

## 多目標水資源衝突協調系統方法之探討： 石門水庫水量調配模式之建構

劉祥熹

台北大學合作經濟系

王裕民

台北大學資源管理所

### 摘要

多目標水資源衝突協調系統之建立為解決水資源多目標使用衝突性的方法。台灣地區因氣候與地理因素影響，使降雨時期與降雨地區分配不平均，加上河川逕流短且水質污染嚴重，造成水資源供需失衡的現象，由此更顯出台灣地區水資源有效利用的重要性。將豐水期水資源儲存以供枯水期時使用，水庫扮演重要的角色，因此如何將現有之水庫水資源有效調配為當務之急。石門水庫為水資源多目標使用之水庫，可供發電、農業、與生活等用水，為台灣地區重要水庫之一，研究其水資源調配之有效性極具價值。

本研究擬以 Thiessen and Loucks(1992) 提出水資源衝突協調模式與衝突協調系統之精義，建立研究架構以解決石門水庫水資源多目標使用衝突性的問題。首先蒐集相關背景資料，界定衝突團體，選擇變數，建立水資源衝突協調模式。其次以  $\epsilon$ -限制式法設計衝突協調程序並利用 VISUAL BASIC 程式語言發展水資源衝突協調系統，最後加入衝突團體決策者偏好資訊，求取妥協解，解決石門水庫水資源調配衝突性的問題，使水資源利用更加有效率。

關鍵字：水資源、多目標衝突解、協調。

# **Negotiation System Approach to the Multiobjective Water Resources Conflicts: the Water Resource Distribution Model of Shihmen Reservoir**

Hsiang-Hsi Liu

Department of Cooperative Economics, National Taipei University

Yuh-Min Wang

Department of Resource Management, National Taipei University

## **Abstract**

The negotiation system of multiobjective water resources conflicts is one of the approaches to solve the conflict problems of using water resource. Due to the supply of water influenced by the seasonal factors and pollution have had some constraints, the reservoir might play a main role to provide the water resource to be utilized. How to allocate efficiently and effectively the water in reservoir is also important today. Shihmen reservoir is one of the multiple-objective functions for water utilization, for example, in hydroelectric, agriculture and living water.

This study applies the negotiation system approach of multiobjective water sources conflicts (Theissen and Loucks, 1992) and the satisfaction theory,  $\epsilon$ -constraint method by using the VISUAL BASIC language to develop a system which dealing with a conflict negotiation of the water resource utilization. This approach also links some information from decision-markers to find out the solution that can be compromised by those conflict groups. In other words, the procedure helps us to make decision more efficiently for Shihmen reservoir water resource allocation.

**Keywords:** Water Resource, Multiobjective Conflict Resolution, Negotiation.

## 壹、前言

資源有限，人類慾望無窮的情況下，資源的多目標使用常產生衝突，因此，如何促使多目標資源使用之衝突性能有效解決，從而達成資源合理調派與有效使用，遂成為重要的研究課題。

各種資源中，水資源是最重要者之一，台灣受到氣候與地理因素影響，使降雨時期與降雨地區分配不平均，加上河川逕流短且水質污染嚴重，造成水資源供需失衡的現象。水資源保存不容易，且興建水庫並非處處皆可，可供開發水庫之地點有限，開發時間長，成本太高，開發新水源並非妥善的辦法。近年來地層下陷問題嚴重，使用地下水必須謹慎，地表水則須靠水庫保存，於水資源有限情況下，做好水庫水資源之調配，減少浪費是解決水資源供需失調的較佳方法。

台灣水庫目前共有 35 座，其中石門水庫歷史悠久，年平均供水量為 1,014.31 百萬立方公尺，且其具有防洪、給水、灌溉、發電、遊憩等功能，在台灣水資源利用佔有重要地位，各標的用水於衝突情況下，水庫水資源如何有效利用，更具有研究價值。

現今，台灣地區人們民主理念加深、環保意識提升，衝突之解決則應以理性或民主之程序協調之。因此有鑑於水資源有限、自來水與電力事業傾向民營化及民主意識高漲等情況下，本研究擬採多目標決策（multiple objective decision making, MODM）技術之基本理念，建構水資源使用衝突協調處理程序，依照此程序設計「多目標水資源衝突協調」之資訊輔助系統，以石門水庫為研究對象，於水資源利用具有衝突之情況下（尤其利益團體間），促使水資源作適當的調配，以利水資源使用效率提升。

## 貳、多目標衝突協調系統之理論依據與最適解之規劃方法

多目標衝突之決策方法為設立「多目標水資源衝突協調系統」之基礎，因此，本節中論述多目標決策方法與滿意理論，作為本文實證引用模式與衝突協調系統建構之依據。

### 一、多目標衝突協調系統之理論依據

本節將探討多目標衝突之決策方法，內容包括此方法之理論內涵與求解方法之演進過程、分類與限制，又為衡量各衝突團體滿意度之大小，以各團體滿意程度為決策依據，於介紹解決水資源調配問題的方法時（ $\epsilon$ -限制式法），亦一併引介滿意函數或理論之概念，以利本文建構完整性的系統模擬模式而益於解決多目標使用衝突之水資源利用相關問題。

## (一) 多目標決策方法之理念

多目標決策方法 (multiple objective decision making, MODM) 是多重準則決策 (multiple criteria decision making, MCDM) 方法之一, 多重準則決策可分為兩類即多屬性決策 (multiple attribute decision making, MADM) 與多目標決策。多屬性決策, 注重方案之評選, 即於已知的替代方案中依其屬性決定優先順序供決策者參考、選取。而多目標決策為多目標函數下於限制條件所形成之區間內, 由決策者之偏好以求得非劣解 (noninferior solution) 之求解過程。本研究注重水資源多目標使用衝突情況下, 提供協調方案, 解決衝突問題而非方案之評選, 因此擬採用多目標決策方法。有關多目標決策方法演進過程與限制將說明如下:

## (二) 多目標衝突協調或決策方法之演進

多目標決策方法是由單一準則之賽局理論發展而來, 1944 年 Von Neumann and Morgenstern 提出衝突的「兩難問題 (prisoner's dilemma)」, 以賽局理論 (game theory) 處理衝突的問題, 1951 年 Koopmans 利用向量最適化之概念為多目標決策奠下發展之基礎。同年, Kuhn and Tucker 二人在「非線性規劃(non-linear programming)」中提出「向量最適化(vector optimal)」, 並導出非劣解存在的條件。1955 年 Charnes and Cooper 在「線性規劃管理模式與工業應用 (management models and industrial applications of linear programming)」提出多個目標間相互衝突時之求解技術, 並命名為目標規劃法 (goal programming)。1963 年 Zedeh 直接由 Kuhn-Tucker 條件以權重法求解, 1965 年 Zedeh 提出 Fuzzy sets 之觀念。1972 年首次多目標規劃之國際會議於南卡羅萊州 (South Carolina) 舉行。七〇年代多目標規劃發展更快, 七〇年代末期, 更廣泛用於實務以解決問題。

1973 年 Cohon and Marks 將  $\epsilon$ -限制式法用於集水區水資源規劃上, 1974 年 Haimes and Hall 發展出 surrogate worth tradeoff method-SWT, 1977 年 Haimes 將此方法用於解決水資源規劃問題, 1977 年 Major 在「多目標水資源規劃 (Multiobjective Water Resource Planning)」一書中討論多目標規劃分析之權重法和限制式法。1980 年 Cohon 等人利用  $\epsilon$ -限制式法解決美國電廠設定之問題, 1982 年 Yu 發展動態多階段之方法, 1985 年 Yu 於「多準則決策 (Multiple-Criteria Decision Making)」一書中介紹多目標決策方法, 1987 年 Yu 提出應變計劃, 1990 年 Haimes 發展多階層多目標動態規劃, 1990 年以後「模糊多階層多目標動態多階段規劃」與 Yu 提出之「習慣領域 (habitual domain)」已進行整合, 1992 年模糊類神經網路開始運用於多重準則決策, 1992 年 Loucks and Thiessen 利用  $\epsilon$ -限制式法提出水資源衝突協調系統之架構(本文即利用此架構之精義設計, 進行石門水庫水量調配模式之實證研究)。現今, 國內外政府部門或學術機構大多採用多目標決策方法作決策分析, 而促此理論發展至今更為完備且在實用上更具其功能, 極具好評。

## 二、多目標決策模式之求解方法

多目標決策方法於求解時，各目標間的衝突性造成有 Trade-off 的現象，無法同時考慮個個目標使其極大，因此於數學求解過程中將多目標的形成求解，但仍然兼顧其他目標，將多目標轉換成單一目標求解時主要有三種作法：

- (1) 可將所有目標式加權後加總為新的目標式求解。
- (2) 選擇最重要的目標為目標式，將其他目標轉換成限制式求解。
- (3) 選定某一基準求各目標偏離值加總為最小的情況下求解。

茲將多目標決策方法之求解模式、特性與限制整理如表 1。本段中，進一將  $\mathcal{E}$ -限制式法的數理過程加以說明，以利結合滿意理論之論述，並作為本文分析多目標水資源衝突協調系統建構之基礎。

