行政院國家科學委員會專題研究計畫　成果報告

以混合可能性 - 模糊目標規劃法求解模糊多目標整體生產規劃決策問題

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：NSC94-2213-E-164-003-
執行期間：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日
執行單位：修平技術學院工業管理系

計畫主持人：梁添富

計畫參與人員：鄭鴻文　林嘉弘　林坤億　李百倫　吳建霖

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中　華　民　國 95 年 7 月 21 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以混合可能性－模糊目標規劃法求解模糊多目標整體生產規劃決策問題

A hybrid possibility－fuzzy goal programming method for solving aggregate production planning decision problems with fuzzy multiple goals

計畫編號：NSC 94-2213-E-164-003

執行期間：94 年 8 月 1 日至 95 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

本研究目的旨在導入模糊數學規劃技術，發展一混合可能性–模糊目標規劃(HFPOG)法，用以建立符合企業實際需求之模糊多目標 APP 決策模式。模式內容同時兼顧總生產成本、總儲存成本及總人力水準變動率三個極小化目標，並將最大可供應的人力水準、機器產能與儲存空間限制，以及相關作業成本之貨幣時間價值因素納入考量。其次，本研究亦建構一互動式求解程序，藉以提升模式的建構效率與決策滿意度。同時，特舉一實際產業個案進行模式驗證與測試，藉以歸納 HFPOG 法在實務應用上之重要管理意涵及正面特色。整體而言，藉著本研究 HFPOG 法及其演算法的構建，除可求得實務 APP 決策之有效妥協解及整體決策滿意度，同時也具備彈性的修正程序、提供多元決策資訊及較高的模式建構效率等正面特色，將可解決傳統 APP 決策模式應用程度不足之問題。

關鍵詞：整體生產規劃、混合可能性–模糊目標規劃法、模糊集理論

ABSTRACT

This work develops a novel hybrid possibility–fuzzy goal programming (HFPOG) method to solve APP decision problems with imprecise forecast demand, operating costs and capacity. The proposed method attempts to minimize total production costs, carrying and backordering costs, and rates of changes in labor levels with reference to inventory levels, labor levels, overtime, subcontracting and backordering levels, machine and warehouse capacity, and time value of money for each of the cost categories. The proposed method provides a systematic framework for facilitating the decision-making process, enabling a DM to interactively modify the imprecise data and related parameters until a satisfactory solution is obtained. An industrial case demonstrates the feasibility of applying the proposed method to actual APP decision problems. Overall, the proposed HFPOG method yields an efficient compromise solution and the overall levels of satisfaction of the DM with the determined goal values. The proposed method here is practically applicable for solving real-world APP decision problems

Keywords: Aggregate production planning; Hybrid possibility–fuzzy goal programming method; Fuzzy set theory

1. 計畫緣由與目的

企業整體生產規劃(aggregate production planning, APP)決策的內容乃在尋求關於產出量、外包量、存貨量、欠撥量、產能及人力調配的最適水準，目的在使企業於年度營運期間內，能有效克服季節變動的影響，實質達成產銷配合及提升生產力的營運目標(Lai and Hwang, 1992a)。針對 APP 決策問題的求解方法，自 1955 年 Holt et al.(1955)提出 HMMS 線性決策法則(linear decision rule, LDR)模式以來，許多學者紛紛進行相關研究，並發展求取 APP 決策最適解的數學模式。然就 APP 決策所欲追求的目標而言，過去文獻在探討 APP 問題時常偏向於以追求總生產成本的極小化單一求解目標，此與實際應用產生相當大落差；在實務上，企業一般 APP 決策除追求總生產成本的極小化以外，亦常會同時兼及其他多元目標，如存量與欠撥成本、訂單延遲及人力水準變動率的極小化，或是利潤、設備利用率及顧客服務水準的極大化等(Masud and Hwang, 1980; Saad, 1982; Wang and Fang, 2001; Wang and Liang, 2004)。決策者必須同時權衡取捨(trade-off)多元目標以求得一組最適妥協解(compromise solutions)。此外，傳統常將 APP 對象侷限於單一產品，此與實務情況亦有不合，實務 APP 決策所欲整合對象常涵括多種性質相近的產品族(product family) (Tang et al., 2000)。

再就決策環境面觀之，現有文獻一般皆設定相關決策參數，如成本、價格、產能、市場需求、人力水準、資源供需及其他決策條件，皆為已知的確定性(deterministic/crisp)數值，此與實務一般常具不確定性(uncertainty)的模糊決策環境不相吻合。就企業經營實務而言，源於企業所處外部產經環境與內部資源供需的多變性，促使 APP 決策的相關環境係數與決策參數，常含有相當程度的不精確性及模糊性(imprecise/fuzziness)。同時，在實務上決策

