

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

應用智慧型演算法於地表地下最佳聯合營運模式之建立 (II) 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2221-E-009-102-
執行期間：98年08月01日至99年07月31日
執行單位：國立交通大學土木工程學系(所)

計畫主持人：張良正

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99年10月31日

第一章 前言

近年來由於全球氣候變遷造成旱澇發生的頻率升高，台灣雖然為雨量充足的海島型氣候，但雨季不均且河川大都流短坡陡，造成水資源在時間及空間的分布上極為不平均，水資源保存不易，加上人口集中處工商業密集的發展，對水資源的需求日益增加，因此水資源的開源與節流實為重要。近年來由於環境保護意識的高漲，使得新水源的開發變得不易，如何運用現有的水資源作妥善的規劃與調配實為當前的重點課題，如能將地下水資源與地表水資源整合進行聯合營運，將可在水資源運用上獲得更大的效應，台灣部分地區由於養殖漁業的盛行，民眾過量的抽取地下水，造成地層下陷，甚至導致海水入侵土壤及地下水鹽化，使得政府在地下水的運用上策略趨於保守，因此如何妥善及有效率地規劃管理地下水資源，使其與地表水資源聯合營運時發揮最大效應為一重要課題。

雖然整體而言，部分台灣地區已有超抽的現象，然而地表地下聯合營運的目的並非在增加地下水之使用量。「地表地下聯合營運」的真正精神是在利用地下水層龐大的儲存空間，進行地表水的調蓄操作，因此在適當的營運下不但可維持地下水的進出平衡，甚至可達到補注涵養地下水的功能。

第二章 研究方法

本年度以「控制學」角度切入地表地下聯合營運，整個水源調配模式可視為一個「控制系統」，其中「控制器」(上層系統)可依據目前系統狀態，配合某種特定方式或是規則，來操縱控制系統，決定各水庫各時刻供水，以求達到欲達到之目標，「模擬器」(下層系統)用於反應「控制器」目前的系統狀況，即傳統調配模式中之系統反應方程式，本研究的研究流程如下：

(1) 建立地表地下聯合營運模糊推論系統 (fuzzy inference system)：

本計劃以模糊控制串連地表水源、水井形式地下水源與平原人工湖形式地下水源三系統，其中應用模糊推論系統決定三水源之供水分配量，主要架構包括模糊化、模糊規則庫、隸屬函數資料庫、推論引擎及解模糊化等，其中最關鍵為模糊規則的設定，本研究模糊規則是以一般性地表與地下水源間之調配原則，也就是採用「指標平衡」的概念作為模糊規則，以決定三水源間的供水分配量。

初步建立模糊規則的過程分為兩大步驟，第一個步驟是以水庫間「指標平衡」的概念作為供水之原則來建立合適操作概念的模糊規則，以獲得在水量運用上較大的用水效益，第二個步驟則是以先前所建立的模糊規則為基礎，進行微調模糊規則的架構，期使系統獲得更好的操作表現。

(2) 整合模糊推論系統於綜合形式之地表地下聯合營運模式：

應用模糊控制於地表地下聯合營運模式，根據上層模糊控制所分配到的供水分配量與儲蓄分配量，帶入下層細部調配子系統，其中地下水系統部分(包含水井形式與平原人工湖形式)則採用類神經網路，地表水部分則以線性規劃求解。

2.1 模式整體架構與演算流程

模式整體架構如圖 1 所示，其中分為上下兩層，上層為模糊推論系統，下層為地表水系統與地下水系統。上層的模糊推論系統為進行地表地下聯合營運系統水量之調配，分配地表水與地下水各自所需滿足之需求水量，再將此需求分配水量交由下層子系統各自進行調配或模擬。

