

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

整合性水資源最佳營運及規劃模式發展與應用(I)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2211-E-009 -090-

執行期間：89年 08月 01日 至 90年 07月 31日

計畫主持人：張良正（國立交通大學土木工程系副教授）

計畫參與人員：蕭金財（國立交通大學土木工程研究所博士班）

趙錦倫（國立交通大學土木工程研究所碩士班）

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：國立交通大學土木工程學系

中 華 民 國 90 年 10 月 18 日

整合性水資源最佳營運及規劃模式發展與應用(I)

Development of Integrated Water Resources Operating and Planning Model (I)

計畫編號：NSC 89-2211-E-009 -090-

執行期間：89年 08月 01日至 90年 07月 31日

主持人：張良正 (國立交通大學土木工程系副教授)

計畫參與人員：蕭金財 (國立交通大學土木工程研究所博士班)

趙錦倫 (國立交通大學土木工程研究所碩士班)

一、中文摘要

本研究第一年工作目標為結合多目標遺傳演算法與限制型微分動態規劃理論發展一新的多目標演算法，並進而以此演算法開發一水資源多目標規劃模式，此規劃模式之目標函數包含建水庫之固定成本與營運之操作成本，固定成本為庫容大小之函數而操作成本則以常用之缺水指標(Shortage Index)代表。此兩種成本原本互相競爭，在本研究中並未以權重係數將其結合成單一目標函數，而以新發展的多目標演算法計算其完整的非劣勢解集合。本模式能提供水資源開發規劃時完整的投資成本與未來營運成本間完整的競爭關係，可為提高水資源規劃效益之良好輔助工具。

關鍵詞：多目標規劃、遺傳演算法、微分動態規劃

Abstract

The study proposes a new multi-objective programming algorithm by integrating a genetic algorithms (GA) with constrained differential dynamic programming (CDDP), and develops a multi-objective model for water resources planning using the algorithm. The multi-objective planning model considers the fixed cost of reservoirs construction and management cost. The fixed cost is assumed to be linear increased with the reservoirs size and the Shortage Index (SI) surrogates the

management cost. These objectives are competed to each other. However, instead of combining the objectives using a weighting factor, the planning model generates the non-inferior solutions set by the proposed multi-objective algorithm.

Keywords：Multi-Objective Programming、Genetic Algorithms、Differential Dynamic Programming

二、緣由與目的

水庫在水資源運用上是一項重要的設施，在規劃設計與操作運轉上，都必須有詳盡的考量，才能發揮其預期的功能。近年來，系統分析之發展進步快速，而應用於水資源規劃與營運問題的方法也越來越成熟，但在以往有關於水資源營運或規劃優選模式中，許多學者對於同時考量建置水庫之固定成本與營運之操作成本的問題時，均不能或難以處理 [1]。因此將以微分動態規劃理論為核心，結合具有平行演算結構的高效率搜尋方法-遺傳演算法，建立一新的多水庫多目標優選方法。

三、多目標水資源規劃模式建立

本研究利用多目標遺傳演算法與微分動態規劃發展水資源多目標規劃模式，此規劃模式之目標函數包含建水庫之固定成本與營運之操作成本(操作函數或操作效率)。其中，固定成本為在時間上不可分離的問題，致使微分動態規劃理論無法應用，所以

本模式發展一套新方法解決此問題。本研究將問題分為兩部份進行研究，第一部份為計算固定成本之問題，第二部份利用微分動態規劃理論處理操作成本之問題，藉由兩者的組合搭配解此複雜的問題。

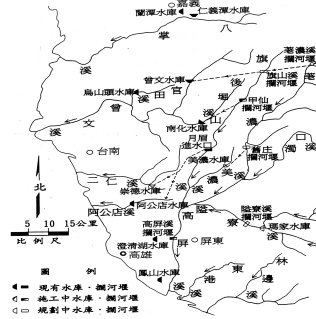


圖 1 南區水資源概況圖

3.1 問題說明

本模式將應用於優選南部區域，雖然本研究區內的水庫為現行營運的水庫，而選定此區的用意乃為驗證本模式的可行性，規劃未來用水需求量大增時，提供水庫容量擴充後營運效益之參考。本研究之模式應用區域為台灣南部地區之曾文溪及高屏溪水系水資源營運概況如圖 1 所示[2]，而本研究區域內現行營運中之供水設施計有曾文水庫，烏山頭水庫，南化水庫三座水庫及甲仙攔河堰、高屏溪攔河堰二座攔河堰。

