a \sum_j \left(\sum_i x_{ad}^{ij} \times (P_i + P_{ij}) \right) -$
Z_{nk}	預設零件 n 與替代零件 k 的替代關係矩陣， $Z_{nk}=\{1,0\}$	$\sum_a \sum_s \sum_k \left(\sum_n x_{sa}^{nk} \times (P_n + P_{nk}) \right) -$
Z_{ij}	預設產品 i 與替代產品 j 的替代關係矩陣， $Z_{ij}=\{1,0\}$	$\sum_a \sum_s \sum_k \left(\sum_n x_{sa}^{nk} \times SH_{sa}^k \right) -$
SH_{sa}^k	替代零件 k 從供應商 s 運送至裝配廠 a 的單位運輸成本	$\sum_a \sum_k \left(ST_{ak} + \sum_s \left(\sum_n x_{sa}^{nk} \right) - \sum_d \sum_j \left(\sum_i x_{ad}^{ij} \times Q_{jk} \right) \right) \times IC_{ak} -$
SH_{ad}^j	替代產品 j 從裝配廠 a 運送至配銷中心 d 的單位運輸成本	$\sum_a \sum_d \sum_j \left(\sum_i x_{ad}^{ij} \times T_{aj} \times TC_a \right) -$
M	極大值	$\sum_d \sum_a \sum_j \left(\sum_i x_{ad}^{ij} \times SH_{ad}^j \right) -$
TC_a	裝配廠 a 的每小時時間成本	$\sum_d \sum_i \left(\left(DE_{di} - \sum_a \sum_j x_{ad}^{ij} \right) \times P_i \right)$ (1)

3.2.3 決策變數定義

決策變數符號	定義
x_{sa}^n	供應商 s 提供裝配廠 a 預設零件 n 的訂購數量
x_{ad}^i	配銷中心 a 向裝配廠 d 訂購預設產品 i 的訂購數量
x_{sa}^{nk}	供應商 s 提供裝配廠 a 預設零件 n 的替代零件 k 訂購數量
x_{ad}^{ij}	配銷中心 d 向裝配廠 a 訂購預設產品 i 的替代產品 j 訂購數量
y_{ij}	替代產品 j 可替代預設產品 i ，則係數=1，反之，為 0
y_{nk}	替代零件 k 可替代預設零件 n ，則係數=1，反之，為 0

3.3 數學模型介紹

3.3.1 目標函數

數學模型可分為目標函數及限制式兩部分，如下：

$$Max Z =$$

將目標函數內各個數學式子分述如下：

$$\sum_d \sum_a \sum_j \left(\sum_i x_{ad}^{ij} \times (P_i + P_{ij}) \right)$$

=總銷售收入，即加總各個配銷中心的銷售收入。

$$\sum_a \sum_s \sum_k \left(\sum_n x_{sa}^{nk} \times (P_n + P_{nk}) \right)$$

=零件訂購總成本，即加總各個裝配廠的零件訂購成本。

$$\sum_a \sum_s \sum_k \left(\sum_n x_{sa}^{nk} \times SH_{sa}^k \right)$$

=零件運輸總成本，即加總各個裝配廠的運輸成本。

$$\sum_a \sum_k \left(ST_{ak} + \sum_s \left(\sum_n x_{sa}^{nk} \right) - \sum_d \sum_j \left(\sum_i x_{ad}^{ij} \times Q_{jk} \right) \right) \times IC_{ak}$$

=零件存貨總成本，即加總各個裝配廠的零件存貨成本。

$$\sum_a \sum_d \sum_j \left(\sum_i x_{ad}^{ij} \times T_{aj} \times TC_a \right)$$

=產品製造總成本，即加總各個裝配廠的產品製造成本。

$$\sum_d \sum_a \sum_j \left(\sum_i x_{ad}^{ij} \times SH_{ad}^j \right)$$

=產品運輸總成本，即加總各個配銷中心的產品運輸成本。

$$\sum_d \sum_i \left(\left(DE_{di} - \sum_a \sum_j x_{ad}^{ij} \right) \times P_i \right)$$

