

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

應用模糊規劃法求解不確定環境下整合供應鏈製造/分配規劃決策問題(I)

Applying fuzzy programming approaches to integrated manufacturing/distribution planning decisions in a supply chain under uncertain environments ( I )

計畫編號：96-2221-E-164-002

執行期間：96年8月1日至97年7月31日

主持人：梁添富 修平技術學院工業工程與管理系

e-mail: farmer@mail.hit.edu.tw

## 中文摘要

本研究計畫的目的主要在於導入模糊數學規劃技術，用以建構及發展不確定環境下之整合供應鏈製造/配送規劃決策(MDPD)模式。整個研究計畫的執行以二年為期，第一年(2007)內容主要在發展二個互動式模糊多目標線性規劃決策模式(模式 I：IFMOLP-I, 模式 II：IFMOLP-II)。同時，針對所發展的二個整合供應鏈 MDPD 模式，本研究個別建立其互動式的求解程序，以有效提升模式的建構效率及決策滿意度。更進一步，本研究計畫選擇一實際產業供應鏈個案進行模式測試，並就模式測試結果分析其所呈現的重大管理意涵及優質特色。

**關鍵詞：**供應鏈、模糊集理論、製造/配送規劃決策、模糊多目標線性規劃

## Abstract

This study develops fuzzy programming methods for solving integrated multiple-product and multi-time period manufacturing/distribution planning decisions (MDPD) problems with multiple fuzzy goals in supply chains under an uncertain environment. A two-year length is scheduled to conduct this project. The first year (2007) presents two fuzzy multi-objective linear programming models (Model I: IFMOLP-I; Model II: IFMOLP-II) to solve multi-product and multi-time period MDPD problems with multiple fuzzy goals in a supply chain. An industrial case demonstrates the feasibility of applying the proposed models to real-world MDPD problems in a supply chain.

**Keywords:** supply chains, fuzzy set theory, manufacturing/distribution planning decision, fuzzy multi-objective linear programming

## 1. 研究背景及目的

台灣地屬海島型經濟型態，缺乏原物料與生產資源，且對外貿易依存度相當高。在面臨生存競爭壓力下，我國產業應如何有效地整合其上游供應商、製造商及下游配銷通路業者之努力與合作，期以創造整體產業供應鏈(supply chain)之最大附加研究議題。企業整合供應鏈系統製造與分配規劃決

策 (manufacturing/distribution planning decisions, MDPD)問題的主要內容乃在於尋求供應鏈內各供應商(製造者)的正常與加班產出量、外包量、存貨量、欠撥量、相關產能及人力調配之最適水準，期以滿足各目的地(分配者)之需求量，實質達成產銷配合、善用有限生產資源及提升生產力的營運目標 (Vidal and Goetschalckx, 1997)。

然而，就追求目標來看，現有文獻在探討整合 MDPD 問題時常偏向於以追求極小化成本或極大化利潤單一目標為主，此也與實際應用產生相當大落差。在實務層面上，企業一般 MDPD 問題常會同時兼及多元化目標函數，如生產與分配成本、存量與欠撥成本、人力水準變動率、或是利潤及顧客服務水準的極大化等 (Masud and Hwang, 1980; Ringeust and Rinks, 1987; Wang and Liang, 2004; Abd El-Wahed and Lee, 2006)。同時，因這些多元化目標間常具衝突替代性質，決策者必須同步權衡多元目標函數，以求整合 MDPD 問題之偏好妥協解 (preferred compromise solution)。

再自決策環境面觀之，現有文獻一般皆設定相關的決策參數，皆為事前已知之確定值，此與實務一般常屬不確定性環境並不相符。就經營實務而言，源於所處外部產經環境與內部資源供需的多變性，促使企業供應鏈 MDPD 相關的環境係數與決策參數，常含相當程度的模糊性/不精確性。在此情況下，決策者即須導入模糊集理論 (fuzzy set theory) 來克服因資訊不精確所產生的模糊多目標規劃問題，因此決策者實際所追尋者實為一組令其高滿意度下的一組最適妥協解。

基於此，本研究計畫之目的旨在導入模糊數學規劃技術，用以建構及發展不確定決策環境下整合供應鏈 MDPD 問題之最適求解模式。同時，針對所發展的二個整合供應鏈 MDPD 模式，分別建立其互動式求解程序，並舉一實際供應鏈個案進行模式測試，並分析測試結果所呈現的重要管理意涵。

