

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 應用語意變數於具系統回饋能力分析方法在方案選擇之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2416-H-164-001-

執行期間：92年08月01日至93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：陳秀華

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 10 月 8 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

應用語意變數於具系統回饋能力分析方法  
在於方案選擇之研究

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2416-H-164-001

執行期間：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳秀華

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：修平技術學院

中 華 民 國 93 年 10 月 10 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 應用語意變數於具系統回饋能力分析方法在於方案選擇之研究

### Apply linguistic variables to a system-with-feedback approach for alternatives selection

計畫編號：NSC 92-2416-H-164-001

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：陳秀華 修平技術學院工管系

計畫參與人員：沈觀雄 修平技術學院工管系

陳炳延 修平技術學院工管系

#### 一、中文摘要

一般在做方案選擇時常引用 AHP 的方法，依階層逐次條列準則，並以兩兩比較方式決定各準則之相對權重。此方法已被廣泛應用。然此方法有一缺點即無法因應環境改變而適時調整各權重。本研究改用階層網路分析模式(ANP)，來克服上述問題。因網路屬多對多之關係，因而可將各階層間之準則關係作動態描述，並以馬可夫過程之觀念求得穩態下之相對權重。另外，有時準則之評估具有模糊不精確性，因此本研究加入模糊語意變數，並以技職教育在選擇合作廠商之例子說明本方法之可行性。

**關鍵字：**模糊數，階層網路，決策，技職教育

#### 英文摘要

When we evaluate alternatives with many criteria, there may exist linguistic vagueness of definition for criteria themselves. The precise numbers are usually reluctantly applied to describe the vagueness situations by redefining them with the particular linguistic meaning. In this paper, we introduce the linguistic variables developed in the fuzzy set theory to handle such situations. This approach can aid decision makers to construct models or make decisions in the absence of clearly defined boundaries based on expertise and general knowledge of the task or the system consideration. It is especially meaningful for the ANP approach which is usually used as a tool for analyzing unstructured problems concerning the level of strategy. The enterprise selection for the vocational education system is used as an example for illustrating the proposed approach.

**Keywords:** Fuzzy numbers, Analytical network process, Decision, Vocational education.

#### 二、緣由與目的

有關策略管理的研究，經常需要同時考慮多向度(multiple dimensions)的問題，而此向度中往往包括計量性(quantitative)向度與計質性(qualitative)向度，因而在構建分析模式常遭遇困難。在階層式分析方法(analytical hierarchy process, AHP)提出之後解決了上述部份問題並為大家接受，尤其在策略規劃的問題上被廣為採用。然而 AHP 方法有一根本上的限制，即階層間關係是單向的，無法考慮階層

間甚至階層內之互動關係，因此 AHP 方法所建立的階層式關係為一相對穩態，無法與外在環境作互動因而限制了它在動態環境中使用的價值。為了擴展 AHP 的應用價值其理論架構必須做修正。因而學者將其階層關係以網路方式表示，允許階層間與階層內能擁有雙向影響與回饋能力，此即階層式網路分析模式(analytical network process, ANP)，或稱具回饋能力系統(system-with-feedback)。因而 ANP 就具有能處理複雜與外在動態環境之策略規劃問題的能力。雖然如此，由於階層間關係計算複雜，到目前為止並未被廣為應用。因此如何減化階層間關係表示方式使之能容易處理，乃為本研究動機之一。

無論 AHP 或 ANP 方法，通常在處理策略規劃問題，因此在描述問題之階層關係與相關之衡量準則時，常具非精確性即模糊性。Buckley 等[2,3]與 Csutora 等[7]就對此問題做過探討並應用模糊理論(Fuzzy Sets Theory, Zadeh[23,24])處理此問題。在本研究中則希望應用模糊理中由 Dubois 及 Prade[8,9,10,11]所定義並為部分學者(Lee[14,15], Liang[16])所應用之語意變數(Linguistic Numbers)來處理無法精確描述階層間關係與衡量其相對重要性時的策略規劃問題。