=總缺貨損失，即加總各個配銷中心的缺貨損失。

目標函數=(總銷售收入-零件訂購總成本-零件運輸總成本-零件存貨總成本-產品製造總成本-產品運輸總成本-總缺貨損失)的最大化。

3.3.2 限制式

3.3.2.1 供應商最大供給量限制式

$$\sum_a \sum_k \sum_n x_{sa}^{nk} \leq SU_s, \forall s \quad (2)$$

目的：確保替代零件 k 的數量，供應商都能供應，避免無法供應的情況。

說明：供應商不可能無限量供給每項替代零件，因為供應商也會有供給的限制，因此加總各裝配廠的替代零件 k 訂購數量不可超過供應商的最大供給量。

3.3.2.2 裝配廠限制式

裝配廠最大生產時間限制式

$$\sum_d \sum_j \sum_i x_{ad}^{ij} \times T_{aj} \leq T_a, \forall a \quad (3)$$

目的：確保替代產品 j 的數量皆可被裝配廠 a 生產。

說明：加總替代產品 j 在裝配廠 a 的生產時間 \times 替代產品 j 的數量，為替代產品 j 的生產總時間，且不可超過裝配廠 a 的最大生產時間。

裝配廠的倉儲空間限制式

$$\left(\sum_s \sum_k \sum_n (x_{sa}^{nk} + ST_{ak}) - \left(\sum_d \sum_j \sum_i x_{ad}^{ij} \times Q_{jk} \right) \right) \times V_k \leq WH_a, \forall a \quad (4)$$

目的：確保替代零件 k 的庫存量皆可被裝配廠 a 所儲藏。

說明：裝配廠的儲存空間是有限的，無法無限量地儲存每項零件。

(替代零件 k 的數量+替代零件 k 的庫存量-替代產品 j 所需替代零件 k 的總數量)=替代零件 k 的更新庫存量。將替代零件 k 更新的庫存量 \times 替代零件 k 的體積，總體積不可超過裝配廠倉儲空間。

確保產品零件供應充足限制式

$$\sum_d \sum_j \sum_i x_{ad}^{ij} \times Q_{jk} \leq \sum_s \sum_n x_{sa}^{nk} + ST_{ak}, \forall a, k \quad (5)$$

目的：確保替代產品 j 所需替代零件 k 的數量，供應充足。裝配廠 a 生產替代產品 j 的物料充足。

說明：替代產品 j 的訂購數量 \times 替代產品 j 所需替代零件 k 個數 \leq 替代零件 k 訂購數量+替代零件 k 庫存數量。

3.3.2.3 配銷中心限制式

配銷中心倉儲空間限制式

$$\sum_a \sum_j \sum_i (x_{ad}^{ij} - DE_{di}) \times V_j \leq WH_d, \forall d \quad (6)$$

目的：確保替代產品 j 的數量皆可被配銷中心 d 所儲存。

說明：配銷中心的儲存空間是有限的，無法無限量地儲存每項產品。

(替代產品 j 的訂購數量-預設產品 i 的訂購數量) \times 替代產品 j 的體積 \leq 配銷中心 d 的倉儲空間。

配銷中心產能限制式

$$\sum_i DE_{di} \leq CAP_d, \forall d \quad (7)$$

目的：確保配銷中心 d 的需求量，皆可被配銷中心 d 處理。

說明：配銷中心 d 的需求量必須 \leq 配銷中心 d 可處理貨件數量。

確保預設產品 i 可銷售限制式

$$\sum_a \sum_j x_{ad}^{ij} < DE_{di}, \forall d, i \quad (8)$$

目的：確保替代產品 j 的訂購量可被銷售，避免存貨數量太高，導致存貨成本提高，整體利潤降低的情況。

說明：替代產品 j 的訂購量 \leq 配銷中心 d 的需求。

3.3.2.4 替代限制式

產品採取單一替代限制式

$$\sum_j y_{ij} \times Z_{ij} = 1, \forall i \quad (9)$$

目的：只能選擇一個產品來替代，即為單一品項替代

說明：在產品替代關係矩陣中，預設產品本身可以替代自己，例如：產品 1 可以替代產品 1。加總替代產品 j 替代預設產品 i 的決策係數 \times 預設產品 i 與替代產品 j 替代關係矩陣係數。