## 2. 文獻探討

近年來，源於產業界對整合供應鏈活動的重視及積極提升整體 SCM 績效，學者已開始關注於供應鏈系統設計時應如何有效整合生產與配送規劃

決策之研究議題。Byrne and Bakir(1999)設計一結合數學規劃與模擬模式之混合演算法(hybrid algorithm)，用以求解具多時期與多產品之製造系統生產規劃問題，模式測試結果顯示此一混合演算法較一般個別方法可產生較佳的輸出解。Lee and Kim(2002)延伸 Byrne and Bakir(1999)的概念，提出一結合分析性與模擬模式之混合法求解整合供應鏈系統 MDPD 問題，其中分析性模式考量作業時間為一動態因子，可藉由模擬模式來調整其最適值。Jang *et al.*(2002)設計一涵蓋供應網路設計最佳化、生產和分配作業規劃、模式管理及資料管理四個模組之供應網路(supply network)管理系統，並採用基因演算法(genetic algorithm, GA)來求解生產和分配作業規劃模組。Byrne and Hossain(2005)以及時化之單位負荷為基發展一延伸(linear programming, LP)模式，用以改進 Byrne and Bakir(1999)及 Lee and Kim(2002)之混合法，此一延伸模式導入彈性產能限制概念及可供應資源。

更進一步，Gen and Syarif(2005)發展一 GA 法用以求解供應鏈系統之多時期 MDPD 問題，模式並進一步將 GA 方法與模糊邏輯控制(fuzzy logic controller)器結合，以改善 GA 參數設定及整體的演算效率。Rizk *et al.*(2005)發展一混合整數規劃模式用以測試一多產品動態 MDPD 問題，模式利用區段線性函數表示運輸成本，並設計出三個約當數學規劃模式來求解製造者/分配者物流規劃問題。然而，上述各類 MDPD 決策模式一般皆適用於確定性環境下之決策方法，且僅考量單一目標函數，此與實務決策屬於模糊/不精確環境及常須同步追求多元目標問題並不相符。

關於模糊數學規劃在整合供應鏈系統決策之應用方面，Petrovic *et al.*(1998)設計並模擬一不確定環境下之供應鏈運作模式，在考量整體供應鏈之合理總成本及可接受交貨績效下，用以決定每一存貨物項之最適存貨水準與訂購量。Petrovic *et al.*(1999)發展一 FLP 模式用以決定整個供應鏈系統各物項之最適訂購量，此一模式在同時考量不確定需求量、交貨期及市場供應量前提下，可以確保在獲得合理總成本下之供應鏈可接受服務水準。更進一步，Petrovic(2001)發展一具特定目的之模擬工具，用於分析不確定環境下供應鏈行為與績效，內容包含一訂定最佳存貨訂購水準之供應模糊分析模式，以及另一評估供應鏈績效之模擬模式。Chen and Lee(2004)設計一供應鏈排程模式，求解具不確定市場需求之多產品、多階段及多時期混合整數非線性規劃問題，此一模式在同步考量銷售者與購買者對產品價格不同偏好水準觀點下，可以滿足兼顧二者之衝突目標。Aliev *et al.*(2007)新近發展一模糊-基因方法求解供應鏈整體生產/分配規劃問題，此方法基於模糊整合模式來建立互動式求解程序，用於權衡利潤極大化與顧客服務水準之最適平衡水準。

綜合而言，上述各類應用於 MDPD 決策所發

展的模糊數學規劃模式，雖已將模糊數及隸屬函數概念導入，用以描述相關模糊決策參數的概念，但仍存有決策上未考量模糊多目標間相互取捨及作業成本之貨幣時間價值的應用問題，此與產業實務情況並不相符。