者實際所面對者常為一含多元模糊目標之權衡取捨(trade-off)問題。在此情況下，決策者即須導入模糊目標規劃概念，利用模糊集理論(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適當合理的滿意解，意即令其高滿意度下的一組妥協解。此外，現有文獻所發展的 APP 決策模式皆未考量相關作業成本的貨幣時間價值(time value of money)因素，亦即忽略因複利所產生的巨大利息，致使所計算的現金流量與真正貨幣價值產生相當大的差異。

本研究目的主要在於導入模糊數學規劃技術，發展一混合可能性–模糊目標規劃(hybrid possibility– fuzzy goal programming, HFPOG)法，用以求解模糊環境下多目標 APP 決策問題，模式內容兼顧總生產成本、總儲存成本及總人力水準變動率三個極小化目標，並將最大可供應的人力水準、機器產能與儲存空間限制，以及各作業成本之貨幣時間價值因素納入考量；此外，本研究特建構所提 HFPOG 法之互動式求解程序，藉由系統化程序之決策架構，有效提升 APP 決策模式的建構與運算效率及整體決策滿意度。

2. 文獻探討

早期文獻所發展的確定性 APP 決策模式，主要包含圖解法、線性規劃(linear programming, LP)、運輸模式、LDR、管理係數法(management coefficients)、搜尋決策法則(search decision rule, SDR)及模擬法等七類(Masud and Hwang, 1980)。然而，上述傳統 APP 決策模式皆屬於確定性環境決策方法，亦即相關的決策參數，如各種成本、價格、產能、市場需求、人力水準、資源供需及其他決策條件，決策者在事前均已完全確知，此與實務上常為模糊決策環境並不相符。實務上，源於企業所處外部產經環境與內部資源供需的多變性，促使 APP 決策的環境係數與決策參數，常含有相當程度的不精確性及模糊性。

在模糊決策及模糊數學規劃方面，Bellman and Zadeh(1970)首先提出模糊環境下(目標函數與限制條件式具模糊性質)的模糊決策概念，以及最適模糊決策分析的程序；Zimmermann(1976)隨後將模糊集理論導入傳統的 LP 問題，並將之與 Bellman and Zadeh(1970)所提模糊決策與線性隸屬函數(linear membership function)結合，發展出模糊線性規劃(fuzzy linear programming, FLP)模式，創造出一個學術思考方向。關於模糊多目標數學規劃文獻方面，Zimmermann(1978)首先將其所發展的 FLP 模式(1976)及 Bellman and Zadeh(1970)模糊決策概念，延伸至 MOLP 問題，內容為決策者已設定一個或多個「本質上將會等於或小於某一特定值」的模糊目標為假設條件，並設定線性隸屬函數(linear membership function)表示各模糊目標值，再利用最小值運算子(minimum operator)來整合各模糊集，最後再將問題轉換成一可用標準單形法(simplex method)求解的單目標 LP 型式。以此一觀念為基礎，學者如 Leberling(1981)、Hannan (1981)、Sakawa(1988)等，陸續提出考量不同決策環境的模糊多目標決策模式。

關於模糊多目標規劃在 APP 決策的應用方面，林聰明與梁添富(2002)發展一用以求解多產品 APP 決策問題之模糊多目標線性規劃模式，惟此一模式並未考量相關作業成本的貨幣時間價值因素。Wang and Liang(2004a, 2005a)發展一模糊多目標線性規劃模式用以求解 APP 決策問題，模式兼顧總成本、總儲存與欠撥成本及總人力水準變動率等三個極小化模糊目標函數，並將可供應人力水準、機器產能、倉儲空間及貨幣時間價值因素納入考量。然而，上述 FGP 模式僅考量模糊多目標之取捨替代性質，往往忽略因相關模糊決策參數所造成之不精確限制式問題，與實務情況並不相符。

更進一步，Zadeh(1978)首先提出可能性理論(the theory of possibility)的概念，其意涵為將可能性分配界定為一種模糊限制(fuzzy restriction)，藉以規範一變數指定值的彈性限制範圍，同時特別強調可能性理論在實務應用重要性，主因乃人性決策的本質係源自於可能性而非機率性的事實。Buckley(1988)建構一所有模式參數皆服從可能性分配的模糊變數的數學規劃問題，並發展 PLP 方法來求解此一問題；此外，Buckley(1989)另提出一具不等限制式 PLP 標準型式問題的求解程序。Lai and Hwang(1992b)發展一用以求解目標函數及限制式的係數具不精確性質 PLP 問題的輔助性 MOLP 模式，針對一原始極大化 PLP 問題，Lai and Hwang 的策略為同步設定總利潤最大可能值的極大化、獲得較低總利潤風險的極小化及最高總利潤可能性的極大化等三個確定性目標函數。Hsu and Wang(2001)應用 Lai and Hwang(1992b)的 PLP 方法求解接單組裝(assemble-to-order)環境生產規劃問題。Wang and Liang(2005b)發展一可能性線性規劃(PLP)方法求解整體生產規劃問題，藉由建構系統化的互動式演算法則，可獲得一組有效妥協解及整體決策滿意度。整體而言，學者的研究亦指出可能性分配可以取代機率性分配，提供一種有效的替代工具(Zadeh,1978; Inuiguchi and Sakawa, 1996)。Lai and Hwang (1992a)亦指出相對於隨機線性規劃方法計算上的高度複雜度，PLP 方法能夠提供較高的計算效率及彈性。