決策後替代產品數量限制式

$$\sum_a \sum_d x_{ad}^{ij} \leq y_{ij} \times M, \forall i, j \quad (10)$$

目的：求解最佳替代產品的數量，非最佳替代產品的數量為零

說明：產品採用單一品項替代，所以只有決定替代的該產品訂購量不為零，其他替代產品訂購量為零。例如：產品共有 10

種，產品之間皆可替代。產品 1 的訂購量 200，已決定由產品 3 來替代，則產品 3 的訂購量為 200，其餘產品的訂購量為 0。

替代產品決策變數 \leq 產品替代關係係數

$$y_{ij} \leq Z_{ij}, \forall i, j \quad (11)$$

目的：確認決策變數 y_{ij} 預設產品與替代產品的替代關係

說明：當 $Z_{ij} = 0$ 時，強迫 $y_{ij} = 0$ ，避免預設產品 i 與替代產品 j 無替代關係，卻產生可替代的決策變數。

零件採取單一替代限制式

$$\sum_k y_{nk} \times Z_{nk} = 1, \forall n \quad (12)$$

目的：產品 i 的零件群，只能選擇一個零件來替代，即為單一品項替代。

說明：在零件替代關係矩陣中，預設零件本身可以替代自己，例如：零件 1 可以替代零件 1。同屬產品 i 的零件群，該零件群間可相互替代。加總替代零件 k 替代預設零件 n 的決策係數 \times 預設零件 n 與替代零件 k 替代關係矩陣係數=1。

決策後替代零件數量限制式

$$\sum_s \sum_a x_{sa}^{nk} \leq y_{nk} \times M, \forall n, k \quad (13)$$

目的：求解最佳替代零件的數量，非最佳替代零件的數量為零

說明：因採取單一替代，同屬產品 i 的零件群中，只能有一個替代零件可被使用，因此只有決定替代的該零件訂購量不為零，其他替代零件訂購量為零。例如：

產品 1 的零件群為零件 1，零件 2，零件 3。產品 1 所需零件個數為 200 個，已決定由零件 2 替代使用，則零件 1 及零件 3 的訂購數量應為 0，零件 2 的訂購數量為 200。

替代零件決策變數 ≤ 零件替代關係係數

$$y_{nk} \leq Z_{nk}, \forall n, k \quad (14)$$

目的：確認決策變數 y_{nk} 預設零件與替代零件的替代關係

說明： $y_{nk} = 1$ ，可替代；反之則否當

$Z_{nk} = 0$ 時，強迫 $y_{nk} = 0$ ，避免預設零件 n 與替代零件 k 無替代關係，卻產生可替代的決策變數。

3.3.2.5 0-1 變數限制式

$$y_{ij} \in \{0,1\}, \forall i, j \quad (15)$$

$$y_{nk} \in \{0,1\}, \forall n, k \quad (16)$$

$$Z_{ij} \in \{0,1\}, \forall i, j \quad (17)$$

$$Z_{nk} \in \{0,1\}, \forall n, k \quad (18)$$

$$Z_{in} \in \{0,1\}, \forall i, n \quad (19)$$

3.3.2.6 非負值變數限制式

$$x_{sa}^n, x_{ad}^i, x_{sa}^{nk}, x_{ad}^{ij} \geq 0, \forall s, a, d, i, j, n, k \quad (20)$$

4. 數學模型範例介紹

本節將所設計的數學模型，做一個範例，目的確認所設計的數學模型是可行的。4.1 節將介紹範例的產銷配送網路結構，4.2 節將以表格方式描述各個參數的數值，4.3 節介紹範例產品與零件替代結果。

4.1 模型範例之產銷配送網路

模型範例是由在二個供應商、裝配廠、配銷中心所組成的產銷配送網路，探討三種產品及零件，決定最佳產品及零件替代品，如圖 4.1 所示，圖中供應商與裝配廠的箭頭方向是指零件流量，裝配廠與配銷中心的箭頭方向是指產品流量。