本問題乃參照圖 1 之水資源概況圖加以簡化設計如圖 2 所示。

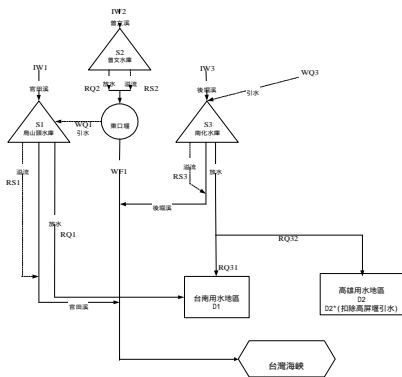


圖 2 簡化之水資源系統架構圖

3.2 模式定義

本水資源優選規劃模式其優選之流程如圖 3 所示，且可表示成如下雙目標之非線性動態優選問題 J ：

$$J = \text{Min}_{\vec{a}} Z(\vec{a}) = \text{Min}_{\vec{a}} (Z_1(\vec{a}), Z_2(\vec{a}))$$

其中 Z_1, Z_2 分別為二個目標函數， \vec{a} 為容量變數(向量)

(a)目標函數一：

$$Z_1 = \sum_{i=1}^N a_i \cdot c$$

\vec{a}_i ：烏山頭、曾文及南化水庫規劃庫容
 c ：單位水庫開發成本(2.62 元/噸) [3]
 N ：水庫總數($N=3$)

(b)目標函數二：

$$Z_2' = SI(\vec{a}') = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{Sh_i(u_i)}{T_i} \right)^2 \vec{a} \right\}$$

$$Z_2 = SI(\vec{a}) = \text{Min} \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{Sh_i(u_i)}{T_i} \right)^2 \vec{a} \right\}$$

$SI(\vec{a}')$ ：在給定庫容(\vec{a}')下之缺水指標

$SI(\vec{a})$ ：在給定庫容(\vec{a})下優選後之缺水指標

$Sh_i(u_i)$ ：(月)缺水量

T_i ：(月)需水量

n ：分析(月)數

對於本問題而言，在二個目標函數中，若直接求解 Z_2' 值，其決策變數有 720 個，決策空間大、計算時間長；而本模式改善上述缺點，作法為優選已知庫容下之缺水指標值 Z_2 ，其決策變數變成僅有 3 個，雖決策空間小，但 Z_2 亦可得到和 Z_2' 一樣的結果，且可節省大量計算時間。

3.3 非劣勢解計算流程

本模式之演算流程見圖 3，本節針對實際模式建立時相關的細節更進一步說明如下[4]：

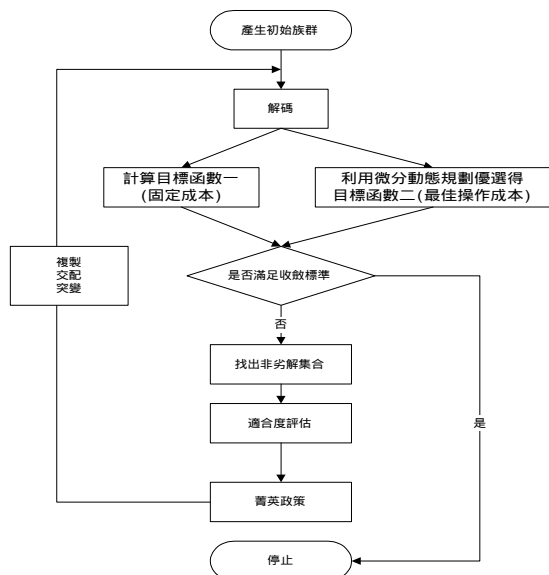


圖 3 多目標水資源規劃模式演算流程圖

Step1：產生初始族群

隨機產生 100 條染色體，每條染色體皆代表一個可能解，即各水庫之規劃庫容，並以二進位編碼組成字串。

Step2：解碼

根據 Step1 每一條染色體之編碼，解為對應之十進位數值，進而求出各個決策變數值。

Step3：計算目標函數

經解碼後分別計算出各染色體之二個目標函數 Z_1 、 Z_2 值。

Step4：非劣勢解集合搜尋

本模式採用窮舉比較法，即所有方案均和其他方案互相比較各目標函數值，完成所有方案之比較後，可得當代之非劣勢解集合。

Step5：適合度評估

將每一可行解經由適合度函數評估出該可行解之適合度，即染色體之適合度，即

任一染色體(可行解)距離任一非劣勢解越近，表示越接近非劣勢解，其適合度越大。

Step6：菁英策略

本模式使用菁英策略以確保最好的染色體不會被遺漏，亦使得每代的最佳解不會造成震盪的情形。

Step7：複製、交配及突變

利用每條染色體之二個目標函數，計算其適合度，並以比較選取法決定族群中可生存下來的染色體，以使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；染色體經由複製後，採用均勻交配的方法以形成新的染色體；同時，為了避免優選限入局部最佳解，訂定在某一機率下選擇性地進行染色體的基因突變。

