

# 一、緒論

## 1.1 前言

近年來政府正積極規劃及推動數項水資源開發及調配計畫，鑑於流域型水庫的開發在民眾環保意識高漲之下已日趨不易，開發成本亦大為提高，而大型人工湖可增加地下水補注且其庫容亦可作為水資源調配之用，故人工湖(平地水庫)已成為近年來新水源開發的重要考量之一。以高屏大湖為例，其為臺灣第一個以大型平地人工湖為區域重要水源的案例，亦是至目前為止規劃較為完整的案例之一，高屏大湖由 5 個湖區組成，且因當地地下水位較高，在湖水與地下水之間有明顯的交換機制，因此其操作營運方式較地表水庫，或是僅具有補注作用的人工湖都大為不同，且較為複雜，然而若能對其操作營運方式做進一步的探討，不但可以增加其未來的效益，亦可做為其它地區人工湖開發的參考。

本研究目的即在以高屏大湖為例，在考量高度的地表地下交換作用下，整合遺傳演算法與類神經網路理論，發展一多湖區系統的最佳操作規劃模式，其中人工湖的操作方式引用了一般地表水庫的規線操作方法以提高整體系統的供水效益。由於地表水與地下水間之交換為系統重要的物理機制，因此地下水反應不能以傳統的簡化方式，如響應矩陣法(Response Matrix Method)加以簡化，而必須建立較複雜的地下水模式模擬之，惟若將此模式整合進以優選為導向的操作規劃模式，則又將使整個的計算量增加太大。為此，在兼顧地下水系統模擬的精確度與計算效率的考量下，本研究以類神經模式學習以 MODFLOW 96 及 LAK2 所建立的高屏大湖地下水及湖泊交換作用之類神經網路群。經訓練後其不但能充份掌握複雜的地下水與多個湖泊蓄水間的交換關係，而且具有快速的模擬能力，而此類神經網路群

接著將進一步嵌入高屏大湖地表地下最佳操作規劃模式中。本研究建立的「高屏大湖最佳聯合操作規劃模式」，應用遺傳演算法為優選工具，並以一般地表水庫常用的規線操作為此多湖區系統的操作原則。

## 1.2 文獻回顧

### 1.2.1 最佳操作規線求解方面

制定操作規線的方法，可分為模擬法與優選法兩大類。模擬法主要精神為試誤法，如楊德良等人(1986)，列舉數組可行的規線模擬水庫操作，將結果分析比較找出較優的操作規線。

在優選法方面，Goldberg 於 1989 年提出遺傳演算法具有搜尋的強健性與有效性。此演算法亦曾被應用在優選操作規線方面，如 Lund and Ferreira (1996) 以供水量和發電量為目標函數，應用遺傳演算法進行多水庫系統之規線優選。Oliver (1997) 應用遺傳演算法結合水量平衡函數 (storage balancing function) 處理多水庫系統之操作規線問題，其做法為以遺傳演算法優選各水庫水量平衡函數 (storage balancing function) 對應於任一時刻之可放水量，再由前一操作時段之已知條件 (如水庫入流量、蓄水量等)，求得各水庫之最大放水量，其作法是以水量平衡函數作為決定水庫放水量之依據，與本研究之不同處在於本研究以操作規線作為決定人工湖放水量之依據。許少瑜 (2000) 利用遺傳演算法配合系統模擬模式優選鯉魚潭水庫最佳操作規線，以特定控制點的方式，改善原鯉魚潭水庫之操作規線變化劇烈而不利於實際操作的問題。李志鵬 (2004) 先以線性規劃為南部水資源系統模式建置核心，並結合遺傳演算法制定一組可同時考慮長、短期水文狀況之多水庫聯合營運模式。

由上述所知，遺傳演算法已廣泛應用於最佳操作規線之制定，然

而前述的研究，其討論的均是不考慮與地下水產生交換的地表水庫，而本研究討論的高屏大湖則是一個具有湖水會與地下水產生交換的多湖區系統，系統本質較為複雜，因此需有新的方法，方能解決此問題。

### 1.2.2 地表地下聯合營運管理模式

#### ◆最佳化模式與地下水模式的結合方式

過去關於地表地下聯合營運管理模式建立的研究中地表水模式與地下水模式的整合方面大致可分為兩種方向，Gorelick (1983)曾區分為嵌入法(Embedding Method)與響應矩陣法(Response Matrix Method)。嵌入法乃直接將以有限差分或有限元素法近似之地下水方程式，當成最佳化模式之限制條件，其變數包含有每一個節點之水位或抽水井之抽水量。嵌入法對於小區域之問題可獲得精度較高之解答。然而當面對大區域之問題時則會有變數過多而難以求解之困難。響應矩陣法則假設某一抽水井之抽水量與水位之洩降具有線性關係，因此可應用疊加原理獲得抽水井與地下水位之函數關係。響應矩陣法中之變數較嵌入法少，因此於最佳化模式中可節省記憶體需求及電腦計算時間，故可應用於大區域之地下水最佳化模式中。然而由於線性之假設，當遭遇非線性系統(如非拘限含水層)時，則無法直接應用，在一般多半以抽取非拘限含水層之地下水居多的情況下，響應矩陣法並不適用。類神經網路除了可描述非線性系統、較嵌入法節省計算量外，比起傳統數值模式，類神經網路不需要許多自然水文參數，無複雜物理機制，故近年來，類神經網路也常併入最佳化模式模擬。