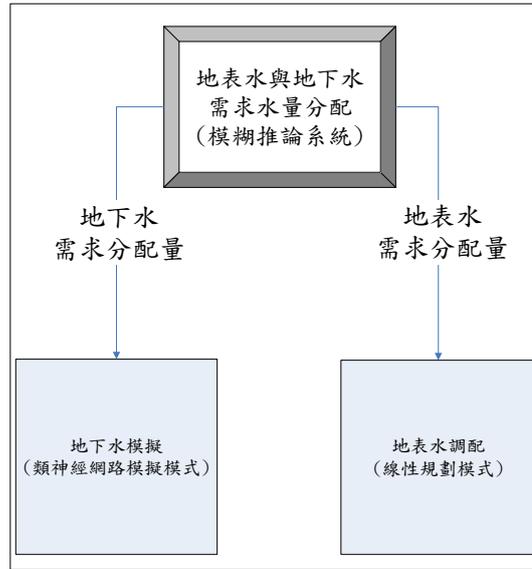


圖 1: 地表地下聯合營運架構圖

2.2 地表地下供水分配量決定

本研究是以模糊推論系統決定系統分配量，其是根據模糊規則決定水量調配，模糊規則庫是由一連串之 *IF-THEN* 的條件敘述語句的模糊法則所組合而成，其形式由以下表示：

$$\begin{cases} R_1: \mathbf{IF} [\sum_i (V_i^t + IF_i^t) \text{ is } A_1] \text{ and } [\bar{h}^t \text{ is } B_1], \mathbf{THEN} [D^t \text{ is } C_1] \\ R_2: \mathbf{IF} [\sum_i (V_i^t + IF_i^t) \text{ is } A_2] \text{ and } [\bar{h}^t \text{ is } B_2], \mathbf{THEN} [D^t \text{ is } C_2] \\ \dots \\ R_k: \mathbf{IF} [\sum_i (V_i^t + IF_i^t) \text{ is } A_k] \text{ and } [\bar{h}^t \text{ is } B_k], \mathbf{THEN} [D^t \text{ is } C_k] \end{cases} \quad (1)$$

其中， V_i^t 代表第 t 時刻第 i 水庫節點之蓄水量； IF_i^t 代表第 t 時刻第 i 水庫節點之入流量； \bar{h}^t 代表第 t 時刻平均地下水位； D^t 代表第 t 時刻地下水系統供水分配量； A_k 代表第 k 條規則中，集合 A 被 $\sum_i (V_i^t + IF_i^t)$ 所觸發的隸屬函數； B_k 代表第 k 條規則中，集合 B 被 \bar{h}^t 所觸發的隸屬函數； C_k 代表因應 A_k 與 B_k 條件下，所觸發之第 k 條隸屬函數。藉由水庫可利用水量 ($(V_i^t + IF_i^t)$) 與平均地下水位 (\bar{h}^t) 兩種資訊進行供水分配量之決定，兩資訊可分別由地表水系統與地下水系統提供系統狀態。由於模糊推論僅決定地下水供水量，因此地表水供水量可由式 (2) 決定之。其中， D^t 代表第 t 時刻需求節點之總需求水量； D''^t 代表第 t 時刻地表水系統需求分配量。

$$D''^t = D^t - D^t \quad (2)$$

其中 \bar{h}^t 的範圍與 D^t 以模糊推論系統作限制，在本研究中的地下水含水層厚度之上下限設為 70 至 94 公尺，故將 \bar{h}^t 控制在水位下限 70 至水位上限 94 公尺之間， D^t 則依最大抽水量 0.3 cms，將 D^t 控制在 0 至 0.3 cms，而模糊推論系統的建置於 2.3 節詳細說明之。