綜合以上文獻探討可知，雖然現有探討 APP 決策問題及模糊數學規劃相關文獻數量已累積不少，但仍明顯存有：偏向於 LP 應用的延伸，且皆屬於確定性決策模式，忽略相關作業成本的貨幣時間價值，對於實務 APP 決策較常面臨之模糊多目標權衡取捨問題的考量，明顯不足；同時，近年關於模糊數學規劃之研究有相當蓬勃發展，然將多模糊目標數學規劃及可能性數學規劃模式應用於 APP 決策上的文獻仍相當缺乏。

3. 模式設計

3.1 問題陳述及數學符號

茲就所欲探討的 APP 決策問題陳述如下：設一家企業欲在 T 期規劃時程內生產 N 種產品以滿足市場需求，決策者所面對問題為在考量存貨量與最大的可供應人力水準、機器產能與儲存空間限制及貨幣時間價值因素的前提下，如何尋求與調整各期生產量、外包量、加班產量、存貨量、欠撥量、人員增雇及解雇數及其他決策變數的最適水準，期以達成總生產成本、總儲存與欠撥成本、以及總人力水準變動率等三個極小化模糊目標。因實務 APP 決策係屬於中期生產規劃，涵蓋時間約為二個月至一年之間，相關環境係數及相關決策參數，如預測需求量、作業成本及最大可供應的人力水準與機器產能等，常含有相當程度的不精確性。

本研究模式建構所用的數學符號定義如下：

$\tilde{z}_1$ = 總生產成本(元)

$\tilde{z}_2$ = 總儲存與欠撥成本(元)

z_3 = 總人力水準變動率(人工小時)

$\tilde{D}_{nt}$ = 第 n 種產品在第 t 期之預測需求量(數量單位)

$\tilde{a}_{nt}$ = 第 n 種產品在第 t 期正常生產之單位成本(元/單位)

Q_{nt} = 第 n 種產品在第 t 期之正常生產量(數量單位)

i_a = 正常時間生產成本之定比值

$\tilde{b}_{nt}$ = 第 n 種產品在第 t 期加班生產之單位成本(元/單位)

O_{nt} = 第 n 種產品在第 t 期之加班生產量(數量單位)

i_b = 加班時間生產成本之定比值

$\tilde{c}_{nt}$ = 第 n 種產品在第 t 期之單位外包成本(元/單位)

S_{nt} = 第 n 種產品在第 t 期之外包量(數量單位)

i_c = 外包成本之定比值

$\tilde{d}_{nt}$ = 第 n 種產品在第 t 期之單位儲存成本(元/單位)

I_{nt} = 第 n 種產品在第 t 期之存量(數量單位)

i_d = 儲存成本之定比值

$\tilde{e}_{nt}$ = 第 n 種產品在第 t 期之單位欠撥成本(元/單位)

B_{nt} = 第 n 種產品在第 t 期之欠撥量(數量單位)

i_e = 欠撥成本之定比值

$\tilde{k}_t$ = 第 t 期之單位增雇成本(元/人工小時)

H_t = 第 t 期之增雇人力水準(人工小時)

$\tilde{m}_t$ = 第 t 期之單位解雇成本(元/人工小時)

F_t = 第 t 期之解雇人力水準(人工小時)

i_f = 增雇與解雇成本之定比值

l_{nt} = 第 n 種產品在第 t 期生產之單位人力工時(人工小時/單位)

$\tilde{r}_{nt}$ = 第 n 種產品在第 t 期生產之單位機器工時(機器小時/單位)

v_{nt} = 第 n 種產品在第 t 期之單位儲存空間(ft^2/單位)

$S_{nt\max}$ = 第 t 期第 n 種產品外包量之上限(數量單位)

$\tilde{W}_{t\max}$ = 第 t 期可用人力水準之上限(人工小時)

$\tilde{M}_{t\max}$ = 第 t 期可用機器時間之上限(機器小時)

$V_{t\max}$ = 第 t 期可用儲存空間之上限(ft^2)

3.2 原始模糊多目標線性規劃模式

1. 目標函數

就實務面觀之，企業 APP 決策常需考量各類生產成本、人員技能、勞工法令及其他因素，目的在降低總生產成本及人力水準變動率。由此可知，實際 APP 決策須權衡取捨多元相依性目標函數，本質上部分目標函數具相當程度的不精確性，且每一模糊目標函數各有其對應的特定渴望水準，決策者必須在此渴望水準架構下，同步求解相互取捨之模糊多目標問題。

