行政院國家科學委員會專題研究計畫　成果報告

可能性線性規劃於模糊多目標專案管理決策之應用

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：NSC93-2218-E-164-006-
執行期間：93 年 10 月 01 日至 94 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：林嘉弘　林坤億　李百倫　吳建霖　蕭銘嘉

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中　華　民　國 94 年 8 月 1 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

可能性線性規劃於模糊多目標專案管理決策之應用
Applying possibilistic linear programming to project management decisions with fuzzy multiple goals

計畫編號：NSC93-2218-E-164-006
執行期間：93 年 10 月 1 日至 94 年 7 月 31 日
主持人：梁添富　修平技術學院工業管理系
e-mail: farmer@mail.hit.edu.tw

中文摘要

本研究的目的在於發展一個互動式可能性線性規劃(PLP)方法，用以求解模糊環境下多目標專案管理(PM)決策問題。首先，本研究建構一符合實務情境的原始模糊多目標線性規劃模式，內容涵蓋總專案成本及總完工時間二個極小化目標。其次，發展求解原始模式各模糊/不精確目標函數及限制式之策略。接著，建構一互動式求解程序，提供決策者執行及修正模式之適當步驟。最後，特舉一產業個案實際進行模式測試並進行模式比較，藉以分析及歸納本研究 PLP 方法在實際應用的重要管理意涵。整體而言，本研究所發展的互動式 PLP 方法除可求得一組有效妥協解及決策滿意度外，同時亦具備彈性修正程序、提供多元決策資訊、以及較高的模式建構與運算效率等正面特色，將可解決傳統 PM 決策模式實際應用程度不足之問題。

關鍵詞：可能性線性規劃，專案管理決策，多目標線性規劃

ABSTRACT

In real-world project management (PM) decision problems, input data or related parameters are frequently imprecise/fuzzy owing to incomplete or unobtainable information. This work presents an interactive possibilistic linear programming approach (PLP) for solving PM decision problems with multiple imprecise goals. The proposed PLP approach attempts simultaneously to minimize the total project costs and the total completion time with reference to direct costs, indirect costs, relevant activities times and costs, available resources and budget constraints. An industrial case illustrates the feasibility of applying the proposed approach to real PM decisions. Consequently, the proposed approach yields a set of efficient compromise solutions and the overall degree of decision maker satisfaction with determined goal values. Additionally, several significant findings and features of the proposed approach are presented which distinguish it from other PM models. Overall, the proposed PLP approach is practical for solving PM problems and generates better decisions than other models.

Keywords: Project management; Possibilistic linear programming; Multi-objective linear programming

1. 計畫緣由與目的

專案(project)乃指單一重大的、具明確目標、且須在一定期限下完成之系列作業活動，如企業的新產品研發、新廠或擴廠設施規劃、資訊系統的建置及高速鐵公路、水庫及捷運系統建造等公共建設。整體而言，專案具有屬於特定合約、投資金額龐大、工期很長、耗用較多資源、重複性低及涵蓋系列作業活動等重要特色。因之，組織如何做好專案管理(project management, PM)決策，期能藉由良好的規劃與控制來確保專案計畫能在預定的時間、成本、品質及績效下完成，實為一攸關組織的營運績效及整體競爭力之成敗關鍵。

在實務上，源於組織及產經環境之急遽變遷，趕工(crashing)及資源分配已成為企業專案常會面臨之重大決策問題。一般說來，趕工及資源分配決策的目的主要在於正確地權衡時間/成本(time/cost trade-off)資訊之前提下，藉由增加某些作業之資源投入，以縮短整個專案之總完工時間，並期望獲致最大的經濟效益。關於趕工及資源分配問題的求解方法，目前以探索解法(heuristics)及線性規劃(linear programming, LP)使用最為普遍[8, 12, 15]，然現有 LP 模式所探討趕工問題常偏向追求直接及趕工成本的極小化，並未考量相關間接成本(indirect costs，如監督、文書、利息、以及因進度延遲、品質不佳或配合問題所產生的懲罰成本)。