表 1：多目標決策方法求解模式、特性與限制

方法別	求解模式或求解方法	特性	限制
整體評估法 (GLOBAL CRITERION)	$\max f_j(x)$ $\text{s.t. } g_i(x) \leq 0, i=1,2,\dots,m$ $j=1,2,\dots,k$ 先求出下列模式之理想解 (ideal solutions) $f_i(x^*), j=1,2,\dots,k$ 再代入下列模式求解 $\min \sum_{i=1}^k \left( \frac{f_i(x^*) - f_i(x)}{f_i(x^*)} \right)^p$ $\text{s.t. } g_i(x) \leq 0, i=1,2,\dots,m$	求解時決策者不用提供偏好資訊	規劃者決定 P 值大小後求出之解，決策者不一定接受
效用函數法 (UTILITY FUNCTION)	$\max U(f_1, f_2, \dots, f_k)$ $\text{s.t. } g_i(x) \leq 0, i=1,2,\dots,m$	以效用函數表達決策者之偏好 正確的評估效用函數將求得決策者喜好的滿意解	效用函數 $U(X)$ 難以求得
限制目標法 (BOUNDED OBJECTIVE METHOD)	$\max f_r(x)$ $\text{s.t. } g_i(x) \leq 0, i=1,2,\dots,m$ $f_j(x) \geq L_j, j=1,2,\dots,k; j \neq r$ $f_j(x) \leq H_j, j=1,2,\dots,k; j \neq r$ 其中 $L_j$ 為可接受之最小值 其中 $H_j$ 為可接受之最大值	決策者必須提供每一目標函數可接受之最低值	$L_j$ 與 $H_j$ 的值難以求得

表 1 (續)

方法別	求解模式或求解方法	特性	限制
目標達成法 (GOAL ATTAINMENT METHOD)	$\min Z$ $\text{s.t. } g_i(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m$ $f_j(x) - w_j Z \geq b_j, j = 1, 2, \dots, k$ $\underline{w} > 0, \sum_{j=1}^k  w_j  = 1$	依決策者所給定之目標向量 $\underline{b}$ 與能反應出與距離目標遠近之權重向量 $\underline{w}$ 求解。	所求得之解與目標向量、權重向量之大小有關。
目標規劃法 (GOAL PROGRAMMING)	$\min Z = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-)$ $\text{s.t. } \underline{x} \in X$ $Z_i(x) + d_i^- - d_i^+ = T_i$ $d_i^+, d_i^- \geq 0$ $d_i^+ \cdot d_i^- = 0, i = 1, 2, \dots, k$	將每一目標設立一目標值 (goals)，並以所設定之目標值為基礎求滿意解，使每一目標與目標值之離差總和為最小。	目標值之設定為求解之關鍵，若太低可能產生劣等解。
辭書式法 (LEXICOGRAPHIC METHOD)	<p>先求出符合下列模式之 唯一 向量(<math>\underline{x}</math>), 其解為 <math>f_1^*</math></p> $\max f_1(\underline{x})$ $\text{s.t. } g_i(\underline{x}) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m$ <p>再求出符合下列模式之 唯一 向量(<math>\underline{x}</math>), 其解為 <math>f_2^*</math></p> $\max f_2(\underline{x})$ $\text{s.t. } g_i(\underline{x}) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m$ $f_1(\underline{x}) = f_1^*$ <p>直到求出符合下列模式 之唯 一向量(<math>\underline{x}</math>), 其解為 <math>f_i^*</math> 為止</p> $\max f_i(\underline{x})$ $\text{s.t. } g_i(\underline{x}) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m$ $f_l(\underline{x}) = f_l^*, l = 1, 2, \dots, i-1$	依決策者對目標之重要性排序，不重要之目標將被省略	目標之重要性將影響所求之解
權重法 (PARAMETRIC METHOD)	$\max f(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + \dots$ $+ w_k f_k(x) = \sum_{j=1}^k w_j f_j(x)$ $\text{s.t. } \underline{x} \in X$ <p>其中 <math>w_k</math> 為第 <math>k</math> 個目標之權重且</p> $w_k \geq 0$	各目標可透過權重予以相加	僅適用於可行解區域為凸集合之情況

表 1 (續)

方法別	求解模式或求解方法	特 性	限 制
季高林法 (The Geoffrion Method)	此方法乃假設效用函數由P個目標式所組成，將P個目標式轉成下式求解： $\text{MAX } U(Z(x))$ $\text{s.t. } x \in X$	決策者於求解過程扮演重要之角色且決策者要知道目標間之替換值。	$U(Z(x))$ 必須為凸函數並且連續可微。 $X$ 必須為凸集合。 決策者必須參予決策並提供目標間之替換值。
逐步法 (SETM)	1.先求單一目標之理想解(ideal solution) $Z_k^M(x), k=1,2,\dots,p$ 2.尋找距理想解最近之非劣解 $x$ 使其滿足下列最小化問題 $\min d$ $\text{s.t. } p_k (Z_k^M(x) - Z_k(x)) \leq d,$ $k=1,2,\dots,p$ $x \in X$ $d \geq 0$ $d$ 代表任何一目標至理想解之權數差距， $\pi_k$ 為第 $k$ 個目標值與理想值差距之權數 3. 決策者比較所得之非劣解與理想解之差距，若滿意則此非劣解即為所求，否則決策者應提供相關資訊，指出各目標中何者目標值應增加何者應減少。 4. 依決策者提供之資訊求解。	適用於連續、非連續、線性與非線性問題	求解過程較為費時
$\mathcal{E}$ -限制式法	界定 $k-1$ 個目標函數 ( $f_1(x), f_2(x), \dots, f_{i-1}(x), f_{i+1}(x), \dots, f_k(x)$ ) 最小可接受範圍 ( $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_{i-1}, \epsilon_{i+1}, \dots, \epsilon_k$ )之後將目標式轉成限制式求解模式如下： $\max f_i(x)$ $\text{s.t. } x \in X$ $f_j(x) \geq \epsilon_j, j=1,2,\dots,k; j \neq i$	適用於可行解區域為非凸性 (nonconvex) 之情況且方法簡單	$\mathcal{E}$ 之值較難設定。

$\mathcal{E}$ -限制式法乃是限制其他目標在某定值而最適化某一目標，亦即藉由限制其他目標在不同的目標值( $\mathcal{E}_p$ )之上，進而求得一系列的單一目標最適解，並合成近似的非劣解集合之方法 [許志義，1994，Cohon，1978]，而 $\mathcal{E}$ -限制式法之數學基研乃由 Kuhn-Tucker 條件推導而來，其條件如下：

求解多目標之問題時，若存在一非劣解(noninferior solution) $X^*$ ，則必存在一乘數  $u_i \leq 0, i=1, 2, \dots, n$  與權數  $W_p \geq 0, p=1, 2, \dots, k$  使下列式子成立，稱此為非劣解之 Kuhn-Tucker 條件

$$\begin{aligned} X^* &\in F_c \\ u_i G_i(X^*) &= 0, i=1, 2, \dots, n \\ \sum_{p=1}^k w_p \nabla Z_p(X^*) - \sum_{i=1}^n u_i \nabla G_i(X^*) &= 0 \end{aligned}$$

由上式可改為下式

$$w_h \nabla Z_h(X^*) + \sum_{\substack{p=1 \\ p \neq h}}^k w_p \nabla Z_p(X^*) - \sum_{i=1}^n u_i \nabla G_i(X^*) = 0 \Rightarrow w_h \nabla Z_h(X^*) - \left( -\sum_{\substack{p=1 \\ p \neq h}}^k w_p \nabla Z_p(X^*) - \sum_{i=1}^n u_i \nabla G_i(X^*) \right) = 0$$

上式即相當於受  $Z_p (p=1, 2, \dots, k$  且  $k \neq h)$  與  $G_i (i=1, 2, \dots, n)$  限制下求特定目標  $Z_h$  之極大值(求  $W_h Z_h(X)$  之極大值相當於求  $Z_h(X)$  之極大值)。此為  $\mathcal{E}$ -限制式法之數學基礎。

多目標決策模式轉換成  $\mathcal{E}$ -限制式法求解可採下列步驟：

步驟一：建立試算表(payoff table)求  $\mathcal{E}_p$  之值。

步驟二：變動每一目標之  $\mathcal{E}_p$  可以得到受限於限制式下，使目標函數極大之非劣解集合，供決策者參考。

### 三、最適解之規劃方法－滿意理論與 $\mathcal{E}$ -限制式法之結合

本研究擬以  $\mathcal{E}$ -限制式法為研究方法，茲將 Thiessen and Loucks (1992) 所提出之滿意理論與  $\mathcal{E}$ -限制式法說明如下：

水資源多目標使用常會產生衝突情形，資源管理者要使各衝突團體間達成協調，應使各用水團體於水資源供應有限之條件下，均能盡量獲得最大滿足。如此於多目標決策模型中，考慮衝突團體於衝突協調時之滿意程度為決策之依據，故以滿意函數與  $\mathcal{E}$ -限制式法結合架構衝突協調程序，解決水資源供應有限下之調配問題。

#### (一) 滿意理論 (Theory of Satisfaction)

人若是理性的，則於單一目標之下透過決策者的偏好或效用即能找出最適解 (optimal solution)；但是於多目標衝突性之下則會有取捨 (trade-off) 而不能達到最適，取捨之後會要求至少要達到決策者要求之滿意水準，本研究擬採滿意函數衡量滿意度。

Thiessen and Loucks (1992) 將每一衝突團體之總滿意函數分解為數個附加滿意函數 (additional satisfaction function)，並考慮附加滿意函數之相互重要性賦予相當權重，附加滿意函數即用以表示某一變數與滿意度關係之函數。附加滿意度函數關係之表示法如下：



$$R_{ij} = f(V_{ij}) \quad (1)$$

此式說明 i 團體對事件 j 協調或妥協產生之附加滿意程度(以  $R_{ij}$ )