• 目標函數一：總生產成本極小化

$$\begin{aligned} Min\ \tilde{z}_1 = \sum_{n=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}[&\tilde{a}_{nt}Q_{nt}(1+i_a)^t + \tilde{b}_{nt}O_{nt}(1+i_b)^t \\ &+ \tilde{c}_{nt}S_{nt}(1+i_c)^t + \tilde{d}_{nt}I_{nt}(1+i_d)^t + \tilde{e}_{nt}B_{nt}(1+i_e)^t] \\ &+ \sum_{t=1}^{T}(\tilde{k}_t H_t + \tilde{m}_t F_t)(1+i_f)^t \end{aligned} \quad (1)$$

• 目標函數二：總儲存成本極小化

$$Min\ \tilde{z}_2 = \sum_{n=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}[d_{nt}I_{nt}(1+i_d)^t] \quad (2)$$

• 目標函數三：總人力水準變動率極小化

$$Min\ z_3 \cong \sum_{t=1}^{T}(H_t - F_t) \quad (3)$$

2. 限制式

• 存量水準限制式

$$\begin{aligned} &I_{nt-1} - B_{nt-1} + Q_{nt} + O_{nt} + S_{nt} - I_{nt} + B_{nt} \\ &\quad = \tilde{D}_{nt} \quad \forall n, \forall t \end{aligned} \quad (4)$$

• 人力水準限制式

$$\begin{aligned} &\sum_{n=1}^{N} n_{nt-1}(Q_{nt-1} + O_{nt-1}) + H_t - F_t \\ &\quad - \sum_{n=1}^{N} n_{nt}(Q_{nt} + O_{nt}) = 0 \quad \forall t \end{aligned} \quad (5)$$

$$\sum_{n=1}^{N} n_{nt}(Q_{nt} + O_{nt}) \le \tilde{W}_{t\max} \quad \forall t \quad (6)$$

• 產能及儲存空間限制式

$$S_{nt} \le S_{nt\max} \quad \forall n, \forall t \tag{7}$$

$$\sum_{n=1}^{N} \tilde{r}_{nt}(Q_{nt} + O_{nt}) \le \tilde{M}_{t\max} \quad \forall t \tag{8}$$

$$\sum_{n=1}^{N} v_{nt} I_{nt} \le V_{t\max} \quad \forall t \tag{9}$$

• 決策變數非負值限制式

$$Q_{nt}, O_{nt}, S_{nt}, I_{nt}, B_{nt}, H_t, F_t \ge 0 \quad \forall n, \forall t \tag{10}$$

在目標函數三中，符號「≅」為「=」的模糊版，用以表示模糊目標函數的渴望水準。由以上原始模糊 MOLP 模式之目標函數可知，企業 APP 決策常同時涵蓋不精確及模糊目標函數之混合情況；因之，本研究將發展一混合可能性–模糊目標規劃(HPFOG)法，期以建立滿足企業需求的整體生產計畫，有效達成產銷配合及提高資源使用效率的目標。

4. 模式發展

4.1 建構三角可能性分配

可能性分配係用以描述具不精確資料的事件發生的程度，本研究設定決策者採用三角可能性分配型態來表示模式內各不精確值，主要理由係因其較其他分配型態具有較高的模式建構與運算效率 (Zadeh, 1978; Tang et al., 2001; Wang and Liang, 2004b)。在實際應用上，決策者可基由下列三個端點資料來建構不精確數值的三角可能性分配型態：

(1) 最大可能值(the most possible value, a_{nt}^{m})。其將會完全隸屬於此一不精確的可能值集合，即正規化後的可能性程度為 1。

(2) 最悲觀值(the most pessimistic value, a_{nt}^{p})，其將隸屬於此不精確可能值集合的可能性相當低，即正規化後的可能性程度為 0。

(3) 最樂觀值(the most optimistic value, a_{nt}^{o})。其將隸屬於此不精確可能值集合的可能性相當低，即正規化後的可能性程度為 0。

4.2 輔助性多目標線性規劃(MOLP)模式

1. 求解不精確目標函數之策略

前節原始模糊 MOLP 模式中，目標函數一、二係服從三角形可能性分配之不精確值，此乃因二個函數中各項係數皆為具三角形可能性分配之故。從幾何觀點來看，此一不精確目標函數可由三角可能性分配的三個端點 $(z^m, 1)$、$(z^p, 0)$ 及 $(z^o, 0)$ 定義之，並藉由極力將三個端點往左邊移動的策略，而使模糊目標函數達到極小化。本研究將採用 Lai and Hwang(1992b)方法以同步追求 z^m 的極小化、$(z^m - z^p)$ 的極大化及 $(z^o - z^m)$ 的極小化等三個目標函數，來取代 z^m、z^p 及 z^o 三者之極小化問題。換言之，本研究所使用策略係涵蓋同步追求目標函數最大可能值 z^m 的極小化、獲得最低目標值可能性 $(z^m - z^p)$ 的極大化(如圖 1 區域Ⅰ)及較高目標值風險 $(z^o - z^m)$ 的極小化(如圖 1 區域Ⅱ)等三個確定性目標函數。