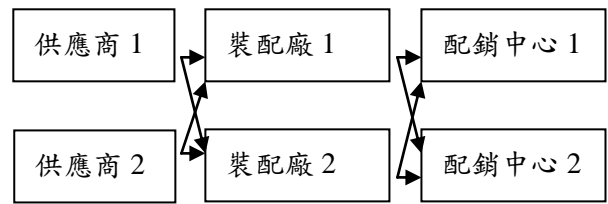


圖 1 模型範例之產銷配送網路圖

4.2 參數設定

4.2.1 一維參數設定

供應商供給量參數設定

SU_s ：供應商 s 提供零件的最大供給數量，參數見表 4

供應商	SU_s
供應商 1	1000
供應商 2	1020

裝配廠產能、倉儲空間、時間成本參數設定

T_a ：裝配廠 a 最大生產時間、 WH_a ：裝配廠 a 的最大倉儲空間

TC_a ：裝配廠 a 的每小時時間成本，參數見表 5

表 5 裝配廠產能、倉儲空間限制及時間成本

裝配廠	T_a	WH_a	TC_a
裝配廠 1	8000	4000	10
裝配廠 2	9000	5200	12

配銷中心產能、倉儲空間參數設定

CAP_d : 配銷中心 d 貨件處理的最大數量

WH_d : 配銷中心 d 的最大倉儲空間, 參數見表

6

表 6 配銷中心產能及倉儲空間限制

配銷中心	CAP_d	WH_d
配銷中心 1	1400	500
配銷中心 2	1500	550

零件價格、體積參數設定

P_n : 預設零件 n 的價格、 V_k : 替代零件 k 的體積, 參數見表 7

表 7 零件價格、體積

零件	P_n	V_k
零件 1	0.1	2
零件 2	0.3	4
零件 3	0.2	6

產品價格、體積參數設定

P_i : 預設產品 i 的價格

V_j : 替代產品 j 的體積, 參數見表 8

表 8 產品價格、體積

產品	P_i	V_j
產品 1	60000	10
產品 2	90000	20
產品 3	80000	30

4.2.2 二維參數設定

裝配廠-替代產品的單位生時間

T_{aj} : 裝配廠 a 生產替代產品 j 的單位生產時

間, 參數見表 9

表 9 每個產品在各個裝配廠的生產時間(小時)

裝配廠 \ 產品	產品 1	產品 2	產品 3
裝配廠 1	1.1	1.3	1
裝配廠 2	1.2	1.4	2.1

裝配廠-替代零件的庫存數量

ST_{ak} : 裝配廠 a 的替代零件 k 庫存數量, 參數見表 10

表 10 裝配廠內替代零件的庫存量

裝配廠 \ 庫存數量	替代零件 1	替代零件 2	替代零件 3
裝配廠 1	5	7	8
裝配廠 2	1	2	6

裝配廠-替代零件的單位存貨成本

IC_{ak} : 裝配廠 a 的替代零件 k 單位存貨成本, 參數見表 11

表 11 裝配廠內替代零件單位存貨成本

裝配廠 \ 單位存貨成本	替代零件 1	替代零件 2	替代零件 3
裝配廠 1	0.3	0.4	0.6
裝配廠 2	0.1	0.1	0.5

配銷中心-預設產品的需求數量

DE_{di} : 配銷中心 d 對預設產品 i 的需求數量, 參數見表 12

表 12 配銷中心對各個產品的需求數量

配銷中心 \ 產品	產品 1	產品 2	產品 3
配銷中 1	60	50	20
配銷中 2	60	160	30

預設零件-替代零件的替代成本

P_{nk} : 預設零件 n 被替代零件 k 替代所產的價格波動, 參數見表 13

表 13 替代零件 k 替代預設零件 n 所產生的價格波動(替代成本)

預設零件 \ 替代零件	替代零件1	替代零件2	替代零件3
預設零件 1	0	2	0
預設零件 2	0	0	-1
預設零件 3	0	1	0

預設零件-替代零件的替代關係矩陣

Z_{nk} :預設零件 n 與替代零件 k 的替代關係矩陣, $Z_{nk}=\{1,0\}$, 參數見表 14

說明: 係數為 1, 該替代零件可以替代預設零件, 例如:(預設零件 1, 替代零件 1) 的係數為 1, 則表示可以用替代零件 1 來替代預設零件 1。係數為 0, 該替代零件不可以替代預設零件, 例如:(預設零件 1, 替代零件 3)的係數為 0, 則表示不可以用替代零件 3 來替代預設零件 1。