### 3. 模式設計

#### 3.1 問題陳述、假設條件及數學符號

茲就本研究探討整合供應鏈 MDPD 問題陳述如下：設一企業物流中心正訂定在  $H$  期規劃時程內生產  $N$  種產品以滿足市場需求之整合 MDPD 計畫，整個供應鏈涵蓋  $I$  個供應源(製造者)及  $J$  個目的地(分配者)。決策者所面對問題為在考量各供應源的可供應量與成本預算，各目的地需求量與儲存空間限制，以及各作業成本貨幣時間價值因素的前提下，如何尋求與調整所有產品在各期的生產量、外包量、存貨量、配銷量及人員增解雇數之最適水準，期以達成總成本、總配送時間及總存貨量三個極小化模糊目標。

基於以上所描述 MDPD 問題的特性，特設定模式假設條件如下：

- (1) 目標函數具有模糊/不精確性質。
- (2) 相關單位作業成本/時間係數具有模糊/不精確性質。
- (3) 各目標函數及限制式均為線性方程。
- (4) 在  $T$  期規劃時程內，各作業成本貨幣時間價值之定比值因子為已知確定值。
- (5) 各期供應源之實際可供應機器產能與人力水準、各目的地儲存空間不可超出其上限。

本研究建構模式所使用的數學符號定義如下：

- 指數集(index sets)

- $i$  = 供應源指數集  $i = 1, 2, \dots, I$
- $n$  = 產品別指數集  $n = 1, 2, \dots, N$
- $h$  = 時期別指數集  $h = 1, 2, \dots, H$
- $j$  = 目的地指數集  $j = 1, 2, \dots, J$
- $g$  = 目標函數指數集  $g = 1, 2, K$

- 目標函數(objective functions)

- $z_1$  = 總成本(元)
- $z_2$  = 總配送時間(小時)
- $z_3$  = 總存貨量(單位)

- 決策變數(decision variables)

- $Q_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期之生產量(單位)
- $V_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期之外包量(單位)
- $W_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期之存貨量(單位)
- $E_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期之欠撥量(單位)
- $R_{inhj}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期至

第  $j$  個目的地之配送量(單位)

• 參數(parameters)

- $a_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期之單位生產成本(元/單位)
- $e_a$  = 生產成本之定比值(%)
- $b_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期之單位外包成本(元/單位)
- $e_b$  = 外包成本之定比值(%)
- $c_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期之單位儲存成本(元/單位)
- $e_c$  = 儲存成本之定比值(%)
- $d_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期之單位欠撥成本(元/單位)
- $e_d$  = 欠撥成本之定比值(%)
- $k_{inhj}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期至第  $j$  個目的地單位配送成本(元/單位)
- $e_k$  = 配送成本之定比值(%)
- $u_{inhj}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品第  $h$  期至第  $j$  個目的地單位配送時間(小時/單位)
- $S_{inhj}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品第  $h$  期至第  $j$  個目的地每輛貨車之容量(單位)
- $D_{nhj}$  = 第  $j$  個目的地在第  $h$  期對第  $n$  種產品之需求量(單位)
- $l_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期生產之單位人工工時(人工小時/單位)
- $F_{ih}$  = 第  $i$  個供應源在第  $h$  期可用人力水準之上限(人工小時)
- $r_{inh}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品在第  $h$  期生產之單位機器工時(機器小時/單位)
- $M_{ih}$  = 第  $i$  個供應源在第  $h$  期可用機器產能之上限(機器小時)
- $v_{inhj}$  = 第  $i$  個供應源第  $n$  種產品第  $h$  期至第  $j$  個目的地之單位儲存空間( $ft^2$ /單位)
- $T_{hj}$  = 第  $j$  個目的地在第  $h$  期可用儲存空間之上限( $ft^2$ )
- $B$  = 總成本預算(元)

### 3.2 原始模糊多目標線性規劃模式

#### 3.2.1 目標函數

- 目標函數一：總成本極小化

$$\begin{aligned} \text{Min } \tilde{z}_1 = & \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H \tilde{a}_{inh} Q_{inh} (1 + e_a)^h \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H \tilde{b}_{inh} V_{inh} (1 + e_b)^h \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H \tilde{c}_{inh} W_{inh} (1 + e_c)^h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{h=1}^H \tilde{d}_{inh} E_{inh} (1 + e_d)^h \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^J \tilde{k}_{inhj} R_{inhj} (1 + e_k)^h \end{aligned} \quad (1)$$

- 目標函數二：總配送時間極小化

$$\text{Min } \tilde{z}_2 = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^J \left[ \frac{\tilde{u}_{inhj}}{S_{inhj}} \right] R_{inhj} \quad (2)$$