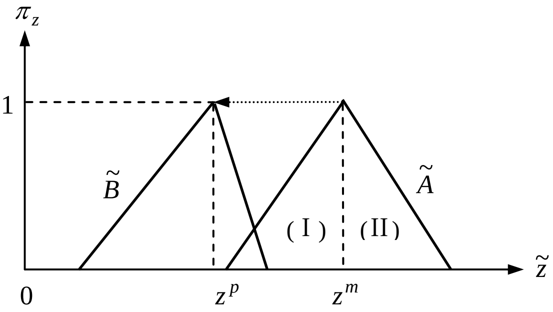

圖 1. 求解極小化目標函數之策略

採用此一求解策略由不精確目標函數一所產生的三個新的目標函數如下：

$$\begin{aligned} Min\ z_{11} = z_1^m = & \sum_{n=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}[a_{nt}^m Q_{nt}(1+i_a)^t + b_{nt}^m O_{nt}(1+i_b)^t \\ & + c_{nt}^m S_{nt}(1+i_c)^t + d_{nt}^m I_{nt}(1+i_d)^t + e_{nt}^m B_{nt}(1+i_e)^t] \\ & + \sum_{t=1}^{T}(k_t^m H_t + m_t^m F_t)(1+i_f)^t \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned} Max\ z_{12} = (z_1^m - z_1^p) = & \sum_{n=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}[(a_{nt}^m - a_{nt}^p) Q_{nt}(1+i_a)^t \\ & + (b_{nt}^m - b_{nt}^p) O_{nt}(1+i_b)^t + (c_{nt}^m - c_{nt}^p) S_{nt}(1+i_c)^t \\ & + (d_{nt}^m - d_{nt}^p) I_{nt}(1+i_d)^t + (e_{nt}^m - e_{nt}^p) B_{nt}(1+i_e)^t] \\ & + \sum_{t=1}^{T}[(k_t^m - k_t^p) H_t + (m_t^m - m_t^p) F_t](1+i_f)^t \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned} Min\ z_{13} = (z_1^o - z_1^m) = & \sum_{n=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}[(a_{nt}^o - a_{nt}^m) Q_{nt}(1+i_a)^t \\ & + (b_{nt}^o - b_{nt}^m) O_{nt}(1+i_b)^t + (c_{nt}^o - c_{nt}^m) S_{nt}(1+i_c)^t \\ & + (d_{nt}^o - d_{nt}^m) I_{nt}(1+i_d)^t + (e_{nt}^o - e_{nt}^m) B_{nt}(1+i_e)^t] \\ & + \sum_{t=1}^{T}[(k_t^o - k_t^m) H_t + (m_t^o - m_t^m) F_t](1+i_f)^t \end{aligned} \tag{13}$$

同樣地，求解不精確目標函數二產生的三個新的目標函數如下：

$$Min\ z_{21} = \sum_{t=1}^{T}(k_t^m H_t + m_t^m F_t)(1+i_f)^t \tag{14}$$

$$\begin{aligned} Min\ z_{22} &= (z_2^m - z_2^p) \\ &= \sum_{t=1}^{T}[(k_t^m - k_t^p) H_t + (m_t^m - m_t^p) F_t](1+i_f)^t \end{aligned} \tag{15}$$

$$Min\ z_{23} = (z_2^o - z_2^m)$$

$$= \sum_{t=1}^{T} [(k_t^o - k_t^m) H_t + (m_t^o - m_t^m) F_t](1 + i_f)^t \quad (16)$$

2. 求解不精確性限制式之策略

首先求解式(4)，其右手邊 $\widetilde{D}_{nt}$ 為一具三角可能性分配的不精確數值。在給予一最低可接受可能性水準 β 的前提下，本研究採用 Lai and Hwang(1992a)的加權平均法(the weighted average method)，將式(4)轉換成一輔助確定性等式限制式如下：

$$\begin{aligned} & I_{nt-1} - B_{nt-1} + Q_{nt} + O_{nt} + S_{nt} - I_{nt} + B_{nt} \\ & \quad = w_1 D_{nt,\beta}^m + w_2 D_{nt,\beta}^p + w_3 D_{nt,\beta}^o \quad \forall n, \forall t \quad (17) \end{aligned}$$

同樣地，若已給予一可接受的可能性水準 β，式(6)對應的輔助確定性不等限制式如下：

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^{N} n_{nt}(Q_{nt} + O_{nt}) \le w_1 W_{t\max,\beta}^m + w_2 W_{t\max,\beta}^p \\ & \quad + w_3 W_{t\max,\beta}^o \quad \forall t \quad (18) \end{aligned}$$

上式中，$w_1 + w_2 + w_3 = 1$，w_1、w_2 及 w_3 分別表示不精確需求量 $\widetilde{D}_{nt}$ 的最大可能值、最樂觀值及最悲觀值所對應的權重值。決策者可依其主觀的經驗與知識估計之。本研究特別採用 Lai and Hwang(1992b)所提的最大可能值(the most likely values)概念，分別設定 $w_1 = 4/6$，$w_2 = w_3 = 1/6$。主要理由係因在一個事件發生的可能值區間中，最大可能值為發生可能性程度最高之數值，相對重要性程度最高，應給予最大的權重值。