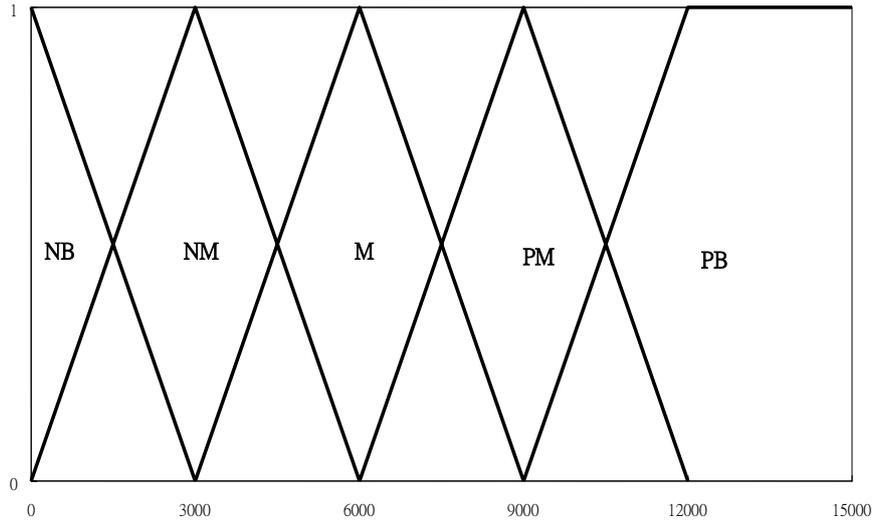


圖 2: 地表水可利用水量隸屬函數圖

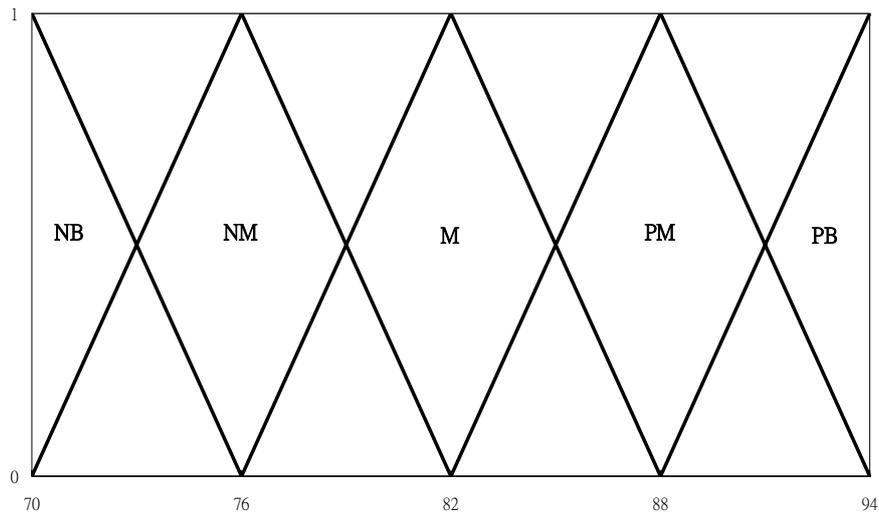


圖 3: 平均地下水位隸屬度函數圖

表 1: 模糊集合說明表

縮寫	全名	說明
PB	Positive Big	正值，大
PM	Positive Medium	正值，中
PS	Positive Small	正值，小
ZR	Zero	零
NS	Negative Small	負值，小
NM	Negative Medium	負值，中
NB	Negative Big	負值，大

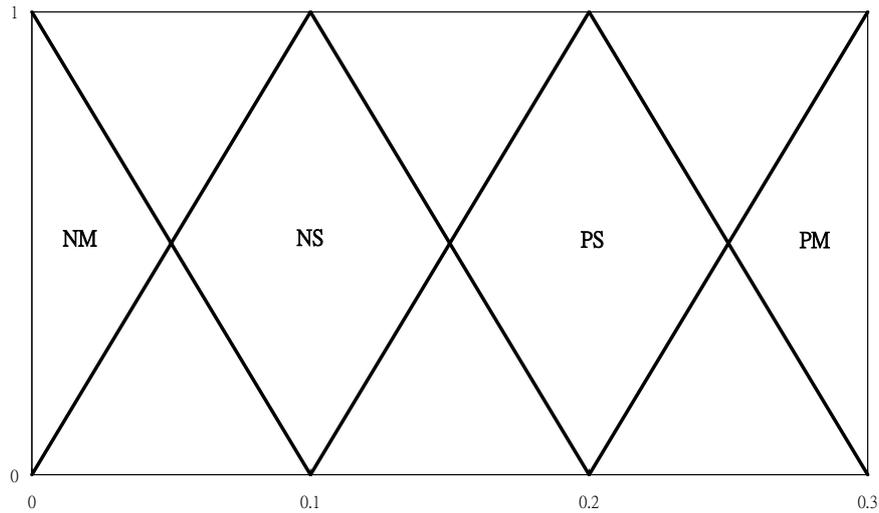


圖 4: 地下水系統供水分配量隸屬度函數圖

2.3 模糊推論系統

由上節所述可知，模式核心為模糊推論系統，其主要參照模糊控制程序，以下則進一步說明之：

1. 輸入與輸出變數

在聯合營運系統中，可利用水量為系統最重要的因素，故地表水系統與地下水系統之狀態變數分別採用「水庫可利用水量 ($V_i^t + IF_i^t$)」與「平均地下水位 (\bar{h}^t)」，以此評估系統狀態。而模糊推論之輸出變數方面則為「地下水系統供水分配量 (D'')」，而「地表水系統供水分配量 (D''')」可由整體需求量與地下水供水分配量之差值決定之。