- 目標函數三：總存貨量極小化

$$\text{Min } z_3 \cong \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{h=1}^H W_{inh} \quad (3)$$

目標函數三中，符號「 $\cong$ 」為「 $=$ 」模糊版，用以表模糊目標函數的渴望水準。

#### 3.2.2 限制式

- 各供應源存量水準(平衡)限制式

$$\begin{aligned} W_{inh-1} - E_{inh-1} + Q_{inh} + V_{inh} - W_{inh} + E_{inh} &= \sum_{j=1}^J R_{inhj} \\ \forall i, \forall n, \forall h \end{aligned} \quad (4)$$

- 各目的地需求量限制式

$$\sum_{i=1}^I R_{inhj} = \tilde{D}_{nhj} \quad \forall n, \forall h, \forall j \quad (5)$$

- 各供應源的人力水準及機器產能限制式

$$\sum_{n=1}^N l_{inh} Q_{inh} \leq \tilde{F}_{ih} \quad \forall i, \forall h \quad (6)$$

$$\sum_{n=1}^N r_{inh} Q_{inh} \leq \tilde{M}_{ih} \quad \forall i, \forall h \quad (7)$$

- 各目的地儲存空間限制式

$$\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N v_{inhj} R_{inhj} \leq T_{hj} \quad \forall h, \forall j \quad (8)$$

- 總成本預算限制式

$$z_1 \leq B \quad (9)$$

- 決策變數非負值限制式

$$Q_{inh}, V_{inh}, W_{inh}, E_{inh}, R_{inhj} \geq 0 \quad \forall i, \forall n, \forall h, \forall j \quad (10)$$

## 4. 模式發展

### 4.1 模式 I：互動式模糊多目標線性規劃

#### (IFMOLP-I)模式

##### 4.1.1 求解模糊限制式策略

首先求解限制式(5)，本研究採用加權平均法將限制式(5)轉換成一輔助確定性等式限制式如下：

$$\sum_{i=1}^I R_{inhj} = w_1 D_{nhj,\alpha}^m + w_2 D_{nhj,\alpha}^p + w_3 D_{nhj,\alpha}^o \quad \forall n, \forall h, \forall j \quad (11)$$

同樣地，若已給予一可接受的隸屬水準  $\alpha$ ，則限制式(6)、(7)對應的確定性不等限制式如下：

$$\sum_{n=1}^N l_{inh} Q_{inh} \leq w_1 F_{ih,\alpha}^m + w_2 F_{ih,\alpha}^p + w_3 F_{ih,\alpha}^o \quad \forall i, \forall h \quad (12)$$

$$\sum_{n=1}^N r_{inh} Q_{inh} \leq w_1 M_{ih,\alpha}^m + w_2 M_{ih,\alpha}^p + w_3 M_{ih,\alpha}^o \quad \forall i, \forall h \quad (13)$$

上式中， $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ ， $w_1$ 、 $w_2$  及  $w_3$  分別表三角模糊數分配的最大可能值、最樂觀值及最悲觀值所對應的權重值。

#### 4.1.2 發展模式 I (IFMOLP-I)

針對原始 MOLP 模式中各模糊目標函數所對應的模糊集，採用下列線性隸屬函數定義之：

$$f_g(z_g) = \begin{cases} 1 & z_g \leq z_g^{PIS} \\ \frac{z_g^{NIS} - z_g}{z_g^{NIS} - z_g^{PIS}} & z_g^{PIS} < z_g < z_g^{NIS} \\ \frac{z_g - z_g^{NIS}}{z_g^{PIS} - z_g^{NIS}} & z_g > z_g^{NIS} \\ 0 & z_g \geq z_g^{NIS} \end{cases} \quad g = 1, 2, \dots, K \quad (14)$$

上式中， $z_g^{PIS}$  及  $z_g^{NIS}$  表示模糊目標函數  $z_g$  值域範圍的正理想解(the positive ideal solutions, PIS)與負理想解下界(the negative ideal solutions, NIS)。更進一步，導入輔助變數  $L$ ，利用 Bellman and Zadeh (1970)模糊決策概念，可建立完整的 IFMOLP-I 模式如下：