其次，針對原始 MOLP 模式中式(8)式的處理，本研究採用模糊分等概念(fuzzy ranking concept)(Tanaka et al., 1984Lai and Hwang, 1992b)，將此一不精確不等式轉換成確定性方程式，所產生的三個對應輔助性不等式如下：

$$\sum_{n=1}^{N} r_{nt,\beta}^m (Q_{nt} + O_{nt}) \le M_{t\max,\beta}^m \quad \forall t \quad (19)$$

$$\sum_{n=1}^{N} r_{nt,\beta}^p (Q_{nt} + O_{nt}) \le M_{t\max,\beta}^p \quad \forall t \quad (20)$$

$$\sum_{n=1}^{N} r_{nt,\beta}^o (Q_{nt} + O_{nt}) \le M_{t\max,\beta}^o \quad \forall t \quad (21)$$

上式中，假若決策者已確知 β 值，原始 PLP 模式即可轉成確定性 MOLP 問題。

4.3 以模糊目標規劃求解輔助性 MOLP 問題

現進一步利用模糊目標規劃(FGP)技術及 Bellman and Zadeh(1970)的模糊決策概念求解前節輔助性 MOLP 問題，首先以線性隸屬函數分別定義各模糊目標函數，並採用最小值運算子(minimum operator)整合各模糊集，即可將前節所建立輔助性 MOLP 問題轉換成一約當的單目標 LP 型式求解。首先，分別界定在輔助性 MOLP 問題中，式(16)至式(21)各不精確目標函數的正理想解(positive ideal solutions, PIS)及負理想解(negative ideal solutions, NIS)如下(Hwang and Yoon, 1981; Lai and Hwang, 1992b)：

$$z_{i1}^{PIS} = Min\ z_i^m, \qquad z_{i1}^{NIS} = Max\ z_i^m \quad i = 1, 2 \qquad (22a)$$

$$z_{i2}^{PIS} = Max\ (z_i^m - z_i^p), \quad z_{i2}^{NIS} = Min\ (z_i^m - z_i^p) \quad i = 1, 2 \quad (22b)$$

$$z_{i3}^{PIS} = Min\ (z_i^o - z_i^m), \quad z_{i3}^{NIS} = Max\ (z_i^o - z_i^m) \quad i = 1, 2 \quad (22c)$$

其次，界定模糊目標函數三，式(3)之 PIS 及 NIS 如下：

$$z_3^{PIS} = Min\ z_3^m, \quad z_3^{NIS} = Max\ z_3^m \qquad (23)$$

更進一步，個別定義各模糊目標函數所對應的線性隸屬函數如下：

$$f_{i1}(z_{i1}) = \begin{cases} 1 & if \quad z_{i1} < z_{i1}^{PIS} \\ \dfrac{z_{i1}^{NIS} - z_{i1}}{z_{i1}^{NIS} - z_{i1}^{PIS}} & if \quad z_{i1}^{PIS} \le z_{i1} \le z_{i1}^{NIS} \quad i = 1, 2 \\ 0 & if \quad z_{i1} > z_{i1}^{NIS} \end{cases} \quad (24)$$

$$f_{i2}(z_{i2}) = \begin{cases} 1 & if \quad z_{i2} > z_{i2}^{PIS} \\ \dfrac{z_{i2} - z_{i2}^{NIS}}{z_{i2}^{PIS} - z_{i2}^{NIS}} & if \quad z_{i2}^{NIS} \le z_{i2} \le z_{i2}^{PIS} \quad i = 1, 2 \\ 0 & if \quad z_{i2} < z_{i2}^{NIS} \end{cases} \quad (25)$$

線性隸屬函數 $f_3(z_3)$、$f_{i3}(z_{i3})$ 的型態與 $f_{i1}(z_{i1})$ $(i = 1, 2)$ 相同。最後，加入輔助變數 L 並結合 Bellman and Zadeh(1970)模糊決策概念，可將輔助性 MOLP 問題轉換成一約當的單目標 LP 型式求解。

4.4 求解程序

步驟 1：建構多產品 APP 決策問題之原始模糊 MOLP 模式。

步驟 2：建構各不精確係數及可供應資源之三角可能性分配。

步驟 3：發展對應的輔助性 MOLP 問題，涵蓋同步追求各不精確目標函數最大可能值的極小化、獲得最低目標值可能性的極大化及較高目標值風險的極小化等三個新的目標函數。

步驟 4：利用加權平均法及模糊分等概念，將各不精確限制式轉換成對應的輔助確定性方程式。

步驟 5：利用模糊目標規劃(FGP)技術求解輔助性 MOLP 問題，首先以線性隸屬函數定義各模糊目標函數，再以最小值運算子整合各模糊集，並轉成一約當的單目標 LP 型式求解。