#### 三、研究方法與步驟

此 ANP 方法是以網路方法表示與整體目標有關之各層級間準則之關連性與相對重要性。整體目標通常置於網路之最上端，第一階準則(criteria)表示與整體目標有立即直接的關係，而第二階準則則表示其與第一階準則間的關係，以此類推。而在網路最底層則表示依照上一階各準則所發展之相對應屬性(attribute)以作為對各候選策略或方案作衡量之依據。ANP 與 AHP 最大之差異在於 AHP 對於系統各階層間之關係，僅以階層間單方向由上一階影響下一階。ANP 則不受此限制，允許不同階層間與同一階層間之準則有回饋關係，而此關係是以一稱為超矩陣(supermatrix [21])加以表示。Saaty[19]已對此超級矩陣與馬可夫鏈隨機過程(Markov chain process)之關係做過研究比較證實兩者是對等事件。下圖一說明上述 ANP 之關係。圖中不同箭頭方向表示不同階層間準則之關係，弧線箭表示同一層級間自己準則間之關係。決策者對於某一層內

各準則之重要性是以針對某一控制準則(可能來自於上一層級或下一層級)兩兩比較其重要性而得，此乃構成 ANP 中超級矩陣之基礎。Saaty[20,22]曾建議以數字 1 至 9 來表示其兩兩比較後之相對重要性。然而若是以 ANP 來作為策略選擇的工具所面

對通常為非結構性問題，較難用明確數字來表示其相對重要性，因此本研究乃採模糊理論中之語意變數來描述準則間的相對重要性，以增加此方法之可用性。

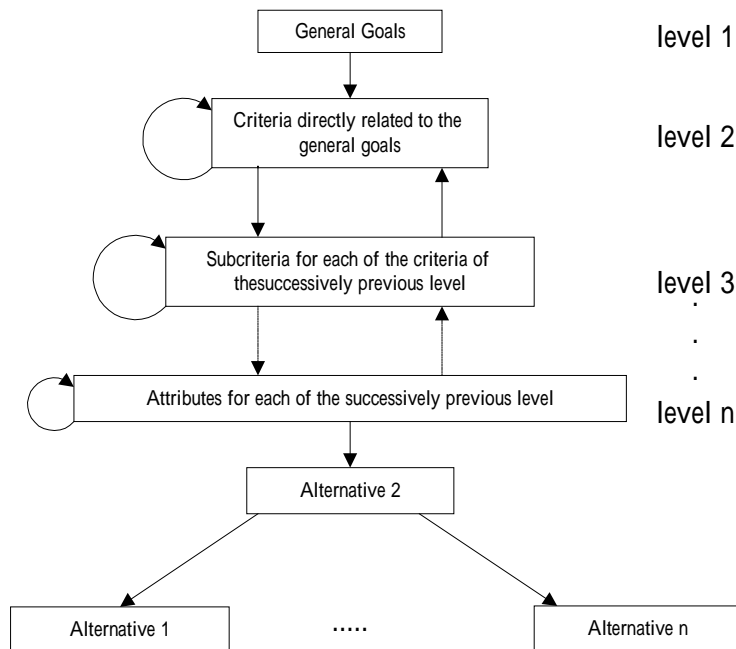


Figure 1. The framework for the ANP approach

如果針對某控制準則而對某一層級中各準則兩兩比較的結果如下表一所示，即假設其重要性

僅以非常重要、重要、無差異、不重要、與非常不重要等五種語意加以表示。

Table 1. Pairwise comparison matrix of the components at a level for a specific control criterion

Control criterion	Criterion 1	Criterion 2	. . .	Criterion m	Relative weights $w$
Criterion 1	<i>Indifferent</i>	<i>Very unimportant</i>	. . .	<i>Unimportant</i>	$w_1$
Criterion 2	<i>Very important</i>	<i>Indifferent</i>		<i>Very important</i>	$w_2$
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
Criterion m	<i>Important</i>	<i>Very unimportant</i>	. . .	<i>Indifferent</i>	$w_m$

當此比較完成之後，此相對重要向量  $w$  可由下列代數運算唯一被決定，

$$Rw = \lambda_{\max} w$$

其中  $\lambda_{\max}$  為矩陣  $R$  的最大 eigenvalue 而  $w$  即為其相對應之向量。Saaty[20]與 Barzilia[1]曾提出近似解方法尋找向量  $w$ 。本研究則採 Meade[16]所提出之二階段演算法即行正規化後之平均來近似向量  $w$ 。其表示式如下

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m \left( \frac{R_{i,j}}{\sum_{i=1}^m R_{i,j}} \right)}{m}$$

由於式中的  $R_{ij}$  是以語意變數表示，因此必須依據對各語意變數所定義之關係方程式(membership functions)以求出  $w_i$  的關係方程式。