Step8：收斂標準

在優選所設定的代數中，連續 10 代的非劣解中，每一代和上一代比較，其非劣解變動的百分率低於設定的 5%，相當於連續有 95% 以上不變，我們就可判定此程式達到收斂。

四、優選成果分析

由前面所建立之優選模式，我們可以利用研究區域內的系統進行模式可行性之驗證，為更接近實際狀況，本驗證模式採民國七十六年至八十五年共十年之入流量資料，以民國一百年的需求水量以(月)操作的方式驗證程式的處理能力，優選庫容的區間上限值為現有水庫的 2 倍，而下限值為現有水庫的一半，並以所優選出的庫容分析擴充庫容的效益。

4.1 模式優選結果

上述已說明本模式判斷非劣勢解收斂的標準為連續 10 代非劣解變動的百分率低於設定的 5%，我們就可判定此案例達到收斂。接下來我們將驗證例的收斂過程以圖形示之，圖 4 為其非劣勢解收斂過程示意圖，而圖 5 為其非劣勢解收斂標準圖。由圖 4 可看出非劣勢解的收斂過程從初始代到第 22

代有逐漸內縮的趨勢，且由圖 5 可明顯看出非劣勢解從第 13 代到第 22 代連續 10 代的變動率皆低於本模式所設定標準，因此，本模式確實可行。

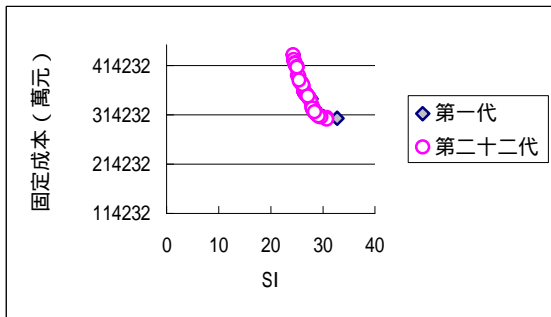


圖 4 非劣勢解收斂過程示意圖

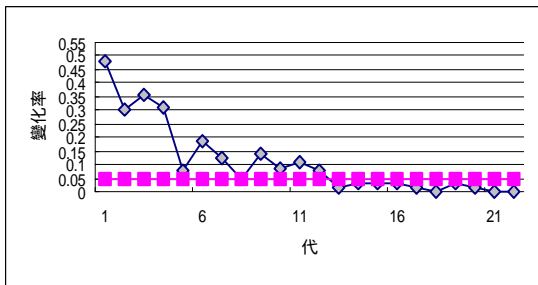


圖 5 非劣勢解收斂標準圖

4.2 優選結果分析

經優選過後，固定成本介於 436859.3(萬元)~305769.3(萬元)，而其所對應之操作成本(SI)則介於 24.28~30.71 之間，接下來本研究將進一步分析操作成本(SI)與固定成本間的關係。

本研究優選出來之非劣勢解集合所針對的是南區民國一百年用水量的需求，由圖 4 中可發現當固定成本增加幅度越多，對降低單位 SI 的貢獻度會越來越小，雖增加固定成本可降低缺水量，但到某一程度後對降低缺水量沒有太大的幫助了。上述現象的主要原因有二，一為增加水庫蓄水容量可大幅提昇水源調配的空間，但因輸水管線容量限制的因素，致使水源輸送受到限制，致使雖水庫有水，輸水量也會有一定程度的受

限；二為水庫在枯水年入流量不足，水庫某些時刻蓄水量不足，使得調配水源吃緊，因而造成缺水情形嚴重。因此，改善此兩種會造成缺水因素的辦法有二，分別為規劃擴充輸水管線容量和增加新水源方案，如加入地下水源聯合調配等以穩定供水。

五、結論

1. 本研究所開發結合多目標遺傳演算法與微分動態規劃優選模式，可同時考量固定成本與操作成本的問題。
2. 本優選模式所設計的案例中，其結果顯示即使盡量擴充庫容，民國 100 年南部地區還是面臨缺水的狀況，所以必須配合其它水工結構物(如管線容量擴充)及新水源方案(地下水開發)以穩定供水。
3. 本模式能提供水資源開發規劃時完整的投資成本與未來營運成本間完整的競爭關係，可為提高水資源規劃效益之良好輔助工具。

六、參考文獻

- [1] 石明輝，基因演算法在水庫多目標操作最佳化之應用，交通大學土木工程研究所碩士論文，民國八十九年。
- [2] 陳義平等，南部區域公共給水水源調配檢討，台灣省政府水利處，民國八十八年。
- [3] 吳惠如，水源開發成本與水價關聯之研究，合理用水與造水技術研討會，pp.41-48，民國八十六年。
- [4] Yeh,Chao-Hsien, "Multiobjective Planning of Regional Stormwater Detention System", Ph. D. Dissertation, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA., 1996.