#### ◆地表地下聯合營運管理模式之相關研究

在國外學者方面，Dean Randall (1997) 利用一具有多標的目標函數之線性規劃系統來建立地表地下聯合營運的模式，標的間的權重大

小反應其在操作策略上的重要程度，而地下水系統的相關操作則以在目標函數中設計抽水量最小之標的及於限制式中加入最大補注量之限制來設計。整個問題除了所有相關的方程式均為線性之定義外，其地下水系統的處理方式將無法呈現地下水抽水量、補注量對地下水位隨時變的動態性。Hakan and Migue (1999) 與國內的陳俊焜(1997)則均以線性規劃來處理地表地下聯合營運的問題，藉由地下水數值模擬模式來分別建立反應河川與含水層間交換量、抽水量與地下水位的響應矩陣，並以此連結地表與地下系統。雖然地表與地下的系統均已涵概，但整個問題所有相關的方程式均為線性的定義，當遭遇非線性系統(如非拘限含水層)時將無法確切地反應其特性;在國內學者方面，楊朝仲(2002)使用遺傳演算法與可微分動態規劃法於多目標地表地下聯合營運規劃上，其在地下水系統的處理方面，藉由嵌入地下水水流模擬模式 ISOQUAD 來計算抽水量及補注量與地下水位之變動關係，這樣的處理雖然能確切反應非線性之非拘限含水層之水位變化，然而當地下水系統變數過多時，與遺傳演算法結合時，求解上則會有變數過多而計算量大增難以求解之困難。

上述關於地表地下聯合營運相關研究，均是透過水井的抽水影響到地下水位，本研究系統機制則是透過人工湖不同時間的調配操作，其湖出(/入)流量影響至地下水位，發生湖與地下水水量上彼此交換之機制。

此外，經濟部水利署水利規劃試驗所近年來所作「吉洋人工湖可行性規劃-二、水源及用水專題 - 2.地下水人工補注池水資源區域性營運分析」，利用 MODFLOW 96 與 LAK2 模組模擬高屏地區地下水與高屏大湖水量交換機制，並證明當地若加入高屏大湖系統，在豐水期時高屏大湖除了可以蓄水，也能同時補注地下水；在枯水期時，高

屏大湖除了當作供水系統，且此時地下水會出滲補注湖水。但是，此計畫的人工湖供水量等於設定的需求量乘上一個固定的打折率，無考慮當時刻湖體蓄水現況作供應，且若進一步結合優選模式則會系統整體的計算量增加。而本研究使用類神經網路反應湖水與地下水交換機制，在人工湖供水上結合規線操作原則，該原則以湖體蓄水高度加上該時刻入流量增加高度，配合規線分層與打折率決定該時刻之放水量。因此，本研究可在兼顧計算效率下，也同時考量到湖體蓄水現況作供應。

### 1.2.3 類神經網路之應用

類神經網路目前亦常應用在水資源相關研究，如孫建平(2000)使用倒傳遞類神經應用於時雨量預測及降雨-逕流過程之模擬與預測，顯示類神經網路具有學習如像水文事件般複雜關係之能力，並於預測時獲得良好的成效。陳孟威(2002)搜集石門水庫上游集水區水文與泥砂特性資料，進行 HSPF 模式參數檢定與驗證工作，並產生暴雨時期的泥砂資料供類神經學習，以此得到石門水庫暴雨產砂量推估之方程式，其發現由類神經網路模式的學習及驗證結果可知，並非隱藏層神經元越多即可得到越好的效果，神經元太少，無法代表整個系統模型，而神經元太多，不只會讓學習速率降低、訓練時間增長，且可能導致過度學習現象，合適的隱藏層神經元數目需視解決的問題特性，經過試驗才能決定。上述之倒傳遞類神經網路均是單純學習輸入參數與輸出參數的對映關係。

在連續預測網路模擬法之文獻方面，謝明富(1999)應用於學習單自由度結構物受地震力後所產生的非線性遲滯動力行為之模擬模式上，已證明此連續預測方式對於預測具時間性的動態參數有良好的效

果。Coppola (2003) 和 Nayak (2006) 分別採用坦帕灣、孟加拉灣當地地下水含水層實際水文資料來訓練類神經網路，並以訓練好之類神經網路來進行水位連續預測，其中 Nayak 的類神經網路除了考慮各參數(地下水位、降雨量、渠道放水量)前幾個時刻的資料，也考慮邊界地下水位資料作為網路輸入層參數。與本研究差異在於此兩篇研究只限於訓練具代表當地地下水反應的類神經網路，而無後續管理上的規劃。

黃浚瑋(2006) 發展逐時刻優選之地表地下聯合營運模式，其中應用遺傳演算法串連地表水與地下水兩系統，地表水源與地下水源間之調配原則採用「指標平衡」概念，地下水系統部分則採用類神經網路，地表水系統部分則以線性規劃求解，如此可兼具地下水非線性反應與節省計算量，與本研究的差異為其遺傳演算法優選地下水抽水量，本研究則是利用遺傳演算法優選人工湖的操作規線作為供水的調配原則，且其類神經學習的地下水系統為設計的理想案例，本研究類神經學習的地下水系統為實際高屏地區高屏大湖與地下水數值模式，相較之下本研究學習對象複雜許多，也增加類神經學習的難度。