就決策環境面觀之，現有文獻皆設定作業時間、成本及決策參數為已知確定值(deterministic/crisp)數，也與一般實務決策環境常具不確定性(uncertainty)性質不相吻合。就企業經營實務而言，源於企業所處外部產經環境及內部資源供需的多變性，促使一般 PM 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/模糊性(imprecise/fuzziness)。再者，目前相關文獻所探討關於專案趕工及資源分配決策，一般皆設定資源可以無限供應，且以趕工(直接)成本極小化、或總完

工時間極小化單一追求目標，也與實務常以追求多元目標之作法有所落差。就實務層面觀之，趕工及資源分配決策所追求者除上述單一目標外，亦常涵括總專案成本(含直接與間接成本)、總完工時間、總人力水準、懲罰成本之極小化，或是總利潤、設施利用率之極大化等具多元化目標，因此專案決策者須同時權衡取捨(trade-off)多元化目標函數，藉以求得一組最適妥協解(compromise solutions)。

基於此，本研究目的在於發展一新的互動式 PLP 方法，用以求解目標函數及限制式具模糊/不精確性質之多目標 PM 決策問題，模式內容係在考量專案的直接、間接及懲罰成本、作業時間與順序及成本總預算限制的前提下，企圖同步追求總專案成本及總完工時間二個目標之極小化。

2. 文獻探討

傳統的專案排程方法研究可以概分為里程碑法(benchmark)、甘特圖法(Gantt chart)、排程牆法(full wall scheduling)、要徑法(critical path method, CPM) 及計畫評核術法(program evaluation and review technique, PERT)等五類[4]。上述五類方法除 PERT 外，其他四類均屬於確定性環境之決策技術，即相關的決策參數，如各項作業時間、成本、產能及生產資源等在事前均為已確知情況。在風險決策環境方面，相關文獻在探討作業時間之不確定性時，常先假定其為服從某一機率分配之隨機變數，再依機率理論進行模擬及決策分析[9]。然而，機率模式缺失為受限於機率分配之不確定性，尤其僅能就所選用機率分配型態進行專案決策分析，致使實務應用層面受到限制。

在實務上，企業專案決策環境經常存在相當程度的不精確性/模糊性。針對模糊多目標規劃問題之求解，Bellman and Zadeh[2]首先提出模糊環境下(目標函數與限制條件式皆具模糊性質)之模糊決策概念；Zimmermann[18]隨後將 Bellman and Zadeh 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。在 1978 年，Zimmermann[19]將此一 FLP 模式延伸至模糊目標規劃(fuzzy goals programming, FGP)問題，採用最小值運算子(minimum operator)方法整合各模糊集，進而將原始模糊多目標問題轉換成單目標 LP 型式。關於模糊多目標規劃於 PM 之應用，Arikan and Gungor[1]發展 FGP 模式於 PM 決策上，建構一適於專案網路問題之 FGP 模式，同時舉一實例就 FGP 模式與 LP、辭纂最大值法(lexicographic maximization method, LMM)及 FLP 三種模式進行測試比較，結果顯示 FGP 優於其他三種模式並可獲得專案決策之最適妥協解。Wang and Liang[16]發展一多模糊目標規劃(MFGP)模式求解專案趕工及資源分配問題，此一模式採用線性隸屬函數及最小值運算子來定義及整合各模糊集，測試結果顯示 MFGP 模式可求得一組有效妥協解及提升決策滿意度。

更進一步，Zadeh[17]提出可能性理論(the theory of possibility)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的重要性，主因在於人性決策的本質係源自於可能性而非機率性之事實。Buckley[3]發展可能性線性規劃(possibilitic linear programming, PLP)方法用來建構及求解模式參數服從可能性分配之數學規劃問題。Lai and Hwang[11]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 問題的輔助性多目標線性規劃(multi-objective linear programming, MOLP)模式，求解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三個確定性目標函數。Hsu and Wang[5]應用 Lai and Hwang[11]的 PLP 方法求解模糊環境下接單組裝(assemble-to-order)生產規劃問題。學者的研究指出可能性分配可以取代機率性分配，並可提供一種有效的替代工具[7, 17]。

綜合以上探討可知，雖然目前 PM 相關文獻數量現已累積不少，但仍明顯存有以直接與趕工成本為主要考量、忽略相關間接與懲罰成本、設定相關決策參數為已知確定值，資源可以無限供應、以及對實務較常面臨的多元模糊目標權衡取捨問題之考量明顯不足等缺失。