首先定義代表相對重要性之語意變數  $R_{ij}$  的關係方程式  $R_{ij}(x)$  為具有如下之三角型態之函數

$$u_{R_{ij}}(x) = \begin{cases} (x - a_{ij}) / (b_{ij} - a_{ij}) & a_{ij} \leq x \leq b_{ij} \\ (x - c_{ij}) / (b_{ij} - c_{ij}) & b_{ij} \leq x \leq c_{ij} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

經由模糊理論的擴展原則(extension principle)中的近似平均運算而得到  $w_i$  關係方程式，以下式表示，並以圖三描述其幾何形狀

$$U_{w_i}(r) \cong \begin{cases} \frac{-B_1}{2A_1} + \left[ \left( \frac{B_1}{2A_1} \right)^2 - \frac{C_1 - r}{A_1} \right]^{1/2} & C_1 \leq r \leq C_3 \\ \frac{B_2}{2A_2} - \left[ \left( \frac{B_2}{2A_2} \right)^2 - \frac{C_2 - r}{A_2} \right]^{1/2} & C_3 \leq r \leq C_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中，

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m (b_{ij} - a_{ij})(p_j - o_j) & A_2 &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m (c_{ij} - b_{ij})(q_j - p_j) \\ B_1 &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m (a_{ij}(p_j - o_j) + o_j(b_{ij} - a_{ij})) & B_2 &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m (c_{ij}(q_j - p_j) + (q_j)(c_{ij} - b_{ij})) \\ C_1 &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m a_{ij} o_j & C_2 &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m c_{ij} q_j \\ & & C_3 &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m b_{ij} p_j \end{aligned}$$

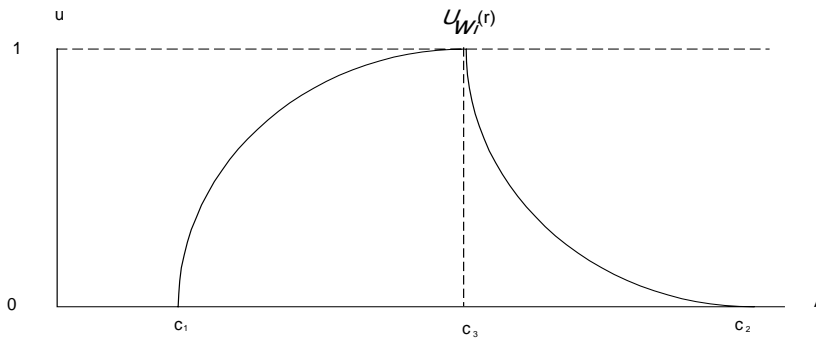


Figure 3. Shape of the approximated membership function for the fuzzy number

當求得  $w_i$  的關係方程式之後，下一步驟須對其作去模糊化(defuzzy)計算，即求出  $w_i$   $i=1, \dots, m$  的排序值(ranking value)。有許多學者[4,5,6,12,13,17]提供一些計算方法，但他們多存在部分缺點[5]。為了簡化數學計算以增加處理問題的能力，在本研究中採用 Chen [6] 及 Kim 等[12]所提之方法來求各模糊變數的模糊適性指標(fuzzy suitability indexes)。令  $G(r)$  為某語意變數之適性指標函數，接著分別定義其最大化集合與最小化集合

maximizing set  $M = \{(r, f_M(r)) | r \in R\}$  ,

minimizing set  $m = \{(r, f_m(r)) | r \in R\}$  及其關係函數如下：

$$f_M = \begin{cases} \frac{(r - r_1)}{(r_2 - r_1)} & r_1 \leq r \leq r_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$f_m = \begin{cases} \frac{(r_2 - r)}{(r_2 - r_1)} & r_1 \leq r \leq r_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中，  $r_1 = \inf D$ ,  $r_2 = \sup D$ ,  $d = \bigcup_{i=1}^m D_i$  ,

$$D_i = \{r | u_{G_i}(r) > 0\}, i = 1, \dots, m.$$

$m$  是所有被考慮的模糊變數。因此，它的樂觀函數 (optimistic utility) 可定義為

$U_{M(G)} = \sup_r (u_{G(r)} \Delta u_{M(r)})$  及悲觀函數 (pessimistic utility) 可定義為  $U_{m(G)} = 1 - \sup_r (u_{G(r)} \Delta u_{m(r)})$ 。在本研究中模

