

第五章 高屏大湖最佳聯合操作規劃模式之發展

本研究先利用類神經網路作為高屏大湖與地下水水量交換之反應方程式，再結合遺傳演算法優選地表水庫常用之規線操作，作為湖水供水原則，並以遺傳演算法優選最佳操作規線。

5.1 模式之基本定義

在本研究中，系統對需求量的滿足程度之量化指標乃以缺水指數 (Shortage Index, SI) 代表。缺水指數為美國陸軍工程師團(1996)評估缺水對社會影響的參考數據，其對缺水指數所作之定義為：

$$SI = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{SD_i}{T_i} \right)^2$$

其中

N:分析(旬)數

SI:(旬)缺水指數

SD_i:(旬)標的缺水量

T_i:(旬)標的需求量



在設計規線形式方面，本研究設計之規線形式如圖 5.1 所示，故若要決定一條規線須優選 4 個規線發生轉折的旬數 (T_1, T_2, T_3, T_4)、2 個規線位置距湖底高度 (L_L, L_H) 及打折率 (d)。以下將定義整個優選模式之數學定義：

◆目標函數

$$\text{Min } SI \quad \dots\dots\dots(\text{式 5.1.1})$$

(式 5.1.1) 式中， $SI = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{SD_i}{T_i} \right)^2 \quad \dots\dots\dots(\text{式 5.1.2})$

◆限制條件

1.操作規線優選參數相關限制條件如下:

(a) 規線發生轉折的時間:

$$1 \leq T_1 < T_2 < T_3 < T_4 \leq 36 \dots\dots\dots (\text{式 } 5.1.3)$$

假設問題分 36 操作時期，先在 1~36 時期隨機選取一點為 T_1 ，接著在 $T_1 \sim 36$ 時期隨機選取一點為 T_2 ，以此類推在 $T_2 \sim 36$ 時期隨機選取一點為 T_3 ，最後在 $T_3 \sim 36$ 時期隨機選取一點為 T_4 。

(b) 規線分層位置距湖底高度:

$$HL_b < HL_1 < HL_2 < HL_s \dots\dots\dots (\text{式 } 5.1.4)$$

其中

HL_b : 呆水位距湖底高度

HL_1 : 規線之低水位位置距湖底高度

HL_2 : 規線之高水位位置距湖底高度

HL_s : 滿水位距湖底高度

設計高屏大湖的呆水位距湖底 2m，5 湖湖深均 12m，故 $HL_b = 2$ ， $HL_s = 12$ 。在 $HL_b \sim HL_s$ 水位高度中隨機選取一點為 HL_1 ，接著在 $HL_1 \sim HL_s$ 水位高度中隨機選取一點為 HL_2 。

(c) 打折率:

$$0 < d < 1 \dots\dots\dots (\text{式 } 5.1.5)$$

2.規線與供水量關係式

$$S_t^* = S_t + I_t \dots\dots\dots (\text{式 } 5.1.6)$$

$$D_t^* = D_t \times d \dots\dots\dots (\text{式 } 5.1.7)$$

(a) if $S_t^* > S_{hr}$ then

$$Q_t = \min(S_t^*, D_t^*), d = 1 \dots\dots\dots (\text{式 } 5.1.8)$$

(b) if $S_{ht} \geq S_t^* > S^{\min}$ then

$$Q_t = \min(S_t^*, D_t \times d), 0 < d < 1 \dots\dots\dots (式 5.1.9)$$

(c) if $S^{\min} \geq S_t^*$ then

$$Q_t = 0 \dots\dots\dots (式 5.1.10)$$

其中

S_t^* : t 時刻湖的可利用水量

S_t : t 時刻湖的蓄水量

I_t : t 時刻湖的入流量

S_{ht} : t 時刻的規線位置所代表的蓄水量

Q_t : t 時刻湖的供水量

D_t : t 時刻湖的原需求量

D_t^* : t 時刻的打折後需求量

S^{\min} : 湖最小蓄水量



3. 高屏大湖系統反應式:

類神經網路預測模式:

$$(H_{t+1}, R_t, OV_t) = f(H_t, L_t, IO_t, B_t) \dots\dots\dots (式 5.1.11)$$

$$(式 5.1.11) 式中, IO_t = I_t - Q_t \dots\dots\dots (式 5.1.12)$$

其中

H_t : t 時刻地下水位

H_{t+1} : t+1 時刻地下水位

L_t : t 時刻湖的湖水位

R_t : t 時刻湖的交換量

OV_t : t 時刻湖的溢流量

IO_t : t 時刻湖的實際出入流量

H_t, L_t, IO_t : 類神經網路輸入值

H_{t+1}, R_t, OV_t : 類神經網路輸出值

湖水質量平衡關係式：

$$S_{t+1} = S_t + I_t - Q_t + R_t - OV_t \dots\dots\dots (式 5.1.13)$$

其中

S_{t+1} : t+1 時刻湖的蓄水量

5.2 高屏大湖最佳聯合操作規劃模式之發展

5.1.節中(式 5.1.1)~(式 5.1.13)中表達了整個模式的數學定義，在此進一步說明此模式之實際演算流程，演算架構圖如圖 5.2 所示，基本上可分為三大部分；其中，類神經網路之模擬流程已在第四章作說明，以下就”遺傳演算法優選操作規線”及”高屏大湖聯合操作規劃模式之建立”兩部份模擬流程作說明。