式中  $i=1$ ，代表甲團體。 $i=2$ ，代表乙團體。 $i=3$ ，代表丙團體。

$j=1, 2, \dots, 6$  表示不同之衝突事件 (變數)。

$V_{ij}$  代表 i 團體對某衝突事件 j 影響所感受而反應在本身滿意程度之大小

若將 iI 團體對事件 j 協調或妥協產生之附加滿意程度以  $R_{ij}$  作函數式之表達，則式(1)可改寫為：

$$R_{ij} = R_{ij}(V_{ij}) \quad (2)$$

本研究中附加滿意函數函數形式有許多種，但依實地訪談及調查結果之資料代入，經多次檢驗結果顯示，其中，以二次式滿意函數最能符合實際現象，故擬採用二次式之函數形式如式(3)所示：

$$R_{ij}(V_{ij}) = a + b(V_{ij}) + c(V_{ij})^2 \quad (3)$$

依據石門水庫相關背景資料，總滿意函數將採用電價、水價、米價與發電、公共給水、石門水利等三團體之流量為變數 (其中電價、水價、米價分別為發電團體、公共給水團體與石門水利團體利益指標)，此六項變數，兩兩變數間的相關係數趨近於零且經檢定 (5%顯著水準) 接受變數間均為獨立之假設，因此於本研究中將假設上述變數均為獨立變數，並以此變數估算總滿意函數。式 (3) 中係數 (a,b,c) 乃由決策者輸入之相關資料 (附加滿意度、各團體之流量、電價、水價、米價) 推估。

總滿意函數 ( $TS_i$ ) 可表示如下：

$$TS_i = W_{i1} \times R_{i1}(V_{i1}) + W_{i2} \times R_{i2}(V_{i2}) + W_{i3} \times R_{i3}(V_{i3}) \\ + W_{i4} \times R_{i4}(V_{i4}) + W_{i5} \times R_{i5}(V_{i5}) + W_{i6} \times R_{i6}(V_{i6}) \quad (4)$$

式中

$i=1,2,3$ , 式中  $i=1$ ，代表甲團體， $i=2$ ，代表乙團體， $i=3$ ，代表丙團體

$TS_i$ ：為 i 團體之總滿意函數

$R_{ij}(V_{ij})$ ：i 團體對事件 j 之附加滿意函數

$W_{ij}$ ：為 i 團體對事件 j 附加滿意函數之權重

各種附加滿意函數會因資源之缺乏或充裕狀況而有所調整，但總滿意度固定於 0%~100% 之間，各附加滿意函數之權重採標準化之權重。

基於石門水庫為多目標使用的水庫，儲存的水可用於農業、民生、發電等多種用途，其影響廣及社會、經濟、環境等多方面，因此引用傳統之單目標函數求解最大效用或於相同報酬下求最小成本衝突之方法，而忽略其他部門或目標，且恐有疏漏，無法符合實際，以適當反應出水資源多目標使用之特性。本研究因而依「多目標決策方法」技術之基本理念，建構水資源使用衝突協調處理程序之系統而用於解決水資源之調配問題。本研究採用多目標決策方法中之  $\mathcal{E}$ -限制式法建構水資源衝突協調程序，輔以電腦程式發展出衝突協調之資訊輔助系統，相當有益於協助石門水庫水資源使用衝突問題之解決。 $\mathcal{E}$ -限制式法乃是限制其他目標在某定值以求出最適化某一目標之技術，亦即藉由限制其他

目標在不同的目標值之上，進而求得一系列的單一目標最適解，並合成近似的非劣解集合之方法(Cohon, 1978)。

根據上述，本研究擬建構衝突協調資訊輔助系統於農業、公共給水與發電等用水團體衝突(詳見第肆節)，並提出可行方案，供衝突團體決策者參考，因此於多目標衝突決策之方法中選擇 $\epsilon$ -限制式法為研究方法，以求取最適化目標達成之方案。

## 參、石門水庫水資源利用之概況

石門水庫位於大漢溪主流上，為一多目標水庫，可提供農業用水、發電、公共給水、防洪與遊憩，其中農業用水、發電用水、公共給水等三種標的用水具有衝突性，頗值得重視。本段針對石門水庫水資源供需概況與用水團體衝突性說明如下：

### 一、石門水庫水資源供需概況

石門水庫水資源可供發電、公共給水與灌溉之用(將用水團體依用途不同可分為發電團體、公共給水團體、農業團體等利益團體)，民國六十七年到八十三年間，有豐水年與枯水年之分，民國八十一年為豐水年，供給量為 17,226CMS(立方米/秒)，其次為民國七十九年，供水量為 15,769CMS。民國八十二年水荒情況嚴重，為枯水年，供給量為 10,298CMS，其次為民國六十九年，供給量為 10,418CMS。依據該些事實指出，石門水庫水資源有限，會因時間、降雨量等因素使水量供應產生變化。枯水年或水資源短缺的情況下，上述三種用水之利益團為求本身利益最大，競奪使用水的權力，因此產生衝突。如何化解衝突，適當調配水資源為重要的研究方向。為解決此衝突應從利益團體的協商著手，而此必須考量各團體水資源調配的狀況是否能達到各團體(農業團體、發電團體、公共給水團體)的滿意程度為依據，有關各團體水資源使用的衝突性在下段陸續說明。

### 二、用水團體衝突性分析

水資源的利用因有利益團體之介入，各團體為追求自身利益最大，而引起水資源使用上的衝突性。依該衝突性，石門水庫用水團體區分為發電團體、公共給水團體與石門水利團體。其衝突狀況，根據訪談結果，依實務性內含加以闡釋：

#### (一) 發電團體(石門電廠)

發電團體即為石門發電廠，由台灣電力公司負責營運。(台灣電力公司電費可分電燈與電力用電，收費標準不同為使決策者有統一之標準，採用電力公司之平均電價資料為本研究之參考依據)。石門水庫之水可供發電團體水力發電之用，發電用水增加會使石門與龍潭水廠供給之公共給水與石門水利會所屬之石門灌溉用水量減少。發電團體希望發電用水之供水量至少滿足其需求且越多越好、電價越高越好、其他團體之用水量越少越好、產品售價(水價、米價)越低越好。發電團體平均電價，於民國七十三年最高為每度 2.6526 元，民國七十七年最低為每度 2.094 元，民國八十年到八十二年平均電價呈現增加的趨勢。依石門水庫管理局提供之資料顯示：發電團體在面對衝突下，其用水量若

要達到滿意，年發電用水平均流量應介於 15,070CMS 與 8,050CMS 間(如表 4)。

## (二) 公共用水團體 (石門與龍潭水廠)

石門水庫公共給水團體於本研究中包括石門與龍潭水廠所構成之團體，此團體要求石門水庫之水有其一定之水量以避免水庫中之水質不良，增加處理費用。希望自來水售價價格越高越好、其他團體之平均用水量與產品價格(電價、米價)越低越好。平均水價從民國七十二年至八十一年自來水平均售價最高為民國八十一年每度 7.13 元，最低為民國七十六年的每度 6.21 元。依石門水庫管理局提供之資料顯示：公共給水團體在面對衝突下，其用水量若要達到滿意，應介於 717CMS 與 420CMS 間(如表 2)。

表 2：流量統計表

單位：CMS

年 度	發 電 團 體	公共用水 團 體	石門水利 團 體	年 度	發 電 團 體	公共用水 團 體	石門水利 團 體
83	10759	717	1072.83	74	11985	511	1619.43
82	8165	704	1429.40	73	10054	517	1170.73
81	15070	677	1479.82	72	10738	516	1412.46
80	95156	677	1464.41	71	10321	524	1622.12
79	13698	675	1396.60	70	13532	519	1479.13
78	11453	658	1482.21	69	8050	499	1868.98
77	9426	584	1643.02	68	12319	485	2069.75
76	11695	534	1388.18	67	10119	420	1908.96
75	13474	520	1428.50				

資料來源：石門水庫管理局(民國83年)

## (三) 石門水利團體 (石門水利會)

石門水庫於農業用水方面分為桃園水利會與石門水利會兩大部分，桃園水利會以桃園大圳取用後池發電後的水，並非直接由石門水庫取水，石門水利會農業用水直接取用石門水庫的水，因此本研究於農業用水方面，僅考慮石門水利會之農業用水。此團體即石門農田水利會。石門農田水利會以石門大圳取水(取水口高度為 195 公尺)，而此團體希望平均用水量能越多越好，以得到足夠之農業用水，提高農業生產力，稻米價格越高越好，獲利越大。希望其他團體之用水量、電價、水價越低越好。依台灣糧食統計要覽之資料：民國七十二年至八十二年平均米價最高為民國八十二年的每公斤 32.15 元，最低為民國七十六年的每公斤 23.3 元。依石門水庫管理局提供之資料顯示(如表 4)：石門水利團體在面對衝突下，其用水量若要達到滿意，應介於 2,069.8CMS 與 1,072.8CMS 間。

依上述分析顯示，各利益團體為使其團體或經營的業務順利運作，該些主力團體水資源為其最主要的投入資源，而產出各為公共用水、電力與稻米等產品，在缺水時極易造成爭水現象，產生衝突。衝突時各團體若能考慮大局，於可達成協調的範圍內互相讓步，則可達成共識，協調工作方能順利進行。居於此，石門水庫管理局於水庫水資源短缺時，會與此些衝突團體進行協商工作，將衝突性大的團體界定出來，詢問其希望之水量或相關的資訊，先進行協商工作，再配合衝突性小的團體，召開協調會議，將各團體

希望的水量與籌碼（損失賠償）提出以利協調。因此，本文研究有關衝突協調系統之設計，乃依此協調方式，建立模擬系統，該系統模式能發揮以衝突性較大的團體先進行協商之功能，提供希望的水量及相關資訊，求出滿意解。即在該些利益團體衝突折衷下，促成水資源有效調配。有關該系統模式能促水庫水資源有效利用之功能與理念可約略闡述如下：