3. 模式設計

3.1 問題陳述與數學符號

茲將本研究所探討的 PM 決策問題描述如下：設一個專案計畫含有 n 項互相關、且須依一定順序進行之作業，其中各作業趕工成本斜率、單位間接變動成本及總預算皆具不精確性質。因實務 PM 決策相關的環境係數及決策參數，如作業成本、約定完工日期、總預算及資源供需等，具有相當程度的模糊/不精確性。因之，專案決策者所關注者係在考量專案約定的完工期限、各作業所允許的趕工寬裕及總預算限制下，欲發展一新的互動式可能性數學規劃方法，藉以尋求各作業的最佳進行順序及最適完工時間，並達成總專案成本及總完工時間二個目標之極小化。

現將模式建立所用數學符號定義如下：

(i, j) ＝事件 i 與 j 間之作業

$\tilde{z}_1$ ＝總專案成本(元)

z_2 ＝總完工時間(天)

D_{ij} ＝作業(i, j)之正常作業時間(天)

d_{ij} ＝作業(i, j)之最短作業時間(天)

$C_{D_{ij}}$ ＝作業(i, j)之正常(直接)作業成本(元)

$C_{d_{ij}}$ ＝作業(i, j)之最短(直接)作業成本(元)

$\tilde{k}_{ij}$ ＝作業(i, j)之趕工成本斜率(元/天)

t_{ij} ＝作業(i, j)之實際作業時間(天)

Y_{ij} ＝作業(i, j)之趕工時間(天)

E_i ＝事件 i 之最早開始時間(天)

E_j ＝事件 j 之最早開始時間(天)

E_1 ＝專案開始時間(天)

E_n ＝專案完工時間(天)

T_o ＝正常條件下之專案完工時間(天)

$\tilde{T}$ ＝約定的專案完工時間(天)

C_I ＝正常條件下之固定間接成本(元)

$\tilde{m}$ ＝單位間接變動成本(元/天)

$\tilde{b}$ ＝總預算(元)

3.2 原始多目標可能性線性規劃(PLP)模式

1. 目標函數

(1) 目標函數一：總專案成本極小化

$$Min\ \ \tilde{z}_1 = \sum_i \sum_j C_{D_{ij}} + \sum_i \sum_j \tilde{k}_{ij} Y_{ij} + [C_I + \tilde{m}(E_n - T_o)] \quad (1)$$

上式中，

- 趕工成本斜率 $\tilde{k}_{ij}$ 和單位間接成本 $\tilde{m}$ 皆具不精確性質，且服從三角可能性分配。
- $\sum_i \sum_j C_{D_{ij}} + \sum_i \sum_j \tilde{k}_{ij} Y_{ij}$ 表總直接成本，含雇用更多人工、加班、外包及投入更多機具設施成本。
- $[C_I + \tilde{m}(E_n - T_o)]$ 表總間接成本，含監督、合約懲罰、文書及利息財務費用。

(2) 目標函數二：總完工時間極小化

$$Min\ \ z_2 \cong E_n - E_1 \quad (2)$$

在目標函數二中，符號「≅」為「＝」的模糊版，用以表示模糊目標函數的渴望水準。就實務PM 決策問題而言，肇因於資訊不完全的緣故，使得專案總完工時間常含相當程度的不確定性，造成(3)式為一具不精確性渴望水準的模糊目標函數，其目標值常因決策者的判斷而異。

2. 限制式

(1) 網路各節點(事件)前後關係限制式

$$E_i + t_{ij} - E_j \le 0 \qquad \forall i, \forall j \quad (3)$$

$$t_{ij} = D_{ij} - Y_{ij} \qquad \forall i, \forall j \quad (4)$$

(2) 各項作業趕工時間限制式

$$Y_{ij} \le D_{ij} - d_{ij} \qquad \forall i, \forall j \quad (5)$$

(3) 專案開始及完工時間限制式

$$E_1 = 0 \quad (6)$$

$$E_n \le \tilde{T} \quad (7)$$

(4) 總預算限制式

$$\sum_i \sum_j C_{D_{ij}} + \sum_i \sum_j \tilde{k}_{ij} Y_{ij} + [C_I + \tilde{m}(E_n - T_o)] \le \tilde{b} \quad (8)$$