2. 變數的論域範圍與隸屬函數的決定

輸入變數分別為「水庫可利用水量」與「平均地下水位」，前者論域範圍需先將地表所有地表系統之水庫庫容相加，視為一個對等水庫，因此考量上僅需分別針對一地表水系統與一地下水系統進行聯合調配水量，本研究地表系統以兩座水庫所組合，庫容分別為 7,000 和 5,000 萬噸，因此地表水系統之考量論域範圍為 0 至 12,000 萬噸之間。此外，地下水系統之考量論域範圍則以地下水位限制範圍作為劃定，其範圍為 70 至 94 公尺之間；輸出變數為「地下水系統供水分配量」，則按實際最大抽水量設定論域範圍，範圍為 0 至 0.3 cms 之間，所有隸屬度函數均採三角形隸屬函數。

論域範圍的分割數目則是以人工檢定的方式來決定，其中將地表水和地下水之論域作對等切割，以利於辨別地表水庫與地下水庫的水位高低，輸出變數為則依實際情況 0 至 0.3 cms 的抽水量分為四個隸屬函數，其中輸入及輸出變數的隸屬函數形式如圖 2、3 與 4 所示，通常表示模糊集合以 P 代表正、B 是大、M 是中、S 是小、ZR 是零，可以表 1 描述其意義：

3. 模糊規則庫的建立

表 2: 模糊規則基本架構

地下水位	地表水可利用水量				
	NB	NM	M	PM	PB
NB	NM	NM	NM	NM	NM
NM	PM	PM	NM	NM	NM
M	PM	PM	NM	NM	NM
PM	PM	PM	NM	NM	NM
PB	PM	PM	NM	NM	NM

模糊規則庫的建立主要是靠專家的知識與操作人員的經驗，再經由不斷的試誤經驗建立而成，在此規則庫的基本架構是由專家知識構成，主要是參考指標平衡的概念，由規則基本架構表 2 所示，先行將兩個變數做同等分切割，以比較「水庫可利用水量」、「平均地下水位」此兩個變數的可用水量，而水量多的變數必須提供較多的水，以提高供水效益。又因地表水與地下水對於水量的存取性質不同，地表水豐枯易見，反之地下水存取不易，且地下水必須保有一定的水量，所以地下水在使用上必須更為嚴謹，當單純地表水操作時可遵照指標平衡的方式操作，但觸及地下水時，由於兩者性質問題，必須折衷其操作手法，故模糊規則中以優先使用地表水為考量，而當地表水低於某一程度時，才可啟動地下水，而地下水接近水位下限則減少抽水量，規則基本架構表 2 所示。

4. 推論引擎與解模糊化策略

其模糊推論機制，是採用 Zadeh 之 $Max - Min$ 合成法則，由於在問題的決策過程中需盡量滿足所有的條件，也就是 IF-THEN 條件敘述語句的模糊法則的條件部分，故採用 Min 推論，即對所有隸屬度取交集；對於問題通常我們都希望得到最大的滿意度，所以最後所推論出模糊化的值為 IF-THEN 的結論部份則，採用 Max 推論，也就是對所有隸屬度取聯集，而解模糊化策略則採最為常用的重心法。

第三章 案例結果與討論

3.1 模擬案例介紹

不同的水量調配方式，會對於缺水情形的舒緩有所不同，故在此以不同的營運方式上做比較，共分為「地表水獨立營運」、「地表地下非耦合聯合營運」與「地表地下耦合聯合營運」三種：

A. 地表水獨立營運

地表水獨立營運係以地表水庫儲存豐水期之河川水量，並在枯水期時使用這些水量，因此缺水與否與降雨不確定性有極大之關係。本形式之營運系統如圖 5 所示，在此為兩個不同容量之並聯水庫，不另行搭配地下水系統，亦即地下水系統供水能力為 0 (cms)，案例 I 屬於此種營運方式。

B. 地表地下非耦合聯合營運

地表地下非偶和聯合營運即傳統之地表水先供應需求，當地表水系統已無法滿足需求時，再由地下水系統供給。演算上，由於已經訂出供水順序，因此可以先由地表水獨立營運模式計算後，再將缺水量帶入地下水營運模式，因此稱為非偶和形式之聯合營運。本形式之