本研究採用多目標決策方法中之 $\mathcal{E}$ -限制式法建構水資源衝突協調程序，輔以電腦程式發展出衝突協調之資訊輔助系統，相當有益於協助石門水庫水資源使用衝突問題之解決。石門水庫發電團體、石門水利團體與公共給水團體間用水衝突的問題，應於各團體均能接受的協調範圍下，考慮到各團體的目標衝突性與滿意程度，以發電團體之平均流量、公共給水團體之平均流量、石門水利團體之平均流量、平均電價、平均水價、平均米價為變數，並同時參照水利法，於枯水期或水資源不足時，公共給水團體有優先用水之權利，發電團體次之，農業團體有損失時可受到補償，因而農業團體願意於水資源使用衝突時讓步，如此，使用衝突協調系統提供建議方案而達成協調為解決水資源衝突之有效方法。

## 肆、石門水庫水資源調配模式之建立

石門水庫水資源調配乃在考量水庫可供水量條件下，其水資源於各利益團體間使用衝突時進行的管理或調控過程。本文為建立實證相關模式，必須考慮水資源利用團體間之衝突性與解決方式，因此依第貳節所論述之滿意函數與 $\mathcal{E}$ -限制式法與第參節相關背景資料為基礎，建構本節水資源多目標使用衝突模式與衝突協調程序，依此程序設計衝突協調系統，透過系統提供之使用者界面（user interface）詢問各團體（即本文所指利益衝突團體）決策者相關資訊，求出附加滿意滿意函數，設計電腦資訊輔助系統求解，提供衝突協調方案使各團體均能滿意，達到衝突協調之目的。本節首先界定衝突團體、選擇建立實證引用模式之相關變數、附加滿意函數、總滿意函數，其次介紹估計方法，以利建立水資源多目標使用衝突協調系統，而供實證研究之用，即形成系統設計，達成衝突協調相關程序之內含，進行過程中，本研究實證引用模式更以 $\mathcal{E}$ -限制式法達成解決石門水庫水資源多目標使用衝突之問題。建構模式過程先界定衝突團體與相關變數，再以附加滿意函數與總滿意函數為基礎，建立水資源多目標決策模式，模擬模式建構過程陸續說明於本節。

### 一、界定衝突團體與變數選擇

依據第參節之資料將本研究有關水庫用水衝突團體的範圍界定於直接由石門水庫取水之用水團體，而決策變數則選擇各衝突團體之平均流量與產品價格為依據。

依石門水庫水資源使用標的觀之，可將衝突團體劃分為三：發電團體、公共給水團體與石門水利團體。其中發電團體發電後的水流入後池供桃園水利會與大滴、板新等水廠使用，雖為另一水資源使用衝突（農業用水與公共給水）之情況，但本研究中將著重

於由石門水庫直接取水之團體，暫不考慮後池用水衝突之協調。因此石門水庫水資源多目標使用之衝突團體可以明確的分為發電團體（石門發電廠）、公共給水團體（石門、龍潭兩個水廠）與石門水利團體（石門農田水利會）。

依第參節相關背景資料與衝突狀況選擇相關的變數，水資源調配的重要變數有各團體之平均水量、平均電價、平均水價、平均米價等，這些變數為本文分析相關問題之重要指標且相互間均為獨立的（參見第參節），符合理論之要求，而能建構較具實用性之模式體系。發電團體於談判時可以調高電價為籌碼要求水量合理分配，電價調高，會直接影響其他團體的總滿意度。公共給水團體於談判時可以調高水價為籌碼要求水量合理分配，水價調高，會使其他團體總滿意度受影響。石門水利團體於談判時可以調高米價為籌碼要求水量合理分配，米價調高，會直接影響其他團體之總滿意度。因此本研究中以各團體平均水量與產品價格為用水調配決策之重要變數，各團體與各變數間的關係如表 3 所示。

表 3：各團體滿意度與各變數之關係

變數種類 \ 團體別	發電團體之滿意度	公共給水團體之滿意度	石門水利團體之滿意度
發電團體之年平均水量	+	-	-
公共給水團體之年平均水量	-	+	-
石門水利團體之年平均水量	-	-	+
年平均電價	+	-	-
年平均水價	-	+	-
年平均米價	-	-	+

資料來源：本研究訪談結果

註：+表變數與該團體之滿意度成正向變化

-表變數與該團體之滿意度成反向變化

## 二、附加滿意函數

附加滿意函數有各種不同的形式，依訪談資料及調查資料顯示滿意函數為二次式形式。於此實證中有六個事件（變數）即三個團體之平均流量、平均電價、平均水價、平均米價需要協調且變數間之關係經檢定均為互相獨立的，因此選定此些變數，進行研究。各團體對上述六變數之附加滿意度最高均為 100%。附加滿意度函數共分為六種：為發電團體平均流量附加滿意度函數、公共給水團體平均流量附加滿意度函數與石門水利團體平均流量附加滿意度函數，電價附加滿意度函數，水價附加滿意度函數，米價附加滿意度函數等。附加滿意度函數表示法如下：

$$R_{ij} = R_{ij}(V_{ij})$$

此式說明 i 團體對影響其利益之  $V_j$  變數之附加滿意函數 (5)

$i=1, 2, 3$ , 表團體別,  $j=1, 2, \dots, 6$  表示不同之事件 (變數)。

$i=1$ , 代表發電團體。  $i=2$ , 代表公共給水團體。  $i=3$ , 代表石門水利團體。

$j=1$ , 代表發電團體之平均流量。  $j=2$ , 代表公共給水團體之平均流量。

$j=3$ , 代表石門水利團體之平均流量。  $j=4$ , 代表平均電價。

$j=5$ , 代表平均水價。  $j=6$ , 代表平均米價。

$V_{ij}$  代表 i 團體對某衝突事件 j 影響所感受而反應在本身滿意程度之大小

### 三、總滿意函數

各衝突團體於協調與談判時, 各變數變動會影響其附加滿意度, 如此, 為衡量總效果, 則應以總滿意函數為之。依據第參節中的滿意函數理論可知, 各個附加滿意度函數依其重要性的大小乘上權重後可加總而得總滿意度。因此本研究中之總滿意函數 ( $TS_i$ ) 可表示如下:

$$TS_i = W_{i1} \times S_{i1}(F_1) + W_{i2} \times S_{i2}(F_2) + W_{i3} \times S_{i3}(F_3) + W_{i4} \times S_{i4}(EP) + W_{i5} \times S_{i5}(WP) + W_{i6} \times S_{i6}(RP) \quad (6)$$

$TS_i$ : i 團體之總滿意函數

$F_1$ : i 團體之平均流量

EP: 平均電價。 WP: 平均水價。 RP: 平均米價

$S_{i1}(F_1)$ : i 團體的發電團體平均流量附加滿意函數

$S_{i2}(F_2)$ : i 團體的公共給水團體平均流量附加滿意函數

$S_{i3}(F_3)$ : i 團體的石門水利團體平均流量附加滿意函數

$S_{i4}(EP)$ : i 團體之電價附加滿意函數

$S_{i5}(WP)$ : i 團體之水價附加滿意函數

$S_{i6}(RP)$ : i 團體之米價附加滿意函數

$W_{i1}$ : 為 i 團體對發電團體平均流量之附加滿意函數權重

$W_{i2}$ : 為 i 團體對公共給水團體平均流量之附加滿意函數權重

$W_{i3}$ : 為 i 團體對石門水利團體平均流量之附加滿意函數權重

$W_{i4}$ : 為 i 團體平均電價之附加滿意函數權重

$W_{i5}$ : 為 i 團體平均水價之附加滿意函數權重

$W_{i6}$ : 為 i 團體平均米價之附加滿意函數權重

$i=1$ , 代表發電團體。  $i=2$ , 代表公共給水團體。  $i=3$ , 代表石門水利團體。

### 四、實證引用模式

依據本文上述衝突團體的界定、變數選擇、附加滿意函數與總滿意函數等為基礎, 將可建立實證引用模式。要解決水資源多目標使用衝突現象, 需建立水資源多目標使用模式以利水資源調配, 而調配情形應使各團體滿意且能接受, 因此以三團體追求總滿意

度最大為目標式，並受限於衝突協調空間（式 10 至式 15 所圍成之空間）及考量石門水庫水資源可供給量限制下求解三團體用水達滿意水準。基本上，實證引用模式建構如下：

### Max(目標式)

$$TS_1 = W_{11} \times S_{11}(F_1) + W_{12} \times S_{12}(F_2) + W_{13} \times S_{13}(F_3) \\ + W_{14} \times S_{14}(EP) + W_{15} \times S_{15}(WP) + W_{16} \times S_{16}(RP) \quad (7)$$

$$TS_2 = W_{21} \times S_{21}(F_1) + W_{22} \times S_{22}(F_2) + W_{23} \times S_{23}(F_3) \\ + W_{24} \times S_{24}(EP) + W_{25} \times S_{25}(WP) + W_{26} \times S_{26}(RP) \quad (8)$$

$$TS_3 = W_{31} \times S_{31}(F_1) + W_{32} \times S_{32}(F_2) + W_{33} \times S_{33}(F_3) \\ + W_{34} \times S_{34}(EP) + W_{35} \times S_{35}(WP) + W_{36} \times S_{36}(RP) \quad (9)$$

### Subject to(限制式)

$$\text{MAX}\{F_{11n}, F_{21m}, F_{31m}\} \leq F_1 \leq \text{MIN}\{F_{11m}, F_{21n}, F_{31n}\} \quad (10)$$

$$\text{MAX}\{F_{12m}, F_{22n}, F_{32m}\} \leq F_2 \leq \text{MIN}\{F_{12n}, F_{22m}, F_{32n}\} \quad (11)$$

$$\text{MAX}\{F_{13m}, F_{23m}, F_{33n}\} \leq F_3 \leq \text{MIN}\{F_{13n}, F_{23n}, F_{33m}\} \quad (12)$$

$$\text{MAX}\{EP_{1n}, EP_{2m}, EP_{3m}\} \leq EP \leq \text{MIN}\{EP_{1m}, EP_{2n}, EP_{3n}\} \quad (13)$$

$$\text{MAX}\{WP_{1m}, WP_{2n}, WP_{3m}\} \leq WP \leq \text{MIN}\{WP_{1n}, WP_{2m}, WP_{3n}\} \quad (14)$$

$$\text{MAX}\{RP_{1m}, RP_{2m}, RP_{3n}\} \leq RP \leq \text{MIN}\{RP_{1n}, RP_{2n}, RP_{3m}\} \quad (15)$$