糊變數  $w_i$  已被正規化即其值是介於0與1之間。經過一些代數處理,  $U_{M(G)}$ 與 $U_{m(G)}$ 的值可近似求得如下:

$$U_{M(G)} = \frac{-(B_2+1)}{2A_2} - \left[ \left( \frac{-(B_2+1)}{2A_2} \right)^2 - \frac{C_2}{A_2} \right]^{1/2} \quad (2)$$

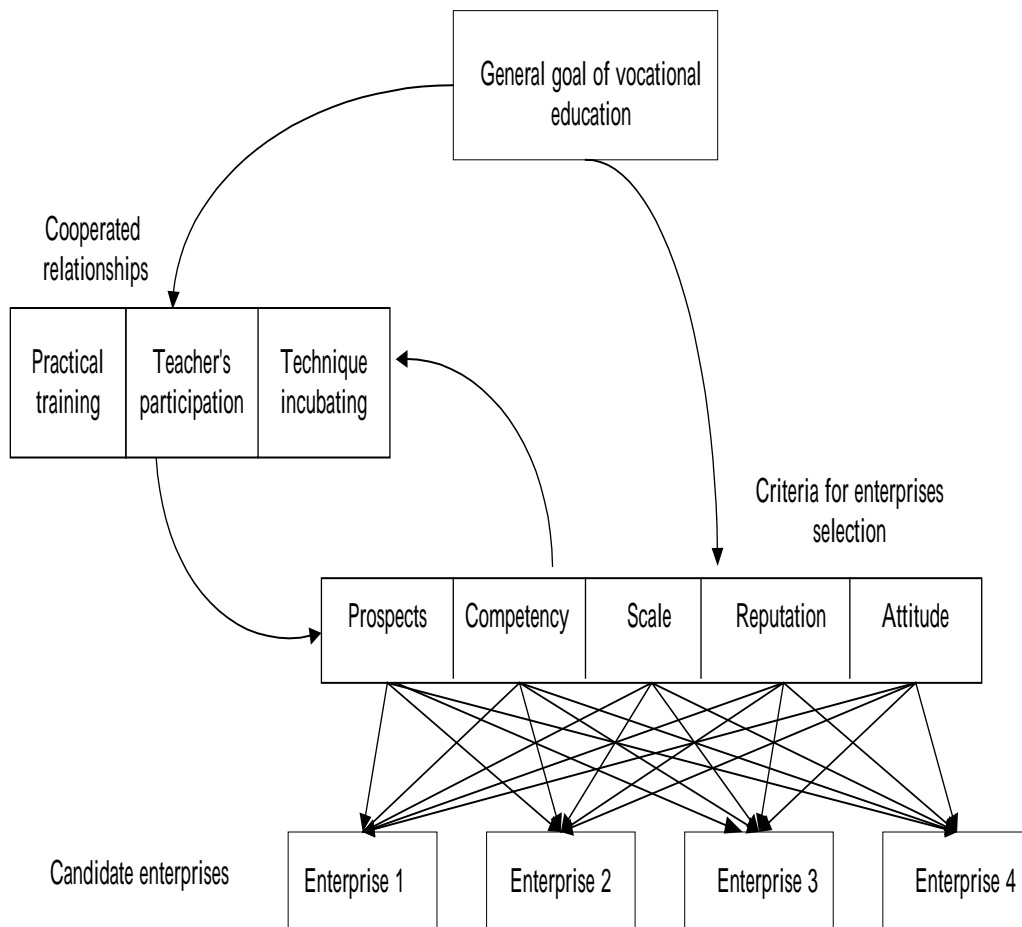
$$U_{m(G)} = \frac{-(B_1+1+2A_1)}{2A_1} - \left[ \left( \frac{-(B_1+1+2A_1)}{2A_1} \right)^2 - \left( \frac{B_1+C_1}{A_1} + 1 \right) \right]^{1/2} \quad (3)$$

其排序值(ranking value)可經由 $U_{M(G)}$ 與 $U_{m(G)}$ 的線性組合求得如下式:  
 $U_{T(G)} = \beta(U_{M(G)}) + (1-\beta)(U_{m(G)})$ ,  $0 \leq \beta \leq 1$   
 。此  $\beta$  值可解釋為決策者之風險態度值,越高的  $\beta$  值表示決策者風險傾向越高。最後,較大的