(5) 各決策變數非負值限制式

$$t_{ij}, Y_{ij}, E_i, E_j \ge 0 \qquad \forall i, \forall j \quad (9)$$

實務上，肇因於企業環境與同業競爭的動態性，以及資源的供需的不確定性，故本質上(7)式的設定專案完工時間常具有相當程度的不精確性。同時，(8)式中因企業財務籌措與調度及資源取得價格的變異性，亦造成實務上 PM 決策之成本總預算為一不精確數值。

3.3 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數值，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[20]。現以前節原始模糊多目標 PLP 模式之不精確數值趕工成本斜率($\tilde{k}_{ij}$)為例，設定其三角可能性分配型態如圖 1 所示。

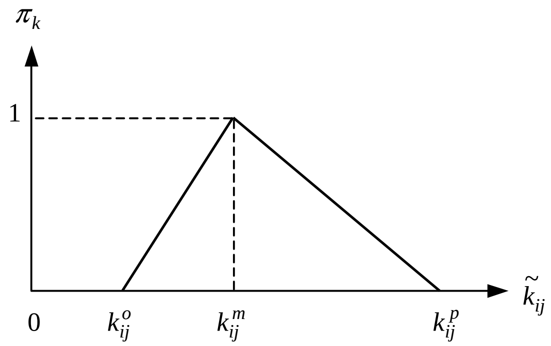

圖 1 $\tilde{k}_{ij}$ 之三角可能性分配

在實際應用上，專案決策者可基由下列三個端點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, k_{ij}^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) 最樂觀值(the most optimistic value, k_{ij}^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。

(3) 最悲觀值(the most pessimistic value, k_{ij}^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。

3.4 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

前節原始多目標 PLP 模式的不精確目標函數一(總專案成本)係服從三角形可能性分配，此乃因各項模糊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 $(z_1^m, 1)$、$(z_1^o, 0)$ 及 $(z_1^p, 0)$ 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。本研究特別採用 Lai and

Hwang[11]方法，設定以同步追求 z_1^m 的極小化、$(z_1^m - z_1^o)$ 的極大化及 $(z_1^p - z_1^m)$ 的極小化等三個目標函數之 MOLP 問題，來取代 z_1^m、z_1^o 及 z_1^p 三者極小化之 PLP 問題。換言之，本研究所用策略之意函係涵蓋同步追求總專案成本最大可能值(z_1^m)的極小化、獲得最低總專案成本可能性 $(z_1^m - z_1^o)$ 的極大化及較高總專案成本風險 $(z_1^p - z_1^m)$ 的極小化等三個確定性目標函數。此一求解極小化不精確目標函數的策略，如圖 2 所示。

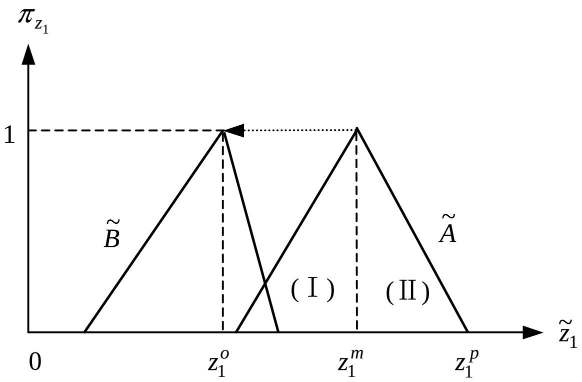

圖 2 求解不精確極小化總成本之策略

由圖 2 可知，可能性分配 $\tilde{B}$ 較 $\tilde{A}$ 為優，採用此一求解策略所產生的三個新的確定性目標函數如下：

$$Min \;\; z_{11} = z_1^m = \sum_i \sum_j C_{D_{ij}} + \sum_i \sum_j k_{ij}^m Y_{ij} + [C_I + m^m (E_n - T_o)] \tag{10}$$

$$Max \;\; z_{12} = (z_1^m - z_1^o) = \sum_i \sum_j (k_{ij}^m - k_{ij}^o) Y_{ij} + [(m^m - m^o)(E_n - T_o)] \tag{11}$$

$$Min \;\; z_{13} = (z_1^p - z_1^m) = \sum_i \sum_j (k_{ij}^p - k_{ij}^m) Y_{ij} + [(m^p - m^m)(E_n - T_o)] \tag{12}$$