式(10)代表發電團體之流量限制，應介於  $\text{MAX}\{F_{11n}, F_{21m}, F_{31m}\}$  與  $\text{MIN}\{F_{11m}, F_{21n}, F_{31n}\}$  間。至於式(11)至式(15)之說明相同，不再贅述。

$$\sum_{i=1}^3 F_i \leq \text{石門水庫可供應之年平均水量 (CMS)} \quad (16)$$

$$F_i \geq 0, W_{ik} \geq 0, EP \geq 0, WP \geq 0, RP \geq 0, F_{ijm} \geq 0, F_{ijn} \geq 0, EP_{im} \geq 0, EP_{in} \geq 0, \\ WP_{im} \geq 0, WP_{in} \geq 0, RP_{im} \geq 0, RP_{in} \geq 0 \quad (17)$$

式中：

$F_{ijm}$ ：i 團體對 j 團體最滿意(m)之平均流量

$F_{ijn}$ ：i 團體對 j 團體最不滿意(n)之平均流量

$EP_{im}$ ：i 團體最滿意(m)之平均電價

$EP_{in}$ ：i 團體最不滿意(n)之平均電價

$WP_{im}$ ：i 團體最滿意(m)之平均水價

$WP_{in}$ ：i 團體最不滿意(n)之平均水價

$RP_{im}$ ：i 團體最滿意(m)之平均米價

$RP_{in}$ ：i 團體最不滿意(n)之平均米價

$W_{i1}$ ：i 團體對發電團體平均流量附加滿意函數之權重

$W_{i2}$ ：i 團體對公共給水團體平均流量附加滿意函數之權重

$W_{i3}$ ：i 團體對石門水利團體平均流量附加滿意函數之權重

$W_{i4}$  :  $i$  團體電價附加滿意函數之權重

$W_{i5}$  :  $i$  團體水價附加滿意函數之權重

$W_{i6}$  :  $i$  團體米價附加滿意函數之權重

$F_j$  :  $j$  團體之平均流量

$i=1$  , 代表發電團體。 $i=2$  , 代表公共給水團體。 $i=3$  , 代表石門水利團體。

$j=1$  , 代表發電團體。 $j=2$  , 代表公共給水團體。 $j=3$  , 代表石門水利團體。

$k=1, 2, \dots, 6$

## 五、水資源衝突協調系統設計

依第參節所述相關資料可知台灣地區水資源受季節性因素影響極大，水資源多寡直接影響衝突團體決策者之總滿意函數，水資源枯水年與豐水年調配情況未必相同，因此所建立水資源多目標使用衝突協調系統係分別考量解決豐水年或枯水年時，不同利益團體間水資源使用衝突性之問題。

依本節所建立的衝突協調程序(如圖 1)可設計衝突協調系統(如圖 2)，主要分為輸入、演算與結果輸出三大部分。衝突協調系統以交談方式輸入相關資訊，透過使用者界面(如圖 3、4、5、6)將決策者相關資料蒐集以供系統使用。利用決策者輸入對各種平均水量最滿意與最不滿意等之資料，求取衝突協調空間，加上衝突團體之附加滿意函數、總滿意函數與石門水庫水資源供給限制，建立多目標決策模型，用  $\epsilon$ -限制式法求解。處理過程係結合 VISUAL BASIC 建構水資源多目標使用衝突協調系統，經系統演算後求得滿意解，三團體均能接受則協調達成目標，若不能接受則三團體重新協調修改相關資料，直到達成妥協為止，當無法達成共識而超出迴圈限制條件時，交由石門水庫管理局進行最後裁量而達最後滿意解，滿意解將顯示於電腦螢幕上，以供決策團體參考(如圖 7)。