#### Max L

$$\text{s.t. } L \leq f_g(z_g) \quad g = 1, 2, \dots, K$$

$$\text{式(4), (8), (9), (11) to (13)}$$

$$Q_{inh}, V_{inh}, W_{inh}, E_{inh}, R_{inhj} \geq 0$$

$$\forall i, \forall n, \forall h, \forall j \quad (15)$$

#### 4.1.3 模式 I (IFMOLP-I) 求解程序

步驟 1：建構建構整合供應鏈 MDPD 問題之原始模糊 MOLP 模式，如式(1)至式(10)。

步驟 2：建構各模糊數之三角分配型態。

步驟 3：利用加權平均法求解模糊限制式，如式(11)至式(13)。

步驟 4：依式(14)建立各模糊目標函數  $z_g$  所對應之線性隸屬函數。

步驟 5：導入輔助變數  $L$ ，採用最小值運算子整合各模糊集，即可建立單目標 LP 模式。

步驟 6：求解步驟 5 之確定單目標 LP 問題，可以獲得一組起始妥協解。

步驟 7：執行與修正上述互動式程序，直到獲得令

其滿意之妥協解為止。

## 4.2 模式 II：互動式模糊多目標線性規劃模式 (IFMOLP-II)

### 4.2.1 模式 II (IFMOLP-II) 發展步驟

步驟 1：建立每一目標函數  $z_g$  之區段線性隸屬函數  $f_g(z_g)$ ， $g = 1, 2, \dots, K$ 。

步驟 2：繪製  $(z_g, f_g(z_g))$  ( $g = 1, 2, \dots, K$ ) 關係之區段線性圖形。

步驟 3-1：將隸屬函數  $f_g(z_g)$  轉換成下列形式：

$$f_g(z_g) = \sum_{e=1}^{P_g} \alpha_{ge} |z_g - X_{ge}| + \beta_g z_g + \gamma_g \quad g = 1, 2, \dots, K \quad (16)$$

$$\text{上式中，} \alpha_{ge} = -\frac{t_{g,e+1} - t_{ge}}{2}, \quad \beta_g = \frac{t_{g,P_g+1} + t_{g1}}{2},$$

$$\gamma_g = \frac{S_{g,P_g+1} + S_{g1}}{2}$$

步驟 3-2：加入非負值離差變數，並建立離差方程式如下：

$$z_g + d_{ge}^- - d_{ge}^+ = X_{ge} \quad g = 1, 2, \dots, K, \quad e = 1, 2, \dots, P_g \quad (17)$$

步驟 3-3：建立區段線性隸屬函數  $f_g(z_g)$ 。

步驟 4：加入輔助變數  $L$  並採最小值運算子整合各模糊集，可建立單目標 LP 模式如下：

#### Max L

$$\text{s.t. } L \leq -\left(\frac{t_{g2} - t_{g1}}{2}\right)(d_{g1}^- - d_{g1}^+) - \left(\frac{t_{g3} - t_{g2}}{2}\right)(d_{g2}^- - d_{g2}^+) - \dots - \left(\frac{t_{g,P_g+1} - t_{gP_g}}{2}\right)(d_{gP_g}^- - d_{gP_g}^+) + \left(\frac{t_{g,P_g+1} + t_{g1}}{2}\right)z_g + \frac{S_{g,P_g+1} + S_{g1}}{2} \quad g = 1, 2, \dots, K$$

$$z_g + d_{ge}^- - d_{ge}^+ = X_{ge} \quad g = 1, 2, \dots, K, \quad e = 1, 2, \dots, P_g \quad \text{式(4), (8), (9), (11) to (13)}$$

$$Q_{inh}, V_{inh}, W_{inh}, E_{inh}, R_{inhj}, d_{ge}^-, d_{ge}^+ \geq 0 \quad \forall i, \forall n, \forall h, \forall j \quad (18)$$