步驟 6：求解步驟 5 單目標 LP 問題，可得一組起始妥協解；假若決策者對此一起始妥協解不滿意，可進一步持續修正相關的模式參

數，直到獲得滿意解為止。

5. 模式測試與結果分析

針對本研究所發展的混合可能性–模糊目標規劃(HFPOG)法，特以國內一大型精密機械公司導螺桿工廠之 APP 決策為例進行模式測試。Daya 科技公司為台灣地區生產精密機器及傳動組件之最大廠商，近年開始推動全球化佈局及多角化投資，其所製造的滾珠螺桿產量為全球的領先者，主要市場分布於東北亞、北美洲及歐洲等地區，由於產品品質優良，近年並已創造高的銷售量。在 APP 決策方面，目前 Daya 係以採用圖解法為主，其主要策略為維持人力水準於正常的固定水準，針對變動需求部分則採用存貨量、加班、外包及欠撥等方式滿足之。然而，因圖解法相當程度地依賴規劃人員的主觀經驗判斷，對於方案並無法在特定條件下做精細明確的比較，致所選擇決策方案常無法達成預期的效果。基於上述缺失，Daya 公司 APP 規劃人員現擬改用模糊數學規劃方法來發展其滾珠螺桿工廠之整體生產計畫，藉由調整產出率、人員增雇及解雇、存貨量水準、加班量、外包量及欠撥量的最適水準，以有效滿足變動的需求量，期望同時達成總生產成本、總儲存成本及總人力水準變動率等三個極小化模糊目標。

本研究採用 LINGO 軟體進行模式測試，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 HFPOG 方法可以產生 APP 決策的一組有效妥協解。同時，HFPOG 方法所求目標值係服從三角可能性分配之不精確值，此乃因 APP 規劃期間資訊不充足的緣故，造成相關的環境係數及模式參數，如預測需求量、相關作業成本及最大的可供應人力水準與機器產能等，決策者皆設定為服從三角可能性分配之不精確值所致，此與實務情境相符合。

其次，本研究 HFPOG 方法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。同時，本研究互動式 HFPOG 方法為一系統化決策程序的架構，假若決策者對此以上滿意度並不滿意，即可根據實際情況與需求，進一步採取改善行動，持續修正不精確資料或相關模式參數，直到獲得滿意解為止。

本研究 HFPOG 方法因同步兼顧總生產成本、總儲存成本、以及總人力水準變動率三個極小化模糊目標函數，相當程度上能滿足企業 APP 決策應用之需求。就實務層面觀之，企業 APP 決策所追求者常涵蓋多元化目標函數，而且須同步考量取捨此多元化目標函數，藉以求得 APP 決策最適妥協解。

另外，各線性隸屬函數 PIS 及 NIS 的設定，對目標值及決策滿意度會產生重大影響。這項發現所顯示的管理意涵為決策者必須設定各不精確目標適當的 PIS 及 NIS 值，進而定義合理的線性隸屬函數。本研究建議先計算 MOLP 各單目標 LP 解，作為 PIS 及 NIS 設定值的起始點。

最後，特就本研究 HFPOG 方法與隨機線性規劃 (stochastic linear programming, SLP) 及 FLP9(Wang and Fang, 2001b)模式進行比較，並歸納 HFPOG 方法具有下列幾個正面特色。首先，本研究 HFPOG 方法提供一互動式 APP 決策程序的系統化架構，促使決策者能以互動方式持續修正相關模式參數，直到獲得滿意解為止。其次，本研究 HFPOG 方法能提供更周延的決策資訊，在面臨預測需求量的動態變動情境下，能夠提供各種有效的不同替代策略，如加班生產、外包、存貨量、欠撥及人員增、解聘等決策資訊，模式亦考量實際可供應的人力水準、機器產能及倉儲空間的限制，以及各作業成本之貨幣時間價值因素。此外，FLP 係依決策者的主觀偏好概念來建立隸屬函數，而 HFPOG 則係以事件的發生程度為基礎來建立可能性分配，故本質上 HFPOG 對事件發生的描述較 FLP 更為客觀；另一方面，相對於 SLP 方法的高計算複雜度，HFPOG 則能提供較高的計算效率及彈性(Zadeh, 1978; Lai and Hwang, 1992b; Tang et al., 2001)。綜合以上比較，顯示本研究 HFPOG 方法較能符合實際 APP 決策之需求，亦即較 FLP、SLP 及其他 APP 求解模式，能產生較佳整體生產計畫。