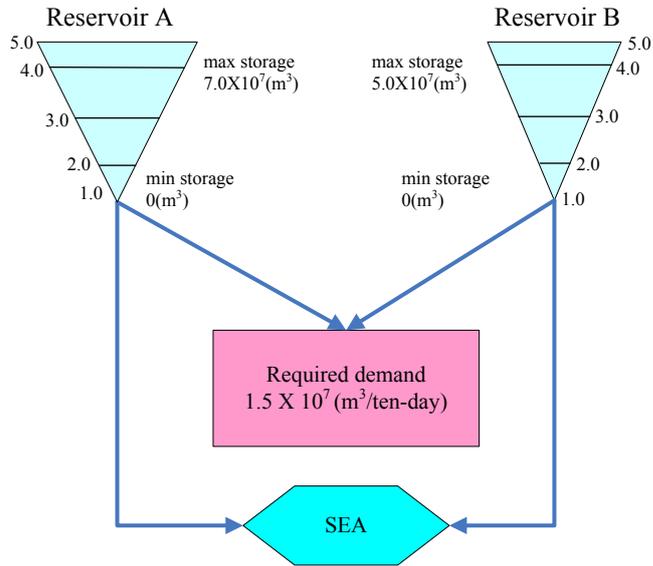


圖 5: 地表水獨立營運系統架構圖

營運系統如，除了兩個不同容量之並聯水庫，還額外加入一地下水系統，其系統如圖 6 所示，案例 II 屬於此種營運方式。

在本聯合營運模式中，各時刻之地表水供應量必與前述之獨立營運模式之結果一致，而在缺水情形方面，則因為地下水系統之加入，可以降低缺水情形。

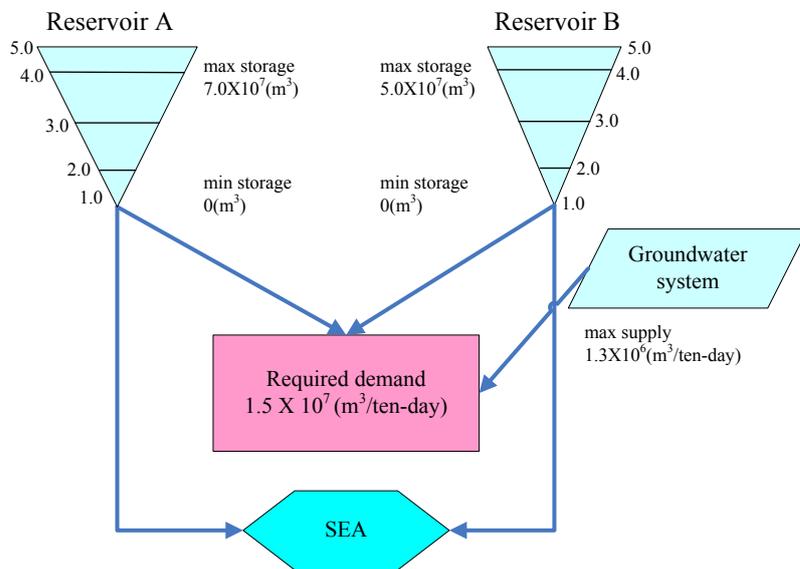


圖 6: 地表地下聯合營運系統架構圖

C. 地表地下耦合聯合營運

即為本研究所發展之聯合營運模式，在演算上本模式為同時考量地表水與地下水兩系統之儲水量，以模糊推論系統同時決定最水量調配方式，即地表水庫供應水量與地下水庫供應水量，因此可稱為偶和形式之聯合營運，除了兩個不同容量之並聯水庫，還額外加入一地下水系統，其系統如圖 6 所示，案例 III 屬於此種營運方式。