### 4.2.2 模式 II (IFMOLP-II) 求解程序

步驟 1：建構 MDPD 問題原始模糊 MOLP 模式。

步驟 2：建構各模糊數之三角分配型態。

步驟 3：利用加權平均法求解各模糊限制式。

步驟 4：建立各目標函數之區段線性隸屬函數。

步驟 5：繪製  $(z_g, f_g(z_g)) (g=1, 2)$  關係之區段線性圖形，並建構  $f_g(z_g)$  線性方程式。

步驟 6：導入輔助變數  $L$ ，建立單目標 LP 模式。

步驟 7：執行與修正上述互動式程序。

### 5. 模式測試與結果分析

針對所發展的二個互動式整合供應鏈 MDPD 決策模式，本研究特以國內一大型精密機械公司之

供應鏈系統為例進行測試。源於傳統方法之缺失，本研究將導入模糊數學規劃技術，建構個案公司供應鏈系統之整合 MDPD 模式。同時，源於資訊不充足的緣故，造成個案整體供應鏈系統的相關環境係數及模式參數，常會含有相當程度的模糊/不精確性，本研究將以三角模糊數/可能性分配定義模糊/不精確值。本研究採用 LINGO 軟體進行二個模式測試，結果彙總如表 1 及表 2 所示。

表 1 模式 I (IFMOLP-I) 最佳輸出解

項目	輸出解
目標值及 $L$ 值	$z_1 = \$801,076$ , $z_2 = 1,717$ hours, $L = 0.1729$ .
$Q_{inh}$ (單位)	$Q_{111} = 12,618$ , $Q_{121} = 10,130$ , $Q_{112} = 0$ , $Q_{122} = 0$ , $Q_{113} = 0$ , $Q_{123} = 0$ , $Q_{211} = 16,832$ , $Q_{221} = 4,360$ , $Q_{212} = 0$ , $Q_{222} = 0$ , $Q_{213} = 0$ , $Q_{223} = 0$ .
$V_{inh}$ (單位)	$V_{inh} = 0$ , $i = 1, 2$ , $j = 1, 2$ , $h = 1, 2, 3$
$W_{inh}$ (單位)	$W_{111} = 11,288$ , $W_{121} = 8,820$ , $W_{112} = 6,650$ , $W_{122} = 0$ , $W_{113} = 0$ , $W_{123} = 0$ , $W_{211} = 15,312$ , $W_{221} = 3,910$ , $W_{212} = 9,000$ , $W_{222} = 3,000$ , $W_{213} = 0$ , $W_{223} = 0$ .
$R_{inhj}$ (單位)	$R_{1111} = 0$ , $R_{1112} = 0$ , $R_{1113} = 500$ , $R_{1114} = 1,230$ , $R_{1211} = 0$ , $R_{1212} = 500$ , $R_{1213} = 300$ , $R_{1214} = 710$ , $R_{1121} = 0$ , $R_{1122} = 0$ , $R_{1123} = 188$ , $R_{1124} = 3,400$ , $R_{1221} = 0$ , $R_{1222} = 720$ , $R_{1223} = 400$ , $R_{1224} = 1,050$ , $R_{1131} = 0$ , $R_{1132} = 0$ , $R_{1133} = 2,400$ , $R_{1134} = 5,300$ , $R_{1231} = 0$ , $R_{1232} = 2,400$ , $R_{1233} = 1,150$ , $R_{1234} = 3,100$ , $R_{2111} = 1,000$ , $R_{2112} = 820$ , $R_{2113} = 0$ , $R_{2114} = 0$ , $R_{2211} = 650$ , $R_{2212} = 0$ , $R_{2213} = 0$ , $R_{2214} = 0$ , $R_{2121} = 3,000$ , $R_{2122} = 2,300$ , $R_{2123} = 1,012$ , $R_{2124} = 0$ , $R_{2221} = 910$ , $R_{2222} = 720$ , $R_{2223} = 0$ , $R_{2224} = 0$ , $R_{2131} = 5,000$ , $R_{2132} = 4,000$ , $R_{2133} = 0$ , $R_{2134} = 0$ , $R_{2231} = 3,000$ , $R_{2232} = 0$ , $R_{2233} = 0$ , $R_{2234} = 0$ .