2. 求解不精確限制式之策略

首先求解(7)式，本研究採用 Lai and Hwang[11] 提出的加權平均法(the weighted average method)，在給予一最低可接受可能性水準 β 的前提下，將(7)式轉換成一輔助的確定性等式限制式如下：

$$E_n \le w_1 T_\beta^m + w_2 T_\beta^o + w_3 T_\beta^p \tag{13}$$

上式中，$w_1 + w_2 + w_3 = 1$，w_1、w_2 及 w_3 分別代表不精確數值 $\tilde{T}$ 的最大可能值(T_β^m)、最樂觀值(T_β^o)及最悲觀值(T_β^p)所對應的權重值(weights)。關於權重值的設定，本研究特別採用 Lai and Hwang[11]所提出的最大可能值(the most possible 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，應給予最大的權重值。反之，最悲觀值及最樂觀值表二個極端值，其發生的可能性及相對重要性程度最低，應設定最小權重值。

針對原始 PLP 模式中不精確限制式(8)的求解方式，本文特別採用模糊分等概念(fuzzy ranking concept)，利用此一不精確限制式左右兩邊對應的關係，將其轉換成三個確定性的不等方程式[11, 13, 14]，結果列出如下：

$$\sum_i \sum_j C_{D_{ij}} + \sum_i \sum_j k_{ij_\beta}^m Y_{ij} + [C_I + m_\beta^m (E_n - T_o)] \le b_\beta^m \tag{14}$$

$$\sum_i \sum_j C_{D_{ij}} + \sum_i \sum_j k_{ij_\beta}^o Y_{ij} + [C_I + m_\beta^o (E_n - T_o)] \le b_\beta^o \tag{15}$$

$$\sum_i \sum_j C_{D_{ij}} + \sum_i \sum_j k_{ij_\beta}^p Y_{ij} + [C_I + m_\beta^p (E_n - T_o)] \le b_\beta^p \tag{16}$$

3.5 求解輔助性 MOLP 問題

首先，分別界定模糊目標函數(10)至(12)式及目標函數(2)式的正理想解(positive ideal solutions, PIS)與負理想解(negative ideal solutions, NIS)如下[6, 11]：

$$z_{11}^{PIS} = Min\; z_1^m, \qquad z_{11}^{NIS} = Max\; z_1^m \tag{17a}$$

$$z_{12}^{PIS} = Max\,(z_1^m - z_1^o), \quad z_{12}^{NIS} = Min\,(z_1^m - z_1^o) \tag{17b}$$

$$z_{13}^{PIS} = Min\,(z_1^p - z_1^m), \quad z_{13}^{NIS} = Max\,(z_1^p - z_1^m) \tag{17c}$$

$$z_2^{PIS} = Min\; z_2, \qquad z_2^{NIS} = Max\; z_2 \tag{18}$$

其次，針對前節所發展的輔助性 MOLP 問題，進一步界定各模糊目標函數所對應的線性隸屬函數如下：

$$f_{11}(z_{11}) = \begin{cases} 1 & z_{11} < z_{11}^{PIS} \\ \dfrac{z_{11}^{NIS} - z_{11}}{z_{11}^{NIS} - z_{11}^{PIS}} & z_{11}^{PIS} \le z_{11} \le z_{11}^{NIS} \\ 0 & z_{11} > z_{11}^{NIS} \end{cases} \tag{19}$$

$$f_{12}(z_{12}) = \begin{cases} 1 & z_{12} > z_{12}^{PIS} \\ \dfrac{z_{12} - z_{12}^{NIS}}{z_{12}^{PIS} - z_{12}^{NIS}} & z_{12}^{NIS} \le z_{12} \le z_{12}^{PIS} \\ 0 & z_{12} < z_{12}^{NIS} \end{cases} \tag{20}$$

$$f_2(z_2) = \begin{cases} 1 & z_2 < z_2^{PIS} \\ \dfrac{z_2 - z_2^{NIS}}{z_2^{PIS} - z_2^{NIS}} & z_2^{PIS} \le z_2 \le z_2^{NIS} \\ 0 & z_2 > z_2^{NIS} \end{cases} \tag{21}$$