6. 計畫成果

整體而言，本研究 HFPOG 方法主要貢獻在於整合可能性及模糊目標規劃方法，發展一新的互動式模糊數學規劃決策模式，用於求解模糊環境下多目標 APP 問題，其中設定各項不精確數值服從三角可能性分配，可以提升模式的建構效率與彈性。同時，本研究 HFPOG 方法可提供一符合人性本質之系統化決策架構，促使決策者以互動方式持續地修正模式參數，直到獲得滿意解為止。綜合而言，相較於一些現行主要的 APP 決策模式，本研究 HFPOG 方法具有涵蓋多元模糊目標函數、提供更周延的決策資訊、考量趕工及間接懲罰成本、以及提供各種不同的趕工替代策略等重大優質特色，顯示其與實際模糊決策環境較為相符，亦較其他決策模式更能符合企業實際應用的需求。

關於本計畫的初步研究成果，現已撰寫二篇論文分別投遞至國外期刊及學術研討會。未來將進一步擴大及修正現有模式，探討模糊環境下關於涵蓋多產品、多時期之整合供應鏈生產/分配決策問題，以及選用新的模糊數分配、隸屬函數與整合運算子型態，進一步建構符合實務應用之 APP 決策模式。

參考文獻

(1) 林聰明、梁添富，「多模糊目標下之整體生產規劃」，工業工程學刊，**19(4)**，39-47 (2002)。

(2) Bellman, R. E. and L. A. Zadeh,

"Decision-making in a fuzzy environment," *Management Science*, **l7**, 141-164 (1970).
(3) Buckley, J. J., "Possibilistic linear programming with triangular fuzzy numbers," *Fuzzy Sets and Systems*, **26**, 135-138 (1988).
(4) Buckley, J. J., "Solving possibilistic linear programming problems," *Fuzzy Sets and Systems*, **31**, 329-341 (1989).
(5) Buckley, J. J. and T. Feuring, "Evolutionary algorithm solution to fuzzy problems: fuzzy linear programming," *Fuzzy Sets and Systems*, **109**, 35-53 (2000).
(6) Hannan, E. L., "Linear programming with multiple fuzzy goals," *Fuzzy Sets and Systems*, **6**, 235-248 (1981).
(7) Holt, C. C., F. Modigliani, and H. A. Simon, "Linear decision rule for production and employment scheduling," *Management Science*, **2**, 1-30 (1955).
(8) Hsu, H. M. and W. P. Wang, "Possibilistic programming in production planning of assemble-to-order environments," *Fuzzy Sets and Systems*, **119**, 59-70 (2001).
(9) Hwang, C. L. and K. Yoon, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Spring-Verlag: Berlin-Heidelberg (1981).
(10) Inuiguchi, M. and M. Sakawa, "Possible and necessary efficiency in possibilistic multiobjective linear programming problems and possible efficiency test," *Fuzzy Sets and Systems*, **78**, 231-241 (1996).
(11) Lai, Y. J. and C. L. Hwang, *Fuzzy Mathematical Programming: Methods and Applications*, Heidelberg: Springer-Verlag (1992a).
(12) Lai, Y. J. and C. L. Hwang, "A new approach to some possibilistic linear programming problems," *Fuzzy Sets and Systems*, **49**, 121-133 (1992b).
(13) Leberling, H., "On finding compromise solutions in multicriteria problems using the fuzzy min-operator," *Fuzzy Sets and Systems*, **6**, 105-118 (1981).
(14) 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).
(15) Saad, G., "An overview of production planning model: structure classification and empirical assessment," *International Journal of Production Research*, **20**, 105-114 (1982).
(16) Sakawa, M., "An interactive fuzzy satisficing method for multiobjective linear fractional programming problems," *Fuzzy Sets and Systems*, **28**, 129-144 (1988).
(17) Tanaka, H., H. Ichihashi, and K. Asai, "A formulation of fuzzy linear programming problem based on comparison of fuzzy numbers," *Control and Cybernetics*, **13**, 185-194 (1984).
(18) Tang, J., D. Wang, and R. Y. K. Fung, "Fuzzy formulation for multi-product aggregate production planning," *Production Planning and Control*, **11**, 670-676 (2000).
(19) Tang, J., D. Wang, and R. Y. K. Fung, "Formulation of general possibilistic linear programming problems for complex systems," *Fuzzy Sets and Systems*, **119**, 41-48 (2001).
(20) Wang, R. C. and H. H. Fang, "Aggregate production planning with multiple objectives in a fuzzy environment," *European Journal of Operational Research*, **133**, 521-536 (2001).
(21) 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).
(22) Wang, R. C. and T. F. Liang, "Aggregate production planning with multiple fuzzy goals," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **25**, 589-597 (2005a).
(23) Wang, R. C. and T. F. Liang, "Applying possibilistic linear programming to aggregate production planning," *International Journal of Production Economics*, **98**, 328-341 (2005b).
(24) Zadeh, L. A., "Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility," *Fuzzy Sets and Systems*, **1**, 3-28 (1978).
(25) Zimmermann, H.-J., "Description and optimization of fuzzy systems," *International Journal of General Systems*, **2**, 209-215 (1976).
(26) Zimmermann, H.-J., "Fuzzy programming and linear programming with several objective functions," *Fuzzy Sets and Systems*, **1**, 45-56 (1978).