表 2 模式 II (IFMOLP-II) 最佳輸出解

項目	輸出解
目標值及 $L$ 值	$z_1 = \$827,577$ , $z_2 = 1,657$ hours, $L = 0.9606$ .
$Q_{inh}$ (單位)	$Q_{111} = 2,150$ , $Q_{121} = 1,310$ , $Q_{112} = 6,900$ , $Q_{122} = 1,450$ , $Q_{113} = 11,700$ , $Q_{123} = 6,650$ , $Q_{211} = 8,700$ , $Q_{221} = 2,080$ , $Q_{212} = 0$ , $Q_{222} = 0$ , $Q_{213} = 0$ , $Q_{223} = 0$ .
$V_{inh}$ (單位)	$V_{111} = 0$ , $V_{121} = 0$ , $V_{112} = 0$ , $V_{122} = 0$ , $V_{113} = 0$ , $V_{123} = 0$ , $V_{211} = 0$ , $V_{221} = 0$ , $V_{212} = 0$ , $V_{222} = 0$ , $V_{213} = 0$ , $V_{223} = 3,000$ .
$W_{inh}$ (單位)	$W_{111} = 0$ , $W_{121} = 0$ , $W_{112} = 0$ , $W_{122} = 0$ , $W_{113} = 0$ , $W_{123} = 0$ , $W_{211} = 8,000$ , $W_{221} = 1,630$ , $W_{212} = 5,000$ , $W_{222} = 0$ , $W_{213} = 0$ , $W_{223} = 0$ .
$E_{inh}$ (單位)	$E_{inh} = 0$ , $i = 1, 2$ , $j = 1, 2$ , $h = 1, 2, 3$
$R_{inhj}$ (單位)	$T_{1111} = 0$ , $T_{1112} = 820$ , $T_{1113} = 500$ , $T_{1114} = 1,230$ , $T_{1211} = 0$ , $T_{1212} = 500$ , $T_{1213} = 300$ , $T_{1214} = 710$ , $T_{1121} = 0$ , $T_{1122} = 2,300$ , $T_{1123} = 1,200$ , $T_{1124} = 3,400$ , $T_{1221} = 0$ , $T_{1222} = 0$ , $T_{1223} = 400$ , $T_{1224} = 1,050$ , $T_{1131} = 0$ , $T_{1132} = 4,000$ , $T_{1133} = 2,400$ , $T_{1134} = 5,300$ , $T_{1231} = 0$ , $T_{1232} = 2,400$ , $T_{1233} = 1,150$ , $T_{1234} = 3,100$ , $T_{2111} = 1,000$ , $T_{2112} = 0$ , $T_{2113} = 0$ , $T_{2114} = 0$ , $T_{2211} = 650$ , $T_{2212} = 0$ , $R_{2213} = 0$ , $T_{2214} = 0$ , $T_{2121} = 3,000$ , $T_{2122} = 0$ , $T_{2123} = 0$ , $T_{2124} = 0$ , $T_{2221} = 910$ , $T_{2222} = 720$ , $T_{2223} = 0$ , $T_{2224} = 0$ , $T_{2131} = 5,000$ , $T_{2132} = 0$ , $T_{2133} = 0$ , $T_{2134} = 0$ , $T_{2231} = 3,000$ , $T_{2232} = 0$ , $T_{2233} = 0$ , $T_{2234} = 0$ .

現將個案測試結果所呈現的重要管理意涵說明如下。首先，本研究二個互動式整合供應鏈

MDPD 模式可以產生一組有效妥協解，並能衡量決策者對所求目標值之整體決策滿意度。假若計算

結果為  $L=1$ ，表全部目標均完全獲得滿足；假若  $0 < L < 1$ ，表全部目標獲得滿足的程度為  $L$ ；假若  $L=0$ ，表無任一目標獲得滿足。其次，本研究二個互動式整合供應鏈 MDPD 模式因同步兼顧總成本、總配送時間、以及總存貨量三個極小化模糊目標函數，相當程度能滿足企業整合供應鏈 MDPD 決策應用之需求。另外，本研究二個 MDPD 模式各隸屬函數(線性及區段線性)PIS 及 NIS 的設定，對目標值及決策滿意度會產生重大影響，顯示的意涵為決策者必須設定各目標適當的 PIS 及 NIS 值，藉以定義合理的線性隸屬函數。