線性隸屬函數 $f_{13}(z_{13})$ 型態與 $f_{11}(z_{11})$ 相同。最後，再加入輔助變數 L，並結合 Bellman and Zadeh[2] 模糊決策概念及 Zimmermann[19]的模糊規劃方法，即可將此一輔助性 MOLP 問題轉換成約當的單目標確定性 LP 型式求解。

3.6 演算法則

步驟一：建構多目標 PM 決策問題之原始多目標 PLP 模式。

步驟二：建構目標函數所含各項不精確係數，以及限制式右手邊各不精確可供應資源之三角可能性分配。

步驟三：發展對應的輔助性 MOLP 問題，內容涵蓋同步追求目標最大可能值的極小化、獲得最低目標值可能性的極大化、以及較高目標值風險的極小化等三個確定性目標函數。

步驟四：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輔助的確定限制式。

步驟五：界定輔助性 MOLP 問題中各目標函數對應的線性隸屬函數，結合 Bellman and Zadeh[2]的模糊決策概念及 Zimmermann[19]的模糊規劃方法，進而將此一輔助性 MOLP 問題轉換成一約當的單目標確定性 LP 型式。

步驟六：求解單目標 LP 問題，可得一組起始妥協解；若決策者對此一起始解不滿意，即可進一步持續修正相關模糊/不精確資料及模式參數，直到獲得滿意解為止。

4. 模式測試

針對所發展的互動式 PLP 方法，本研究特以國內一家大型機械公司之金屬加工廠擴充專案為例測試之。個案公司主要產品包括中心加工機、CNC 車床及代理 CAD 軟體銷售，近年來開始全球化佈局及多角化投資，並致力於半導體機械設備之研發，產品銷售地區涵蓋北美、日本、歐洲及台灣。本項專案為個案公司金屬加工廠擴建工程，該公司有豐富的施工經驗及工程技術人才，整個專案計畫計涵蓋十三大類作業活動，其中源於資訊之不充分，各作業趕工成本斜率、單位間接變動成本及總預算本質上屬於不精確性質。專案經理(工程處長)在考量直接、間接成本、作業時間及總預算限制下，企圖追求總專案成本及總完工時間之極小化。個案測試結果所呈現的重要管理意涵說明如下：

1. 本研究 PLP 方法可產生一組有效妥協解，同時所求得目標值係為服從三角可能性分配之不精確值，此乃因相關作業成本、約定完工日期及總預算等具有相當程度的不精確性質所致，此也與實務決策情境相符合。
2. 本研究互動式 PLP 方法能衡量決策者對所求得目標值的滿意度水準。假若計算結果為 $L=1$，表示整體目標值均完全獲得滿足；假若 $0<L<1$，表示整體目標值獲得滿足的程度為 L；假若 $L=0$，表示無任何目標值獲得滿足。同時，本研究互動式 PLP 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。
3. 本研究 PLP 方法因同步兼顧總成本及總完工時間二個目標函數，相當程度上能滿足企業 PM 決策應用之需求。就實務層面觀之，專案趕工及資源分配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 PM 決策最適妥協解。
4. 本研究 PLP 方法可提升模糊作業運算效率。可能性分配為提供估計不精確的環境係數與參數的一種有效的方法。相較其他不同的分配型態，三角可能性分配的主要優點為可提高模糊運算作業的效率與彈性[3, 7, 11, 14]。

整體而言，本研究 PLP 方法可以滿足大部份實務 PM 決策問題的需求，而且能夠產生較佳的決策計畫。表 1 為本研究 PLP 方法與 FLP[15]及 FGP[1]二類 PM 決策模式之彙總比較。相較之下，可以歸納本研究 PLP 方法具有以下優質特色：第一，涵蓋多元模糊目標函數。在實務上，PM 決策者實際所面臨者經常為一含多模糊目標規劃的問題，本研究 PLP 方法同步考量總專案成本及總完工時間二個模糊目標函數的極小化，較能符合實務應用的需要。第二，PLP 方法提供一符合人性需求的互動式 PM 決策程序之系統化架構，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。第三，本研究 PLP 方法所產生的目標值係服從三角可能性分配的不精確值，此乃因專案的作業成本、期望完工日期、總預算及資源供需等，在本質上皆具不精確性質所導致，此與實務上常為模糊決策環境相符合。第四，本研究 PLP 方法較其他 PM 決策模式提供更為多元的決策資訊，其所關注者為模糊環境下多目標 PM 決策問題，在考量專案的直接(含正常與趕工成本)與間接(含懲罰成本)、約定完工時間及總預算限制情況下，可以提供各種不同的趕工替代策略。