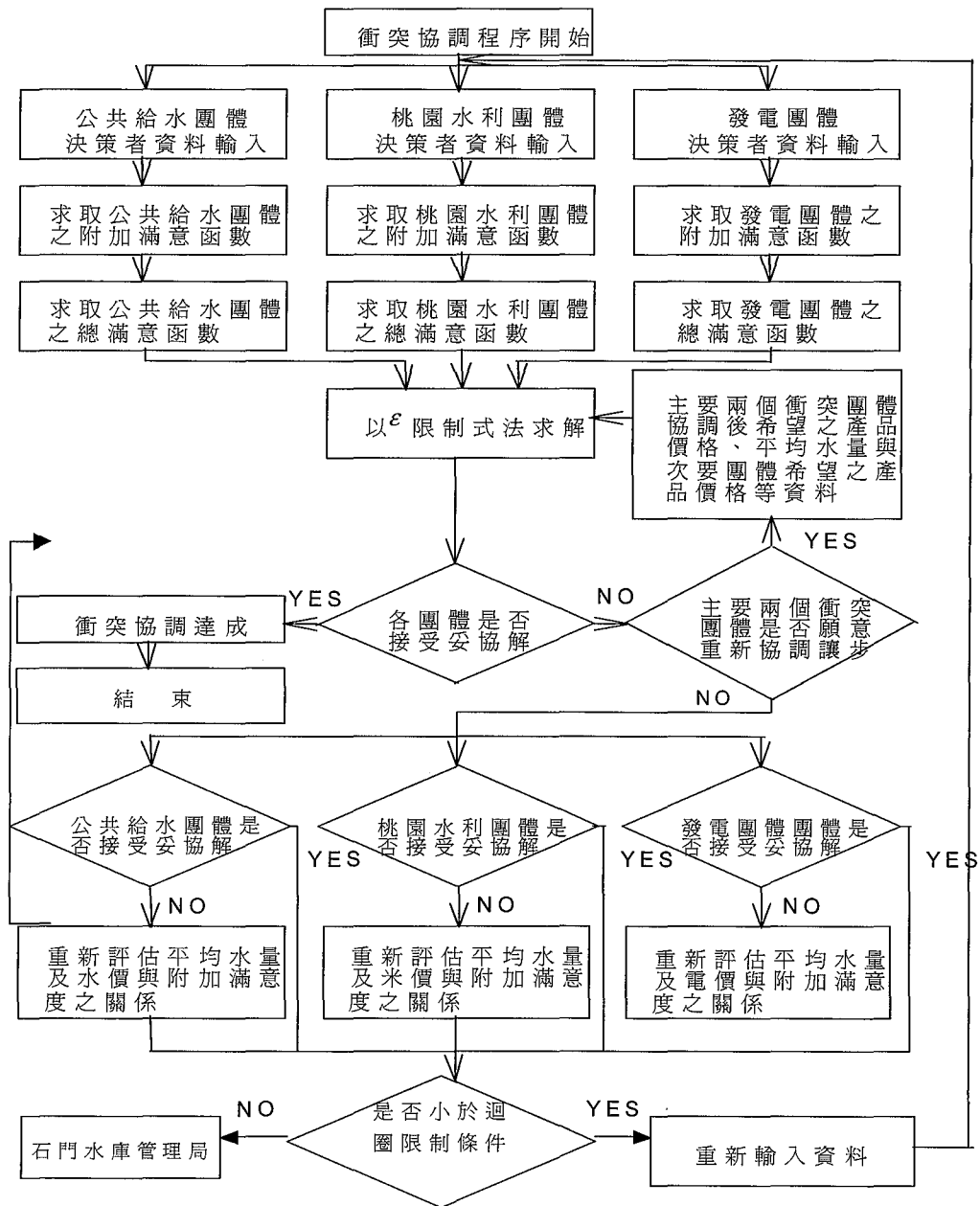


圖 1：衝突協調程序之流程

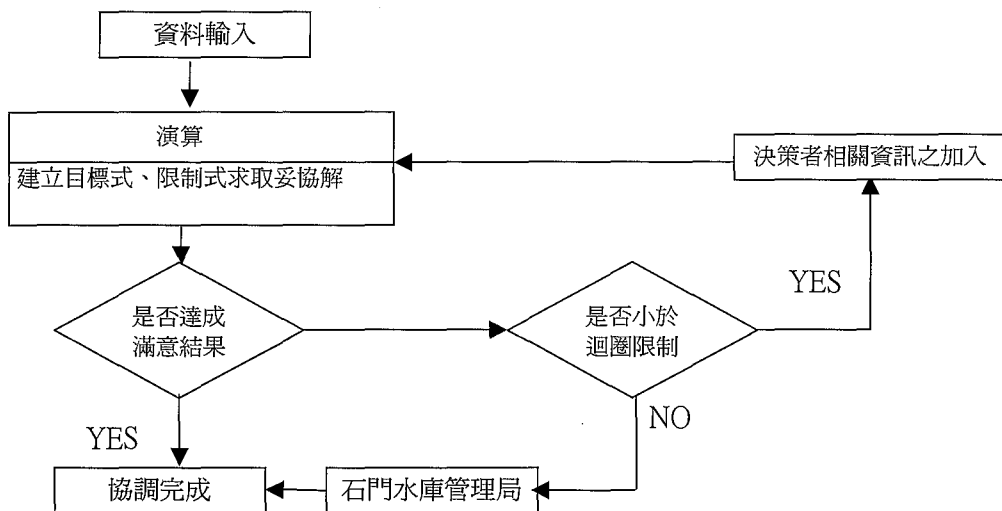


圖 2：衝突協調系統之架構

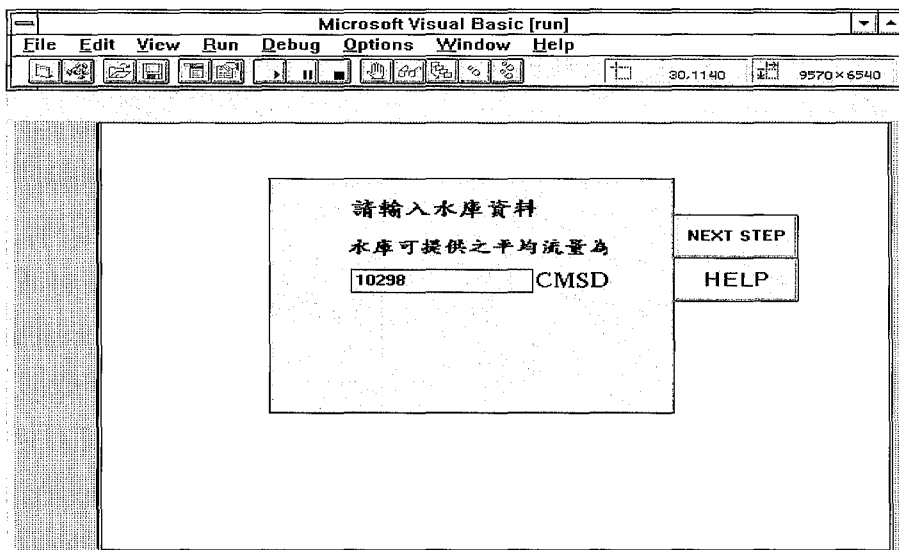


圖 3：衝突協調系統輸入界面（一）

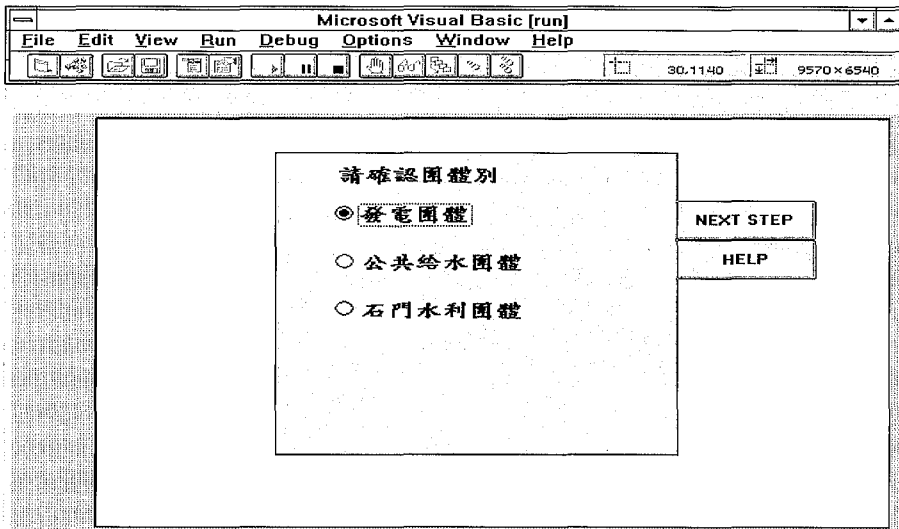


圖 4：衝突協調系統輸入界面（二）

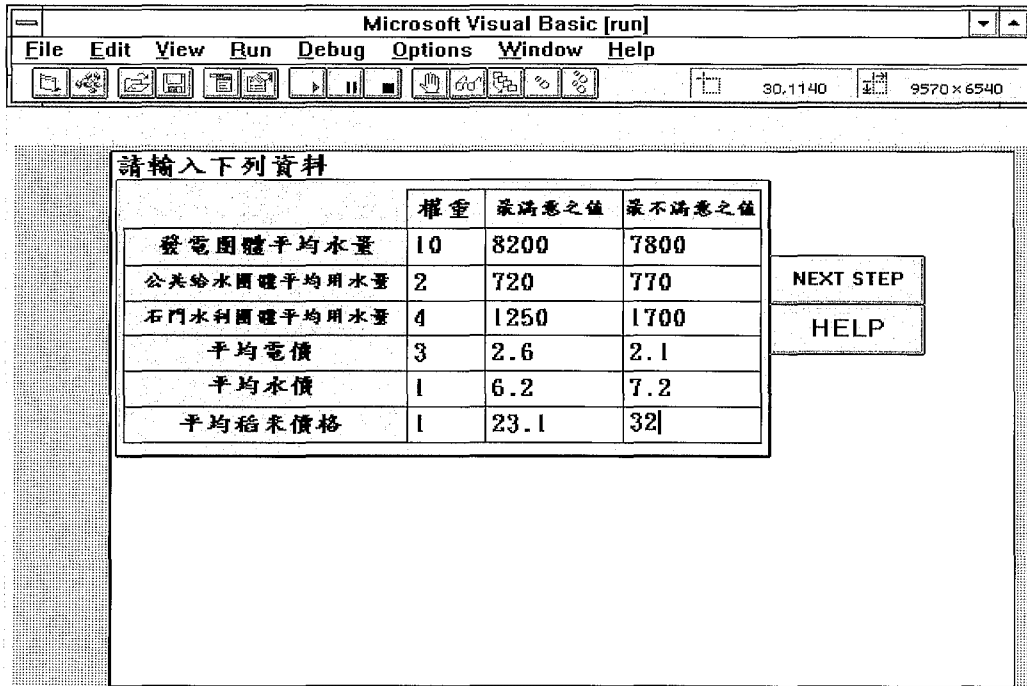


圖 5：衝突協調系統輸入界面（三）

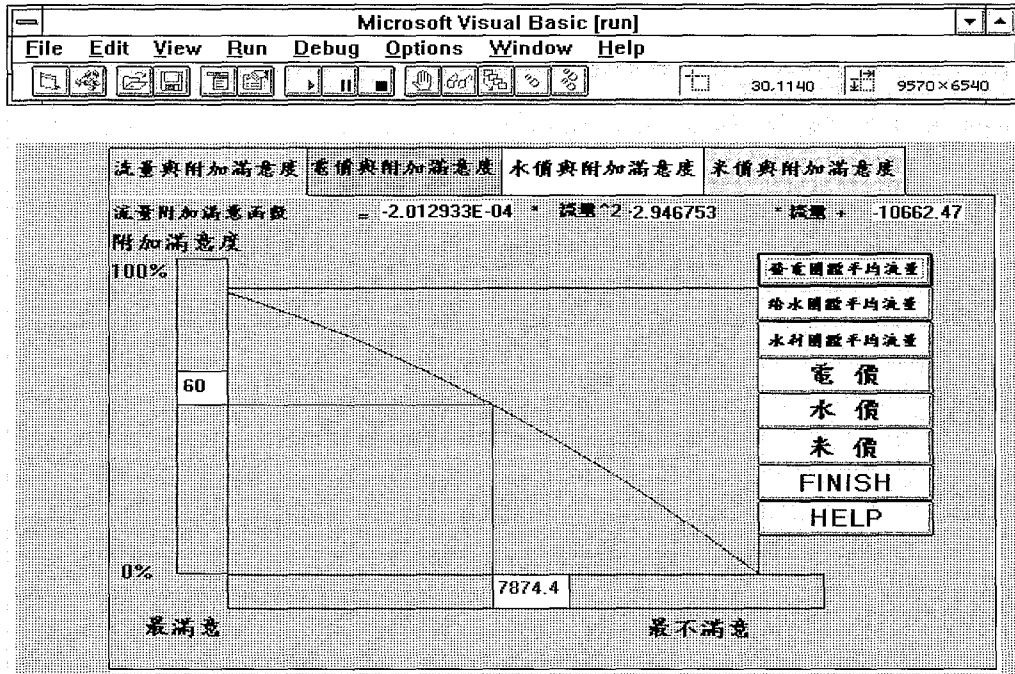


圖 6：衝突協調系統輸入界面（四）

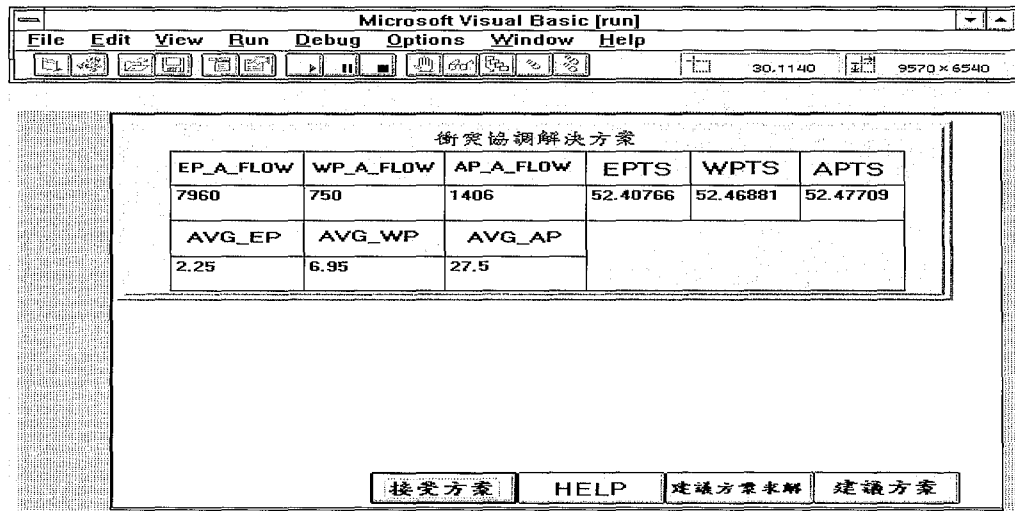


圖 7：衝突協調系統輸出界面

基本上，上述之說明配合圖 1 之衝突協調過程可指出發電、公共給水與石門水利團體共用石門水庫水資源的利用能創造利潤與追求總滿意度最大。本研究中各種用水衝突時，應依適當之程序協調，先輸入相關資料計算各團體總滿意函數係數與限制式（式(7)至式(9)及式(10)至式(15)），建立水資源多目標使用衝突模式，以  $\epsilon$ -限制式法求解。要使