最後，就本研究所發展的二個供應鏈 MDPD 模式與 Lee and Kim(2002)、Gen and Syarif(2005) 模式進行比較。相較之下，可以歸納本研究二個整合供應鏈 MDPD 模式具有以下優質特色：第一，涵蓋多元化模糊/不精確目標函數。第二，提供一符合人性需求的系統化決策架構，促使決策者以互動方式持續修正模式參數，直到獲得滿意解為止。第三，較其他決策模式提供更周延的決策資訊，本研究將各來源可供應人力水準與機器產能，各目的地需求量與儲存空間限制，及作業成本的貨幣時間價值因素納入考量。

## 6. 計畫成果

整體而言，本研究主要貢獻在於導入模糊數學規劃技術，用以建構及發展不確定決策環境下涵蓋多產品、多時期之二個整合供應鏈 MDPD 問題之最適求解模式。本計畫的研究成果已撰成 2 篇學術論文，分別投遞至 *Computers and Industrial Engineering* 及 *Expert Systems with Applications* 國際期刊；另有 1 篇論文於 APIEMS & CIIE Conference 2007 學術研討會上宣讀。

## 參考文獻

1. Abd El-Wahed, W. F and M. A. Abo-Sinna, "A hybrid-goal programming approach to multiple objective decision making problems," *Fuzzy Sets and Systems*, **119**, 71-85 (2001).
2. Aliev, R. A., B. Fazlollahi, B. G. Guirimov, and R. R. Aliev, "Fuzzy-genetic approach to aggregate production-distribution planning in supply chain management," *Information Sciences*, **177**, 4241-4255 (2007).
3. Bellman, R. E. and L. A. Zadeh, "Decision-making in a fuzzy environment," *Management Science*, **17**, 141-164 (1970).
4. Byrne, M.D., and Bakir, M.A., Production planning using a hybrid simulation – analytical approach. *International Journal of Production Economics*, 1999, **59**, 305–311 (1999).
5. Byrne, M.D., and Hossain, M.M., Production planning: an improved hybrid approach. *International Journal of Production Economics*, 2005, **93–94**, 225–229.
6. Chen, C. L. and W. C. Lee, "Multi-objective optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain product demands and prices," *Computers and Chemical Engineering*, **28**, 1131-1144 (2004).
7. Climaco, J. N. and C. H. Antunes, and M. J. Alves, "Interactive decision support for multiobjective transportation problems," *European Journal of Operational Research*, **65**, 58-67 (1993).
8. Gen, M. and A. Syarif, "Hybrid genetic algorithm for multi-time period production/ distribution planning," *Computers and Industrial Engineering*, **48**, 799-809 (2005).
9. Jang, Y. J., S. Y. Jang, B. M. Chang, and J. Park, "A combined model of network design and Production/distribution planning for a supply network," *Computers and Industrial Engineering*, **43**, 263-281 (2002).
10. Lee, Y. H. and S. H. Kim, "Production-distribution planning in supply chain considering capacity constraints," *Computers and Industrial Engineering*, **43**, 169-190 (2002).
11. Masud, A. S. M. and C. L. Hwang, "An aggregate production planning model and application of three multiple objective decision methods," *International Journal of Production Research*, **18**, 741-752 (1980).
12. Petrovic, D., "Simulation of supply chain behavior and performance in an uncertain environment," *International Journal of Production Economics*, **71**, 429-438 (2001).
13. Petrovic, D., R. Roy, and R. Petrovic, "Modelling and simulation of a supply chain in an uncertain environment," *European Journal of Operational Research*, **109**, 299-309 (1998).
14. Petrovic, D., R. Roy, and R. Petrovic, "Supply chain modeling using fuzzy sets," *International Journal of Production Economics*, **59**, 443-453 (1999).
15. Ringuest, J. L. and R. D. Rinks, "Interactive solutions for the linear multiobjective transportation problem," *European Journal of Operational Research*, **32**, 96-108 (1987).
16. Rizk, N., A. Martel, and Amours, S. D., "Multi-item dynamic production-distribution planning in process industries with divergent finishing stages," *Computers and Operations Research*, **33**, 3600-3623 (2005).
17. Vidal, C. J. and M. Goetschalckx, "Strategic production – distribution models: a critical review with emphasis on global supply chain model," *European Journal of Operational Research*, **98**, 1-18 (1997).
18. Wang, R. C. and T. F. Liang, "Application of fuzzy multi-objective linear programming to aggregate production planning," *Computers and Industrial Engineering*, **46**, 17-41 (2004).