5.2.1 遺傳演算法優選操作規線

高屏大湖操作規線優選演算流程圖如圖 5.3，其說明如下：

- (1)一開始由隨機產生初始群集 50 條染色體，每一染色體均代表不同的操作規則組合。
- (2)將染色體解碼後，得規線發生轉折的時間、規線位置距湖底高度及打折率。
- (3)將操作規線作為高屏大湖聯合營運模式供水量原則。
- (4)計算該時刻適合度 Z^t 。
- (5)檢視目標函數是否滿足收斂條件，本研究後續應用實例中，收斂條件之設定為：演算代數至少 20 代，且連續 10 代最佳染色體適合度不變，即連續 10 代後找不到更佳之解，則視為收斂。如不滿足

收斂條件往步驟 6 進行複製、交配、突變，如滿足則程式停止。

(6)a.複製

依據每個染色體的適合度，以杜魯門選取法(Toroment selection)決定族群中可生存下來的染色體。模式中依每代所需選取個數，每次隨機選取 3 個母代染色體，比較其適合度最佳者保留下來的機會越高，使得子代的染色體也有更多的機會保有親代染色體內品質良好的基因，這亦類似於自然界的生存機制。

b.交配

染色體經由複製後，隨機選擇兩個染色體進行交配(Crossover)，交配為隨機重新進行字串交配結合的程序，是以字串兩兩交配的方法進行，本研究採用均勻交配，產生模板以判斷交換點，進行交配的目的乃利用母體互相交換改變基因的方式保留母代較好基因以傳給子代的。一般而言，依照交配率(P_{cross})進行交配，所以僅是一部分的族群而並非所有的族群都進行交配，在後續的應用案例中訂其交配率 P_{cross} 為 0.8。

c.突變

突變的目的是為了使搜尋的點更為多樣化，以防止過早收斂於局部最佳值，以致無法獲得最佳解，突變就是隨機地以極小的機率(P_{mutat})改變某一字串的字元，本研究 P_{mutat} 設定為 0.1。在本研究採用之突變的過程中，係針對染色體中每一個基因會隨機產生一個突變的機率值，若是此值低於事先所定義的突變率，染色體便會進行突變的程序。突變係針對交配產生的子代進行，即改變子代字串的某一字元(0→1or1→0)。經過複製、交配與突變產生新的族群後，回到步驟 2 進行下一世代的優選，直到滿足事先設定的收斂條件為止。

5.2.2 高屏大湖聯合操作規劃模式之建立

5.2.1 說明遺傳演算法優選操作規線部份，在此進一步說明高屏

大湖之操作模擬如何串連地表湖水與地下水系統。

◆河川可引流量

本研究沿用『人工湖地表地下水資源運用分析及成果動畫展示』所推估高美堰民國 48~92 年的日流量，扣除上下游之既有水權量、生態基流量與颱風時期高於 30cms 之污濁水量等，即為河川可引入高屏大湖之水量，稱為河川可引流量。因本研究發展的高屏大湖聯合營運模式為旬模擬，故取其日流量資料轉成旬流量資料，此才為實際高屏大湖聯合營運模式中河川可引流量之旬入流量資料。

◆湖區引水規則與相關設定

得到河川可引流量後，河川可引流量會先跟需求量比較，若大於需求量，則河川可引流量先滿足需求量，剩餘水量才引入湖區；若入流量小於需求量，則先全額供給需求量其餘部份由湖水供應，如圖 5.4 所示。因人工湖又分成 5 區，針對引水量及供水量進行不同湖區之空間分配，各湖其入流與抽水分配比例沿用『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』報告中依湖區面積比訂定的入流分配比例，而抽水分配比例則再作適度修正，如表 5.1。

◆高屏大湖地表地下聯合營運操作模擬流程

在河川可引流量不能足夠滿足需求量時，剩餘需求量由人工湖供應，此時遺傳演算法已決定一種操作規線，根據此操作規線的規則在各時刻有不同的供水量，進而得到各時刻各湖之出\入流量，呼叫類神經網路，由該時刻上游及下游地下水位、湖水位、出\入流量計算出下一時刻上游及下游地下水位、該時刻交換量及溢流量，再透過質量平衡計算出下一時刻湖水位(得下一時刻湖體蓄水量)，如此完成各旬模擬至達到最終模擬時間，此流程如圖 5.5。