表 14 預設零件 n 與替代零件 k 的替代關係係數

預設零件 \ 替代零件	替代零件1	替代零件2	替代零件3
預設零件 1	1	1	0
預設零件 2	0	1	1
預設零件 3	0	1	1

預設產品-替代產品的替代成本

P_{ij} :預設產品 i 被替代產品 j 替代所產的價格波動, 參數見表 15

表 15 替代產品 j 替代預設產品 i 所產生的價格波動(替代成本)

預設零件 \ 替代零件	替代產品 1	替代產品 2	替代產品 3
預設產品 1	0	10	0
預設產品 2	0	0	5
預設產品 3	0	5	0

預設產品-替代產品的替代關係矩陣

Z_{ij} :預設產品 i 與替代產品 j 的替代關係矩

陣, $Z_{ij}=\{1,0\}$, 參數見表 16

說明: 係數為 1, 該替代產品可以替代預設產品, 例如:(預設產品 1, 替代產品 1) 的係數為 1, 則表示可以用替代產品 1 來替代預設產品 1。

係數為 0, 該替代產品不可以替代預設產品, 例如:(預設產品 1, 替代產品 3)的係數為 0, 則表示不可以用替代產品 3 來替代預設產品 1。

表 16 預設產品 i 與替代產品 j 的替代關係數

預設產品 \ 替代產品	替代產品 1	替代產品 2	替代產品 3
預設產品 1	1	1	0
預設產品 2	0	1	1
預設產品 3	0	1	1

替代產品-替代零件的需求數量

Q_{jk} :替代產品 j 需要替代零件 k 的個數, 參數

見表 17

說明: 本研究假設單一替代產品只需要使用單一替代零件即可生產, 以下表為例, (替代產品 1, 替代零件 1)的係數為 2, 表示使用 2 個替代零件 1 即可生產替代產品 1。

表 17 一個產品需要單一零件個數

替代產品 \ 替代零件	替代零件 1	替代零件 2	替代零件 3
替代產品 1	2	3	0
替代產品 2	0	1	2
替代產品 3	2	0	3

預設產品-零件的關係矩陣

Z_{in} :預設產品 i 的零件群關係矩陣,

$Z_{in}=\{1,0\}$ ，參數見表 18

說明：係數為 1，生產該產品可以用該零件，
例如：(產品 1，零件 1)的係數為 1，則
表示可以用零件 1 來生產產品 1。
係數為 0，生產該產品不可以用該零
件，例如：(產品 1，零件 3)的係數為 0，
則表示不可以用零件 3 來生產產品 1。

表 18 產品的零件群矩陣係數

產品	零件		
	零件 1	零件 2	零件 3
產品 1	1	1	0
產品 2	0	1	1
產品 3	1	0	1

4.2.2 三維參數設定

供應商-裝配廠-替代零件的單位運輸成本

SH_{sa}^k ：替代零件 k 從供應商 s 運送至裝配廠 a
的單位運輸成本，參數見表 19

表 19 各個零件從供應商運輸至裝配廠的單位運輸成本

供應商	裝配廠	
	裝配廠 1	裝配廠 2
供應商 1 零件 1	2	5
供應商 1 零件 2	2.3	6
供應商 1 零件 3	6	1
供應商 2 零件 1	6	6
供應商 2 零件 2	1	1
供應商 2 零件 3	4	4

裝配廠-配銷中心-替代產品的單位運輸成本

SH_{ad}^j ：替代產品 j 從裝配廠 a 運送至配銷中心
 d 的單位運輸成本，參數見表 20

表 20 各個產品從裝配廠運輸至配銷中心的單位運輸成本

裝配廠	配銷中心	
	配銷中心 1	配銷中心 2
裝配廠 1 產品 1	2	2
裝配廠 1 產品 2	2.1	2.1
裝配廠 1 產品 3	1.9	1.9
裝配廠 2 產品 1	1.5	1.5
裝配廠 2 產品 2	1.8	1.8
裝配廠 2 產品 3	2.3	2.3