綜合以上，本章針對上述不同營運方式共建立 3 個模擬案例，總模擬期距均為二十年，均為旬操作，以下將針對各案例詳細說明：

1. 案例 I：案例 I 為地表水獨立營運模式，案例中 A 水庫有效容量為 7,000 萬噸，B 則為 5,000 萬噸，地表水系統為 A、B 兩水庫並聯使用，共同對一需求為 1,500 (萬噸/旬) 的需求結點進行調配，地表水庫庫容量及入流量設計原則乃參考「新型態多水庫聯合營運最佳規線之探討-92李志鵬」論文，以下各案例地表水條件與參數與案例 I 相同。
2. 案例 II：案例 II 為地表地下非耦合聯合營運。此案例與案例 I 之差別為額外加入一地下水系統，地下水系統為前述所建立的地下水類神經網路模式，供水順序為地表水先供水，若單靠地表水系統無法滿足需求時，再由地下水系統供給，將缺額平均分配至各抽水井群，其中各井群最大抽水量為 0.3 cms，亦即地下水系統最大旬供應量為 129.6 萬噸，以下各案例地下水系統皆與案例 II 相同。
3. 案例 III：案例 III 為地表地下耦合營運。此案例與案例 II 之差別為供水方式不同，供水方式以模糊推論決定，為地表水系統與地下水系統同時供給，由模糊推論系統決定各系統之供給水量。模糊規則如表 3 所示。

表 3: 模糊規則表

		地表水可利用水量				
		NB	NM	M	PM	PB
地下水位	NB	NM	NM	NM	NM	NM
	NM	PM	PM	NM	NM	NM
	NM	PM	PM	NM	NM	NM
	PM	PM	PM	NM	NM	NM
	PB	PM	PM	NM	NM	NM

3.2 案例成果展示

1. 案例 I：案例 I 模擬之年缺水指數為 1.28，缺水旬數為 281 旬，兩水庫合計旬平均供水量為 1,345.25 萬噸，為缺水情形嚴重之案例。
2. 案例 II：案例 II 模擬之年缺水指數為 0.61，缺水旬數為 262 旬，兩水庫合計旬平均供水量為 1,345.25 萬噸，地下水系統旬平均供水量為 49.77 萬噸。
3. 案例 III：案例 III 模擬之年缺水指數為 0.45，缺水旬數為 234 旬，兩水庫合計旬平均供水量為 1,343.38 萬噸，地下水系統旬平均供水量為 68.51 萬噸，在模糊推論系統的操作方式下，相較於案例 II，可有效降低缺水指數(SI)。

3.3 模擬案例成果分析

由 3.2 節所展示的案例，其成果可歸納為以下三點：

- (1) 地表地下聯合營運可有效的降低缺水量：
 - (a) 比較案例 I 與 II 之模擬結果，案例 II 年缺水指數可降低 52.34%、缺水旬數減少 19 旬，顯示地表地下聯合營運可有效減輕缺水狀況。

- (b) 增加地下水系統後，系統供應水量僅增加 3.70%，但缺水指數可大幅降低 52.34%，顯示增加少量的地下水供應水量，即可大幅改善缺水情形。
- (2) 模糊推論系統可有效的降尖峰缺水量：比較非耦合營運與耦合營運案例，耦合案例之年缺水指數可再進一步降低 26.23%、缺水旬數減少 28 旬，其原因為非耦合營運受限於固定的操作方式，僅能在地表水發生缺旱時啟動地下水系統，無法有效降低缺水情形，由此可知耦合營運可有效降低尖峰缺水量。
- (3) 模糊推論系統可依地下水的多寡進行合適的水量調配：在案例Ⅱ與案例Ⅲ中，年缺水指數為表現各為 0.61 與 0.45，而案例Ⅲ缺水旬數相較於案例Ⅱ減少 28 旬，案例Ⅲ相較於案例Ⅱ固定的地下水運用模式，顯示出模糊控制對於地下水的運用可作積極的水量運用，以有效的減緩缺水情形。

第四章 結論與建議

4.1 結論

1. 本研究所發展的地表地下聯合營運模式乃以模糊推論系統串連地表水與地下水兩系統，其中利用模糊推論系統分配地表水系統與地下水系統之應供水量，依此應供水量，地表水系統再採用線性規劃進行供水調配，地下水部份則以類神經網路模擬抽水供應後之地下水位，如此可提高整體水源運用的效率。
2. 地表水先供地下水後供之營運方式，可明顯的降低地表水單獨營運情況下的年缺水指數(SI)，其年缺水指數(SI)降低 52.34%；惟相較於此，本模式可進一步降低年缺水指數(SI) 26.23%，有效改善乾旱現象，降低尖峰缺水量。
3. 相較於「地表水先供地下水後供」之聯合營運方式，當需求水量增加時，透過模糊推論系統可因應增加之需求水量，適當的控制地下水位，並減少缺水情形，因此證明本模式可有效管理、調度水資源。
4. 本模式可根據系統狀態制定不同的操作策略，當可利用資源足夠時，則可進行積極的運用；當可利用資源缺乏時，則可進行保守的操作，相較於其他模式，本模式具有很好的操作彈性，可提供多樣的策略，適切的使用資源。
5. 相較於傳統地表地下聯合營運模式以最佳化方法進行調配，本研究改以模糊推論系統進行聯合營運，在不降低供水效率的原則下，可大幅降低最佳化模式帶來之複雜度與計算量。