衝突團體達成共識，可用不同的方法減少衝突，若能從衝突性較大的兩個團體著手先達成妥協，提出建議方案，衝突性較小的團體若接受此方案則衝突達成協調，若不接受建議方案，則兩個衝突性較大的團體再提出別的建议方案，若不願意讓步提出可行方案，則各團體重新輸入資料修改總滿意函數與限制式，再行求解，如此反覆進行直到三團體達成共識為止，但當無法達成共識而超出迴圈限制條件時，交由石門水庫管理局進行最後裁量而達最後滿意解(見圖 1)，均可避免無解或無限多解的情況發生。

為避免上述水資源衝突協調之無效率問題，在演算過程加入迴圈限制條件，當無法達成共識而超出迴圈限制條件時，交由石門水庫管理局進行最後裁量而達最後滿意解，以避免演算無效率之問題，所依據圖 2 衝突協調系統之各步驟過程可詳細說明如下：

### (一) 資料輸入

衝突協調系統以交談方式輸入相關資訊，透過使用者界面(圖 3 至圖 7)將決策者相關資料蒐集以供系統使用。

### (二) 演算過程

利用決策者輸入對各種平均水量最滿意與最不满意等之資料，求取衝突協調空間，加上衝突團體之附加滿意函數、總滿意函數與石門水庫水資源限制，建立多目標決策模型。用  $\epsilon$ -限制式法求解。依照前述 Cramer's Rule(求出附加滿意函數的係數)、 $\epsilon$ -限制式法求解程序、衝突協調程序並結合 VISUAL BASIC(version 3.0)建構水資源多目標使用衝突協調系統，當超出迴圈限制條件後，則交由石門水庫管理當局作最後裁量。

### (三) 結果輸出

經系統演算求得滿意解，三團體均能接受則協調完成，若不能接受則三團體重新協調修改相關資料，直到達成妥協為止，滿意解將顯示於電腦螢幕上(圖 7)，以供衝突團體決策之參考。

## 伍、實證結果與分析

依第肆節相關理念，納入第貳節理論基礎與文獻回顧等相關資料、第參節有關石門水庫水資源使用概況，設計水資源多目標使用衝突協調系統，將衝突團體用水量與產品價格等資料輸入系統，即可進行相關研究與分析。本節就第肆節實證引用模式進一步利用衝突協調系統與資料進行推估與模擬，就獲致之模擬結果加以分析，以利學術研究與提供水資源使用決策相關單位參考。

依前述實際資料輸入衝突協調系統，模擬衝突團體決策者將採取的措施，求取滿意解，模擬狀況分為豐水年與枯水年的水庫水資源使用與調配，模擬結果如下：

假設於豐水年時(個案一)，石門水庫可供應之水量為年平均流量 14,145 CMS，假設於枯水年時(個案二)，石門水庫可供應之水量為年平均流量 10,297 CMS(此即石門水庫水資源供應量之限制)，衝突狀況分為三種：(1)石門水利團體與發電團體為主要衝突

團體，(2)發電團體與公共給水團體為主要衝突團體，(3)石門水利團體與公共給水團體為主要衝突團體之實証結果如表 5 所示，表 5 之數據乃依該些團體衝突協調程序的系統而進行模擬案例之資訊輸入、演算過程與結果輸出所獲致(詳見圖 2)。

根據上述實証結果並比較豐水年(個案一)與枯水年(個案二)有關水資源使用衝突協調所獲致之結果與涵義分析如下：

- 一、依本文實証結果並配合第 4 節相關訊息可知，石門水庫用水之各團體會依據水資源可供量的多寡調整總滿意函數，且在相同用水量下，於枯水年或於豐水年各團體會有不同的滿意度。
- 二、水資源多目標使用衝突協調系統以各團體之總滿意度作為水資源調配之指標，可依照各用水團體在達成滿意度下用水需求狀況，提供水資源調配方案，使石門水庫水資源能有效運用：
  - (一) 豐水年(個案一)的實証效果顯示，石門水庫水資源年供應量為 14,145CMS 時，發電團體獲得石門水庫水資源年平均調配量應介於 11,840CMS~11,990CMS 之範圍，才能使該團體獲得滿意，公共給水團體水資源年平均調配量應介於 525CMS~675CMS 間，該團體才能獲得滿足，石門水利團體水資源調配量則應介於年平均 1,465CMS~1,630CMS 之範圍，才能符合該團體之滿意水準。此資訊可供豐水年時，提供政府當局解決水資源調配與採取相關措施時之參考。
  - (二) 枯水期(個案二)分析之結果可發現石門水庫水資源年平均供應量為 10,297CMS 時，發電團體所獲得的石門庫水資源調配年平均供應量應介於 8,145CMS~8,156CMS 間，公共給水團體則為 724CMS~743CMS，石門水利團體則介於 1,388CMS~1,408CMS 間才能使各團體達到滿足。此資訊可供枯水年時，提供政府當局解決水資源調配與採取相關措施時之參考。
- 三、豐水年與枯水年水資源調配情形之對照與比較，因枯水期依水利法規定：公共用水團體有優先用水的權力，加上枯水年缺水狀況可能不知要持續多久、發電團體與石門水利團體於枯水期仍需要公共給水團體提供之民生用水，顯示公共給水團體，可獲得較多水量，以提供民生用水。如個案二中，公共給水團體於枯水年易與發電團體或石門水利團體產生衝突，協調後得到的水量較豐水年時為多，這也顯示枯水期時民生用水尤感迫切。

表 5：豐水年、枯水年石門水庫水資源衝突協調結果

豐 水 年									
主要衝突團體	發電團體 年平均流量 (CMS)	公共給水團體 年平均流量 (CMS)	石門水利團體 年平均流量 (CMS)	年平均電價 (元)	年平均水價 (元)	年平均米價 (元)	發電團體總 滿意度	公共給水團體 總滿意度	石門水利團體 總滿意度
石門水利團體 、發電團體	11990	525	1620	2.34494	6.2739	31.3212	52.15136	52.15133	52.15176
發電團體與公共 給水團體	11985	665	1465	2.23447	6.50394	23.1864	52.15167	52.15137	52.1517
石門水利團體 與公共給水團體	11840	675	1630	2.11765	6.5849	30.3547	52.15118	52.15151	52.1518

枯 水 年									
主要衝突團體	發電團體 年平均流量 (CMS)	公共給水團 體年平均流 量(CMS)	石門水利團 體年平均流 量(CMS)	年平均電價 (元)	年平均水價 (元)	年平均米價 (元)	發電團體總 滿意度	公共給水團 體總滿意度	石門水利團 體總滿意度
石門水利團體、發電團體	8156	724	1408	2.62131	6.0421	33.109	45.778	45.77612	45.77613
發電團體、公共給水團體	8150	743	1388	2.69538	6.61756	29.5161	45.77826	45.77675	45.77586
石門水利團體、公共給水團體	8145	741.2	1403	2.2218	6.6086	35.0623	45.77588	45.77705	45.77767

資料來源：本研究結果

四、另外，依據個案一或個案二之分析均可知，衝突性大的團體，於協調時可獲得較大的優勢，雖其迫切性大而分配到較多的水量，但水資源使用衝突性小的團體，在不喪失其利益下，認為其所分配的水資源已足夠，亦可達其滿意度。顯示，衝突性小的團體較願意配合用水團體之協商而達成妥協，此即於水資源使用發生衝突現象時，不論是豐水期或枯水期，在不損害衝突性小的團體之利益下，由衝突性大的兩個團體先行協商，使水資源調配時更易達成妥協之效。

依上述分析亦可引申，水資源調配時應重視公平與效率的原則，而藉由滿意函數理論之總滿意度為指標與藉由多目標決策理論中之 $\epsilon$ -限制式法，設計水資源多目標使用衝突協調系統，經各團體協調達成共識後，於各團體達到滿意的程度下，更能獲致符合公平與效率原則之方案，此項結果可供學術研究與水資源使用決策相關單位參考，極具價值。

## 陸、結論與啟示

多目標決策方法為解決水資源多目標使用衝突性之方法。台灣地區因地形與氣候因素影響，常造成水資源供需失調的現象，由本文第3節之分析可知水庫有儲存水資源的功能，減緩水資源供需失調的現象，而石門水庫為重要的水庫之一，且具有發電、公共給水與農業灌溉等功能，為一多目標使用之水庫，其水資源調配得當，可使各用水團體間衝突性減少，使水資源用得其所，提高使用效率。為達成此目的，本文引用滿意理論與多目標決策方法中之 $\epsilon$ -限制式法，作為有效調配水資源理念之切入，以石門水庫為研究對象，並考慮石門水庫水資源使用之衝突性，建立水資源多目標使用衝突模式與水資源衝突協調程序，依此建構水資源多目標使用衝突協調系統，並將石門水庫水資源使用衝突團體決策者之相關資料輸入系統，以互動的方式，加入衝突團體之偏好資訊，依衝突協調系統求取妥協方案，使各衝突團體均能於滿意的狀況下，解決水資源調配的問題。歷經本文上述之研究過程，所獲重要結論與涵義：