$U_{T(G)}$  值,表示此準則對某控制準則而言具有較重要性,因此我們可用此  $U_{T(G)}$  來代表相對權重  $w_i$ 。

#### 四、模糊 ANP 在技職教育中合作廠商選擇

步驟一：對技職教育目標,合作方式,評選準則與各準則之評審項目用網路型式加以表示。如下圖二



圖二，技職教育目標，合作方式，評選準則與各準則之評審項目之關連性

步驟二：引用表一所示之方式與上一節模糊數之操作方式得各準則之相對權重如下表三所示

Table 3. Criteria pairwise comparison matrix for phase one cooperated environment

<b>Practical training &amp; skill certification</b>	Prospects	Competency	Scale	Reputation	Attitude	Relative weights $w$
Prospects	<i>Indifferent</i>	<i>Very important</i>	<i>Important</i>	<i>Unimportant</i>	<i>Very unimportant</i>	0.21
Competency	<i>Very unimportant</i>	<i>Indifferent</i>	<i>Unimportant</i>	<i>Absolute unimportant</i>	<i>Absolute unimportant</i>	0.08
Scale	<i>Unimportant</i>	<i>Important</i>	<i>Indifferent</i>	<i>Very unimportant</i>	<i>Absolute unimportant</i>	0.11
Reputation	<i>Important</i>	<i>Absolute important</i>	<i>Very important</i>	<i>Indifferent</i>	<i>Unimportant</i>	0.29
Attitude	<i>Very important</i>	<i>Absolute important</i>	<i>Absolute important</i>	<i>Important</i>	<i>Indifferent</i>	0.31

步驟三：構建起始之超矩陣如下表四

Table 4. The initial “supermatrix” formed by A matrix and B matrix

<b>Super Matrix M</b>	Practical training	Teacher’s participation	Technique incubating	Prospects	Competency	Scale	Reputation	Attitude
Practical training	0	0	0	0.45	0.30	0.47	0.24	0.39
Teacher’s participation	0	0	0	0.23	0.39	0.32	0.29	0.26
Technique incubating	0	0	0	0.31	0.31	0.21	0.47	0.35
Prospects	0.21	0.28	0.30	0	0	0	0	0
Competency	0.08	0.18	0.22	0	0	0	0	0
Scale	0.11	0.12	0.07	0	0	0	0	0
Reputation	0.29	0.16	0.12	0	0	0	0	0
Attitude	0.31	0.26	0.29	0	0	0	0	0

步驟四：經計算即可求得長期穩態下之相對權重如下表五

Table 5. The long term converged “supermatrix” at  $M^{27}$

<b>Super Matrix M</b>	Practical training	Teacher’s participation	Technique incubating	Prospects	Competency	Scale	Reputation	Attitude
Practical training	0	0	0	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Teacher’s participation	0	0	0	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Technique incubating	0	0	0	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Prospects	0.25	0.25	0.25	0	0	0	0	0
Competency	0.15	0.15	0.15	0	0	0	0	0
Scale	0.10	0.10	0.10	0	0	0	0	0
Reputation	0.19	0.19	0.19	0	0	0	0	0
Attitude	0.28	0.28	0.28	0	0	0	0	0

步驟五：以所設定好之準則對各候選廠商進行評估並採用所求得之權重即可求得各候選廠商之得分，得分較高者即為較佳之選擇。表六為所計算之結果。

Table 6. Desirability index calculation for candidate enterprises

Phases	weight	Criteria	weight	Enterprise 1	Enterprise 2	Enterprise 3	Enterprise 4
				weight score	weight score	weight score	weight score

Practical training	0.36	Prospects	0.25	0.34	0.0306	0.22	0.0198	0.16	0.0144	0.28	0.0252
		Competency	0.15	0.32	0.0173	0.29	0.0157	0.18	0.0097	0.21	0.0113
		Scale	0.10	0.14	0.0050	0.34	0.0122	0.31	0.0112	0.21	0.0076
		Reputation	0.29	0.29	0.0198	0.32	0.0219	0.17	0.0116	0.22	0.0150
		Attitude	0.28	0.30	0.0302	0.21	0.0212	0.17	0.0171	0.32	0.0323
Teacher's participation	0.28	Prospects	0.25	0.34	0.0238	0.22	0.0154	0.16	0.0112	0.28	0.0196
		Competency	0.15	0.32	0.0224	0.29	0.0122	0.18	0.0076	0.21	0.0088
		Scale	0.10	0.14	0.0039	0.34	0.0095	0.31	0.0087	0.21	0.0059
		Reputation	0.29	0.29	0.0154	0.32	0.0170	0.17	0.0090	0.22	0.0117
		Attitude	0.28	0.30	0.0235	0.21	0.0165	0.17	0.0133	0.32	0.0251
Technique incubating	0.33	Prospects	0.25	0.34	0.0281	0.22	0.0182	0.16	0.0132	0.28	0.0231
		Competency	0.15	0.32	0.0158	0.29	0.0144	0.18	0.0089	0.21	0.0104
		Scale	0.10	0.14	0.0046	0.34	0.0112	0.31	0.0102	0.21	0.0069
		Reputation	0.29	0.29	0.0182	0.32	0.0201	0.17	0.0107	0.22	0.0138
		Attitude	0.28	0.30	0.0277	0.21	0.0194	0.17	0.0157	0.32	0.0296
Desirability index				0.2863		0.2447		0.1609		0.2463	