4.2 建議

1. 本研究中模糊推論系統之參數是經由人工檢定的方式產生，未來可結合優選方法選定參數，發展一全時刻優選模式，找出最佳的地下水運用策略，若以此地下水用水策略為基礎，可訂定出地下水實際操作規線。
2. 模糊推論系統目前僅以人工檢定的方式產生，未來可發展系統化的方式決定模糊推論系統之重要參數及規則，例如論域的精度大小以及模糊規則之制定等，以減少人工檢定的次數。
3. 若在颱風時期，水庫操作必須在短暫的時間內迅速找出適當的決策，使災害減到最低，由於具有本模式高計算效率，未來可與防災等議題結合，作為颱風時期的操作模式。

4. 在雨季期間地表水庫仍有可能發生溢流的情況，本模式未考量將多餘的水資源以人工補注之方式注入地下水含水層中，未來可結合人工補注，以增加水量運用來源。
5. 本研究為一模擬案例，未來可實際運用於實際案例之水資源規劃中。

第五章 參考文獻

1. Chu, H.J., and L.C. Chang, 2009, Optimal control algorithm and neural network for dynamic groundwater management, *Hydrol. Process.* 23, 2765–2773
2. Chang, L.C., H.J. Chu, Y.P. Lin, Y. W. Chen, Using a Hybrid Approach to Optimize Experimental Network Design for Aquifer Parameter Identification, *Environmental Monitoring and Assessment*, 10.1007/s10661-009-1157-5t
3. Chang, L. C., Y. W. Chen, M. S. Yeh, 2009: Optimizing System Capacity Expansion Schedule for Groundwater Supply, *Water Resources Research*, Vol: 145 Article Number: W07407.
4. Chu, H. J. and L. C. Chang, 2009: Application of optimal control and fuzzy theory for dynamic groundwater remediation design, *Water Resources Management*, Vol23 Issue: 4 pp 647-660.
5. Yang, C. C., L. C. Chang, C. S. Chen, and M. S. Yeh 2009: Multi-Objective Planning for Conjunctive Use of Surface and Subsurface Water Using Genetic Algorithm and Dynamics Programming, *Water Resources Management*, Vol 23 Issue: 3 pp 417-437.
6. Yang, C. C., L. C. Chang, C. H. Yeh and C. C. Ho, 2008: Application of System Dynamics with Impact Analysis to Solve the Problem of Water Shortages in Taiwan, *Water Resources Management*, Vol. 22 Issue: 11 pp 1561-1577.
7. Hsiao, C. T. and L. C. Chang, 2005: Optimizing Remediation for an Unconfined Aquifer using a Hybrid Algorithm, *Ground Water*, Vol. 43, No. 6, pp 904-915.
8. Basagaoglu, H. and M.A. Marino, Joint Management of Surface and Ground Water Supplies, *GROUND WATER*, Vol.37,No.2, pp.214-222, 1999.
9. Chang, L.C. and F.J. Chang, Intelligent control for modeling of real-time reservoir operation, *Hydrological Processes* 15: 1621-1634, 2001.
10. Chang, Y.T., L.C. Chang, and F.J. Chang, Intelligent control for modeling of real-time reservoir operation, part II: Artificial neural network with operating rule curve, *Hydrological Processes* 19: 1431-1444, 2005.
11. Gorelick, S.M., A review of distributed parameter groundwater management modeling methods. *Water Resour Res* 19(2): 305–319, 1983.
12. Randall, D., L. Cleland, C.S. Kuehne, G.W. Link and D.P. Sheer, Water supply planning simulation model using mixed-integer linear programming "engine", *Journal of Water Resources Planning and Management – ASCE* 123(2): 116–124, 1997.
13. Watkins, D.W. and D.C. McKinney, Decomposition methods for water resources optimization models with fixed costs, *Adv. Water Resour* 21: 283–295, 1998.