4.3 結果

4.3.1 裝配廠的產品替代結果

請見圖 2 所示。

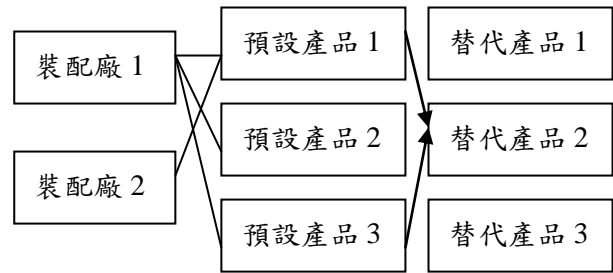


圖 2 產品替代結果

裝配廠 1→配銷中心 1 的產品替代結果及數量

預設產品 1 採用替代產品 2 做替代，數量:60
預設產品 2 採用替代產品 3 做替代，數量:50
預設產品 3 採用替代產品 2 做替代，數量:20

裝配廠 1→配銷中心 2 的產品替代結果及數量

預設產品 1 採用替代產品 2 做替代，數量:48
預設產品 2 採用替代產品 3 做替代，數量:160
預設產品 3 採用替代產品 2 做替代，數量:30

裝配廠 2→配銷中心 2 的產品替代結果及數量

預設產品 1 採用替代產品 2 做替代，數量:3

4.3.2 產品與零件的替代關係結果

請見圖 3 所示。

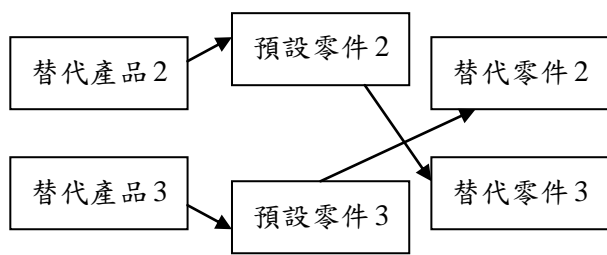


圖 3 產品及零件的替代關係

供應商 1→裝配廠 1 的零件替代結果及數量

預設零件 1 採用替代零件 1 做替代，數量:390

預設零件 3 採用替代零件 2 做替代，數量:116

供應商 2→裝配廠 1 的零件替代結果及數量

預設零件 2 採用替代零件 3 做替代，數量:898

5. 結論

在本研究所設計的數學模型中，替代策略除了能解決供給不確定因素所引發無法順利生產的問題之外，考量產品及零件的運輸成本、存貨成本、製造成本、替代成本等情況下，選擇最佳替代產品及零件，目標在降低總成本，並提昇總利潤。

最佳替代品可從不同考量的層面做選擇，例如：從成本層面，選擇成本最小的替代品，促使總成本最小化。不同層面考量下所選擇的替代品，對供應鏈網路的總利潤影響亦有所不同。本研究未來將設計一個啟發式演算法，並且從不同層面設計各種產品及零件的替代規則，分析對其供應鏈網路總利潤的影響，主要目的判斷及選擇最佳的替代產品及替代零件。

參考文獻

[1] 林上襄(2002)，即時回應機制下最佳替

代策略之建構，碩士論文，國立中央大學工業管理系，中壢。

[2] 詹宗泰(2001)，考慮服務水準下具替代效果之多品項間的最佳訂價及訂貨政策，碩士論文，國立中央大學工業管理系，中壢。

[3] Balakrishnan, A., and Geunes, J., "Requirement Planning with Substitutions: Exploring Bill-of-Materials Flexibility in Production Planning," *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 2, pp. 166-185, 2000.

[4] Chand, S., James, E. W. and Weng Z.K., "A parts selection model with one-way substitution," *European J. Operation Research*, Vol.73, pp. 65-69, 1994.

[5] Christian, H. T., and Josef, K., "Optimal planning in large multi-site production networks," *European Journal of Operational Research*, Vol. 126, No. 2, pp. 422-435, 2000.

[6] Hasan. P., and Vaidyanathan, J., "A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: formulation and efficient heuristic solution," *Computers & Operations Research*, Vol. 25, No. 10, pp. 869-878, 1998.

[7] Panagiotis, T., and Lazaros, G., "Optimal production allocation and distribution supply chain networks," *International Journal of Economics*, Vol.111, No. 2, pp. 468-483, 2008.

[8] Stephen, A. S., and Narendra, A., "Management of multi-item retail inventory systems with demand substitution," *Operation Research*, Vol.148, No.1, pp. 50-64, 2000.

- [9] Young, H. L., and Sook H. K.,
“ Production–distribution planning in
supply chain considering capacity
constraints,” *Computers & Industrial
Engineering*, Vol.43, No. 1-2, pp.
169-190, 2002.