5. 計畫成果

整體而言，本研究 PLP 方法主要貢獻在於發展一新的互動式可能性規劃方法，用於求解模糊環境下多目標 PM 決策問題，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 PLP 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。相較於現有主要 PM 決策模式，本研究 PLP 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。

關於本研究的成果，現已撰寫二篇論文分別投遞至國外期刊及國內研討會。未來將進一步修正模

表 1 三種主要 PM 決策模式之彙總比較

考量因素	FLP[15]	FGP[1]	本研究 PLP 方法
目標函數	單一、線性	多元、線性	多元、線性
目標性質	模糊性	模糊性	模糊性/不精確性
限制式	確定性/模糊性	確定性	模糊性/不精確性
滿意度	未呈現	呈現	呈現
主要考量	成本	成本/時間	成本/時間
決策參數	確定性/模糊性	確定性	模糊性/不精確性
隸屬函數	線性	線性	三角形/線性
整合運算子	最小值	最小值	最小值
修正彈性	低	中	高
作業時間	確定性	確定性	確定性
趕工成本	未考量	考量	考量/不精確性
間接成本	未考量	未考量	考量/不精確性
預算限制	考量/確定性	未考量	考量/不精確性

資料來源：本研究彙整。

式，探討模糊環境下資源受限之專案排程問題，以及選用新的可能性分配型態、隸屬函數與整合運算子來建構更能符合實務應用之 PM 決策模式。

參考文獻

[1] Arikan, F. and Z. Gungor, “An application of fuzzy goal programming to a multiobjective project network problem,” *Fuzzy Sets and Systems*, 119, 49-58 (2001).

[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] Cori, K., “Fundamentals of master scheduling for the project manger,” *Project Management Journal*, 7, 218-229 (1985).

[5] 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).

[6] Hwang C. L. and K. Yoon, *Multiple Attributes Decision Making: Methods and Applications*, Boston: Kluwer (1981).

[7] 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).

[8] Karshenas, S. and D. Haber, “Economic optimization of construction project scheduling,” *Construction Management and Economics*, 8, 135-146 (1990).

[9] Kotiah, T. C. T. and N. D. Wallace, “Another look at the PERT assumption,” *Management Science*, 20, 45-49 (1973).

[10] Lai, Y. J. and C. L. Hwang, *Fuzzy Mathematical Programming: Methods and Applications*, Berlin: Springer-Verlag (1992).

[11] Lai, Y. J. and C. L. Hwang, “A new approach to some possibilistic linear programming problems,” *Fuzzy Sets and Systems*, 49, 121-133 (1992).

[12] Li, C. C., “Scheduling to minimize the total resource consumption with a constant on the sum of completion times,” *European Journal of Operational Research*, 80, 381-388 (1995).

[13] Rimik, J. and J. Rimanek, “Inequality relation between fuzzy numbers and its use in fuzzy optimization,” *Fuzzy Sets and Systems*, 16, 123-138 (1985).

[14] 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).

[15] Wang, H. F. and C. C. Fu, “Fuzzy resource allocations in project management,” *International Journal of Operations and Quantitative Management*, 4, 187-197 (1998).

[16] Wang, R. C. and T. F. Liang, “Project management decisions with multiple fuzzy goals,” *Construction Management and Economics*, 22, 1047-1056 (2004).

[17] Zadeh, L. A., “Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility,” *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 3-28 (1978).

[18] Zimmermann, H.-J., “ Description and optimization of fuzzy systems,” *International Journal of General Systems*, 2, 209-215 (1976).

[19] Zimmermann, H.-J., “Fuzzy programming and linear programming with several objective functions,” *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 45-56 (1978).

[20] Zimmermann, H.-J., *Fuzzy Set Theory and Its Application*, Boston: Kluwer (1996)