## 五、參考文獻

- Barzilai, "Deriving weights from pairwise comparison matrices," *Journal of Operations Research Society*, 49, 1226-1232 (1997).
- Buckley, J. J., "Fuzzy hierarchical analysis," *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 233-347 (1985)
- Buckley, J. J., T. Feuring and Y. Hayashi, "Fuzzy hierarchical analysis revisited," *European Journal of Operational Research*, 129(1), 48-64 (2001).
- Campos, L. M. and A. Gonzalez, "A Subjective Approach for Ranking the Fuzzy Numbers," *Fuzzy sets and systems*, 29, 145-153(1989).
- Chen, C. B. and C. M. Klein, "An efficient approach to solving fuzzy MADM problems," *Fuzzy Sets and Systems*, 88, 51-67(1997).
- Chen, S. H., "Ranking Fuzzy Numbers with Maximizing and Minimizing Set," *Fuzzy sets and Systems*, 17, 113-129(1985).
- Csutora, R. and J. J. Buckley, "Fuzzy hierarchical analysis: the Lambda-Max method," *Fuzzy Sets and Systems*, 120(2), 181-195(2001).
- Dubois, D. and H. Prade, "Operations on Fuzzy Numbers," *International Journal of Systems Science*, 9, 613-626(1978).
- Dubois, D. and H. Prade, *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*, Academic Press, (1980).
- Dubois, D. and H. Prade, "Addition of Interactive Fuzzy Numbers," *IEEE Trans. Automatic Control*, 26, 926-936(1981).
- Dubois, D. and H. Prade, *Possibility Theory: An Approach to Computerized Processing of Uncertainty*, Plenum Press, (1986).
- Kim, K. and K. S. Park, "Ranking fuzzy numbers with index of optimization," *Fuzzy Sets and Systems*, 35, 143-150(1990).
- Lee, D. H. and D. Park, "An efficient algorithm for fuzzy weighted average", *Fuzzy Sets and Systems*, 87, 39-45 (1997).
- Lee, H. T. and S. H. Chen, "Fuzzy Regression Model with Fuzzy Input and Output Data for Manpower Forecasting," *Fuzzy Sets and Systems*, 119(2), 19-27(2001).
- Lee, H. T., "  $C_{\rho k}$  Index Estimation Using Fuzzy Numbers," *European Journal of Operational Research*, 129(2), 219-224(2001).
- Liang, G.-S. and M.-J. J. Wang, "Personnel Selection Using Fuzzy MCDM Algorithm," *European Journal of Operational Research*, 78, 22-33(1994).
- Liou, T. S. and M. J. J. Wang, "Ranking fuzzy numbers with integral value," *Fuzzy Sets and Systems*, 50, 247-255(1992).
- Meade, L. and J. Sarkis, "A Strategic Analysis of Logistics and Supply Chain Management Systems Using Analytical Network Process," *Transportation Research*, 34(3), 201-215(1998).
- Saaty, T. L., *Decision making: The Analytic Hierarchy Process*, Pittsburg, PA (1988)
- Saaty, T. L. and M. Takizawz, "Dependence/Independence: From Linear Hierarchies to Nonlinear Network," *European Journal of Operational Research*, 26 229-237(1986).
- Saaty, T. L. *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburg, PA.(1996).
- Saaty, T. L., J. W. France, and K.R. Valentine, "Modeling the Graduate Business School Admission Process," *Socio-Economic Planning Science*, 25(2), 155-162(1991).
- Zadeh, L. A., "Fuzzy Sets," *Information and Control*, 8, 338-353(1965).
- Zadeh, L. A., "The Concept of A Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning, part 1,2 and 3," *Information Science*, 8 199-249(1975), 301-357(1975); 9, 43-80 (1976).