14. Karamouz, M., R. Kerchian and B. Zahrie, Monthly Water Resources and Irrigation Planning: Case Study of Conjunctive Use of Surface and Groundwater Resources, J. of Irrigation and Drainage Engineering 130(5): 391-402, 2004.
15. 張育雅，「應用遺傳演算法於大甲溪及大安溪水資源最佳聯合調配模式」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，2003。
16. 李志鵬，「新型態多水庫聯合營運最佳規線之探討」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，2004。
17. 張良正、蕭金財「非拘限含水層之最佳抽水量管理規劃」，中國土木工程學刊，Vol. 14, No. 3 pp.477-487，2002。
18. 徐年盛「區域性地表水與地下水最佳聯合營運模式之研究」，國科會專題研究報告，1995。
19. 劉長齡、羅建洲，「模糊理論在區域水資源運用之研究-以寶山水庫及攔河堰為例」，國立成功大學水利及海洋工程學所碩士論文，2002。
20. 張斐章、張雅婷，「調適性網路模糊推論系統於水庫操作之研究」，國立台灣大學生物環境系統工程研究所博士論文，2006。

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

■ 達成目標

□ 未達成目標（請說明，以 100 字為限）

□ 實驗失敗

□ 因故實驗中斷

□ 其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文：□已發表 □未發表之文稿 ■撰寫中 □無

專利：□已獲得 □申請中 ■無

技轉：□已技轉 □洽談中 ■無

其他：國際研討會數篇

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本研究應用多種智慧型演算法於地表地下聯合營運中，其中包含遺傳演算法、類神經網路與模糊推論，其中類神經網路可應用於地表地下聯合營運之中，取代地下水數值模式，降低聯合營運模式之整體計算量；相較於傳統非線性規劃，遺傳演算法無須推導系統之導函數，建構上較有彈性；模糊推論則可運用於不同系統間之操作調度，在維持一定之調度效能下，可大幅降低計算複雜度。

無衍生研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：張良正		計畫編號：98-2221-E-009-102-						
計畫名稱：應用智慧型演算法於地表地下最佳聯合營運模式之建立(II)								
成果項目		量化			單位	備註(質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等)		
		實際已達成數(被接受或已發表)	預期總達成數(含實際已達成數)	本計畫實際貢獻百分比				
國內	論文著作	期刊論文	2	2	100%	篇	中國土木水利工程學刊 X1(2009), 農業工程學報 X1(2008), 農工學會論文獎	
		研究報告/技術報告	0	0	100%			
		研討會論文	2	2	100%			水利工程研討會 X2
		專書	0	0	100%			
	專利	申請中件數	0	0	100%	件		
		已獲得件數	0	0	100%			
	技術移轉	件數	0	0	100%	件		
		權利金	0	0	100%	千元		
	參與計畫人力(本國籍)	碩士生	3	3	100%	人次		
		博士生	2	2	100%			
博士後研究員		0	0	100%				
專任助理		0	0	100%				
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	IAH 2008(日本富山), AGU 2009 Fall Meeting(美國舊金山)	
		研究報告/技術報告	0	0	100%			
		研討會論文	2	2	100%			
		專書	0	0	100%			章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件		
		已獲得件數	0	0	100%			
	技術移轉	件數	0	0	100%	件		
		權利金	0	0	100%	千元		
	參與計畫人力(外國籍)	碩士生	0	0	100%	人次		
		博士生	2	2	100%			
博士後研究員		0	0	100%				
專任助理		0	0	100%				

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>投稿農工學報，並獲得農工學會論文獎第一名，推派參加中國工程師協會論文競賽。</p>
--	--

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本研究應用多種智慧型演算法於地表地下聯合營運中，其中包含遺傳演算法、類神經網路與模糊推論，其中類神經網路可應用於地表地下聯合營運之中，取代地下水數值模式，降低聯合營運模式之整體計算量；相較於傳統非線性規劃，遺傳演算法無須推導系統之導函數，建構上較有彈性；模糊推論則可運用於不同系統間之操作調度，在維持一定之調度效能下，可大幅降低計算複雜度。