### 一、結論

(一) 傳統單目標求解方法無法兼顧其他目標。多目標決策方法配合滿意理論，建立總滿

意度函數，可衡量各團體總滿意度，並解決石門水庫水資源多目標使用產生之衝突問題，得到各團體均能滿意之妥協方案。

- (二) 本研究中，選擇各衝突團體（發電團體、公共給水與石門水利團體）之平均流量與平均電價、平均水價與平均米價為變數，建立水資源多目標使用衝突模式之目標式與限制式。再以 $\varepsilon$ -限制式法求解，於三個團體中決定衝突性大的兩個團體，將此團體之目標式轉換成限制式，以衝突性小的團體追求最大總滿意度受限於衝突協調空間、水資源供給量限制與衝突性大的團體總滿意度維持於某一水準下，依照衝突協調程序，以衝突協調系統並加入衝突團體決策者的資訊即可求出妥協解，而易建立水資源有效調配之方案。
- (三) 本研究結果也指出，豐水年，石門水庫水資源年供應量為 14,145CMS 時，發電團體獲得石門水庫水資源調配量應介於年平均 11,840CMS~11,990CMS 之範圍，公共給水團體水資源年平均調配量應介於 525CMS~675CMS 間，石門水利團體則年平均調配量應介於 1,465CMS~1,630CMS 之範圍才能符合各團體之用水達於滿意水準。枯水年，石門水庫水資源年平均供應量為 10,297CMS 時，發電團體水資源調配年平均供應量應介於 8,145CMS~8,156CMS 間，公共給水團體則為 724CMS~743CMS，石門水利團體則介於 1,388CMS 到 1,408CMS 間才能使各團體之用水達到滿足。因此上述水資源使用衝突團體進行協商時，應於各團體滿意的範圍內協商，才能易於達成妥協，並促水資源有效調配。

## 二、啟示

茲再依豐水年（個案一）與枯水年（個案二）的實證結果進一步比較亦可獲致下列重要啟示：

- (一) 有效建立水資源多目標使用衝突協調系統，可促衝突團體會依據石門水庫水資源的多寡（豐水或枯水）來調整其滿意函數，而使水資源調配達成該些團體所望追求的滿意度而發揮水資源使用效率。
- (二) 枯水年時因有水利法對水權使用優先順序的規定，加上枯水年缺水期間的不確定性與各團體均需要公共給水團體提供之民生用水維生，因此，於枯水期公共給水團體之水資源使用量較豐水期時為多，這也顯示枯水期時民生用水需求之迫切性。
- (三) 在水資源使用有衝突時，衝突性較大的團體先進行協商，在不喪失衝突性小的團體權益為前提下，可使衝突協調的工作順利達成，此即衝突性大的團體雖其用水較迫切而可獲得較多的水資源，但衝突性小的團體仍能維持其滿意水準，此顯示水資源使用能兼顧公平與效率的原則，則其調配效果，將更能達成。
- (四) 若各團體滿意度變動時，可輸入新的滿意度資訊，並藉由本文所設計之衝突協調系統求得妥協方案，所獲致枯水期與豐水期水資源調配結果之資訊，可供學術機關與政府部門對石門水庫水資源調配與使用決策之參考。

另外，因時間、經費等因素使研究受限，但這也顯示仍有許多可拓展研究的空間，未來可朝下列方向持續進行研究，對學術或實務領域將更能有所貢獻：



- (一) 有關本研究中設計之衝突協調系統加入各衝突團體決策者偏好資訊求解，能解決石門水庫水資源多目標使用衝突性的問題，將來可考慮以其他方法求解如逐步法 (STEM) 等，並將所求之解加以分析比較或於限制式中考慮各團體投入水量與產出產品價值之比例等均是值得研究的方向。
- (二) 依據本研究的基礎，亦可蒐集更多資料，例如，考慮水質、水量與其他因素，配合電腦作更周詳的設計，可發展功能完善水資源利用的決策支援系統 (decision support system, DSS)，雖然決策支援系統設計費時且需投入較多的資金與人力，但仍值得鼓勵進行。

最後，對本研究必須體認，本研究所提出的結論與建議，乃依所蒐集相關資料且採滿意理論與多目標決策中之 $\epsilon$ -限制式法進行模擬所獲致之成果。無疑地，引用其結果必須同時考量石門水庫水資源供應量因季節不同而變動、用水衝突團體之滿意度因各種因素影響而改變及其他環境情景隨時間過程的動態變化，方能在實際經濟情況中作靈活應用，亦即在實際應用中對水資源調配能獲致良好之成效。

## 參考文獻

1. 王又慈，民 81，多目標決策方法在公共政策分析之應用以經濟環境系統規劃為例，中興大學公共政策研究所碩士論文。
2. 宋家敏，民 79，多目標水管理最佳化模式之建立，淡江大學水資源及環境工程研究所碩士論文。
3. 施孫富，1993，『未來台灣水資源之開發與管理』，台灣水利，第四十一卷第二期，15~26。
4. 郭翡玉與蕭代基，1991，『現階段水資源管理之困境及其解決方案水權交易制度芻議』，河川環境與水源保護學術研討會論文。陳玉珠，民 82，台灣地區水市場可行性之分析，台灣大學農業經濟學研究所碩士論文。
5. 陳武正與林科，1993，『海峽兩岸通航方案之評估—多重準則決策之應用』，交通運輸季刊，第十五期，24~35。
6. 陳進益，民 80，水資源調配之經濟效益分析多目標規劃與分析方法之應用，淡江大學水資源暨環境工程研究所碩士論文。
7. 陳慶和，民 82，水管理決策支援系統之研究與發展高階水管理決策理論與程序之研究，淡江大學水資源暨環境工程研究所碩士論文。
8. 曾國雄與王國材，1990，『發展非線性多目標規劃模式及其應用』，交通運輸，第十二期，1~22。
9. 黃文正、吳建民與吳明洋，1990，『多目標決策分析在水資源管理上之運用』，第五屆水利工程研討會論文集。
10. 廖述良與宋家敏，1990，『多目標水管理最佳化模式之建立』，中華民國環境工程學會第三屆環境規劃與管理研討會論文集。

11. 劉祥熹, 1991, 『水資源調配及其經濟效益研究』, 行政院國科會第一年度、第二年度計畫。
12. 經濟部水資局, 1994, 台灣地區之水資源, 出版地: 台北。
13. 經濟部水資局, 1987, 板新石門地區最佳供水調配之研究, 出版地: 台北。
14. 15 Charnes, A. and W.W. Cooper, "Management Models and Industrial Applications of Linear Programming," *Management Science*(4:1)1957, pp.81-87.
15. 16 Cochrane, J.L. and Milan Zeleny, *Multiple Criteria Decision Making*, University of South Carolina Press, Columbia, South Carolina, 1973.
16. 17 Cohon, J.L., *Multiobjective Programming and Planning*, ACADEMIC Press, New York, 1978.
17. 18 Colson, G. and C.D. Bruyn, *Models and Methods in Multiple Criteria Decision Making*, Oxford, New York, 1989.
18. 19 Goicoechea, A., D.R. Hansen, and L. Duckstein, *Multiobjective Decision Analysis With Engineering and Business Applications*, John and Wiley, New York, 1982.
19. 20 Haines, Y.Y. et al., "Multiobjectives in Water Resource Systems Analysis: the Surrogate Worth Trade off Method," *Water Resources Research*(10:4)1974, pp.615-624.
20. 21 Hwang, C.L. and K. Yoon, *Multiple Objective Decision Making-Methods and Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1981.
21. 22 Keeney, R.L., and E.F. Wood, "An illustrative Example of the Use of Multiattribute Utility Theory for Water Resource Planning," *Water Resources Research*, (13:4)1977, pp. 705-712.
22. 23 Keeney, R.L., and H. Raiffa, *Decisions with Multiple Objectives Preferences*, John and Wiley & Sons inc, 1993.
23. 24 Koopmans, T.C., "Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities," in T.C. Koopmans (ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission Monograph 13, Wiley, New York, 1951, pp.33-97.
24. 25 Kuhn, H.W. and A. W. Tucker, "Nonlinear Programming," in J. Neyman(ed.), *Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Univ. of California Press, Berkeley, 1951.
25. 26 Major, D.C., *Multiobjective Water Resource Planning*, American Geographical Union, Washington, D.C., 1977.
26. 27 Neumann, S., "Calibration of Distributed Parameter Groundwater Flow Models Viewed as a Multiobjective Decision Process under Uncertainty," *Water Resource Research*(9:3)1973, pp.1006.
27. 28 Roy, B., S. Roman and T. Wiktor, "Multicriteria Programming of Water Supply Systems for Areas," *Water Resources Bulletin*, (28:1)1992, pp.13-31.
28. 29 Sakawa, M., and Fumiko Seo, *Multiple Criteria Decision Analysis in Regional Planning*, D. Reidel Publishing Company, TOKYO, 1988.

29. 30 Teclé, A. , "Selecting a Multicriteria Decision Masking Technique for Watershed Resources Management," *Water Resources Bulletin*(28:1)1992, pp.129-140.
30. 31 Thanh, N.C., K. Biswas, *Environmentally Sound Water Management*, Oxford, New York, 1990.
31. 32 Thiessen, E.M. and D.P. Loucks , "Computer Assisted Negotiation of Mltiobjective Water Resources Conflites," *Water Resources Bulletin*(28:1)1992, pp.163-177.
32. 33 Yu, P.L., "Forming Winning Strategies," Springer-Verlag, New York, 1990.
33. 34 Yu, P.L., *Multiple-Criteria Decision Making*, Plenum press, New York, 1985.
34. 35 Zadeh, L. , "Optimality and Non-Scalar-Valued Performance Criteria, " *IEEE Transactions* Cliffs, N.J., 1969.
35. 36 Zeleny, M. , *Multiple Criteria Decision Making*, MCGraw-Hill, Inc, 1982.