

國立交通大學

土木工程學系
博士論文

遊憩區專案之開發時序決策模式



研究生：李欣運

指導教授：曾仁杰 博士

中華民國九十五年十二月

遊憩區專案之開發時序決策模式

A Decision Model for the Development Schedule Planning of Recreation Area

研究生：李欣運

Student: Hsin-Yun Lee

指導教授：曾仁杰

Advisor: Dr. Ren-Jye Dzeng

國立交通大學
土木工程學系
博士論文



Submitted to Department of Civil Engineering
College of Engineering
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Doctor of Philosophy
in
Civil Engineering
December 2006
HsinChu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年十二月

遊憩區專案之開發時序決策模式

學生：李欣運

指導教授：曾仁杰 博士

國立交通大學土木工程學系

摘 要

遊憩區開發專案的時程經常長達數十年，其進度規劃決定了設施開發順序、組合及資源運用的效益，進度規劃中各項開發活動皆是專案價值鏈的一環。不當的開發策略與進度規劃將導致遊憩區開發專案的失敗。本研究首先探討主題樂園與渡假村等主要遊憩區類別，從中瞭解遊客與遊憩區設施開發營運的相互關係。此外，本研究考量各活動可為專案帶來之直接及間接期望價值，以專案淨現值判斷進度規劃方案的優劣。並以此為依據，提出整合模擬及遺傳演算法之模式，以模擬分析方式預測各方案之淨現值，並以遺傳演算法決定各期各項設施開發優先性。在遺傳演算法中，各期各項設施開發優先值以基因編碼代表，染色體中各基因值之組成即代表各種可能之開發策略。由於採用多倍體基因結構，因此本研究創新提出應用單位時間對應的交配方式改善了求解效果。進而以所建立之模式進行系統實作，經由案例的測試驗證其模式的良好效益。此模式可提供開發策略供投資者參考，在有限資金下決定各項設施之開發順序，以期提高其價值。

關鍵字： 進度規劃、遊憩區、模擬分析、遺傳演算法

A Decision Model for the Development Schedule Planning of Recreation Area

Student : Hsin-Yun Lee

Advisor : Dr. Ren-Jye Dzung

Department of Civil Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

Most recreation areas are developed in multiple phases over a period of years. The portfolio and the development order of the facilities have a great impact on the attractiveness of a recreation area. Examples of such facilities are attractions, food service, accommodation, and supporting facilities. Some of these facilities although highly profitable, cannot attract visitors on their own, while others may boost the visitor count, yet by themselves do not make a profit. Some of the attractions, like a roller coaster, provide direct income; while some facilities, like roads, may not yield direct revenue but instead facilitate the smooth operation of the facilities that bring income. This research considers the value that the development of each facility brings to the project, and prioritizes feasible development plan alternatives based on their net present values. The proposed simulation model applies genetic algorithm to search the optimal portfolio and development order of facilities, and identifies the resources needed for each development phase. The resulting plan provides investors with systematic and quantitative information that will help them achieve more profits and reduces the risk of losing attractiveness or lacking resources due to poor planning.

Key words: Scheduling, Recreation Area, Simulation, Genetic Algorithms

誌 謝

感謝指導老師曾仁杰教授，在研究上的指導以及待人處事方面的教誨。曾老師對學生總有著無限的熱忱與耐心，身為您的學生使我深感榮幸，在此獻上內心最誠摯的謝意與敬意。

在交大的這幾年，承蒙黃玉霖老師、王維志老師、黃世昌老師、楊錦釗老師及洪士林老師的照顧，使我在這個校園裡能有所成長與收穫，今後必以身為交大土木系的一份子為榮。此外，更要感謝李晶老師、曾惠斌老師、黃榮堯老師、蘇成田老師及劉福勳老師，在論文研究及口試期間給予的寶貴建議，使學生的研究論文得以改進與補正。

感謝劍湖山世界的游國謙先生與蕭伯勳先生，兩位遊樂園業界的前輩毫無保留地提供了許多的實務經驗與研究上的協助。也感謝台糖公司、退輔會高雄農場以及屏東 8 大森林博覽樂園，提供了開發個案的經驗與資料。

攻讀博士學位的日子裡，包括洪嘉聰伉儷、李健銘伉儷、莊英略、周蒔霏、謝斌麒、林於震、歐陽恬恬、洪建育、蔡佳真以及其他的好友們給予鼓勵與協助，留下的美好回憶讓我成長了許多，也能突破每一個瓶頸與困境，擁有你們的友情使我感到自己是如此地幸運，在此致上最大的謝意。

最要感謝的是我的家人。爸爸、媽媽、佩穎與佩瑾，以及牽手佑貞與寶貝兒子，謝謝你們站在我的生命道路上給予我無盡的溫暖支持。

目 錄

頁次

中文摘要	i
ABSTRACT	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vii
圖目錄	viii
一、 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究方法與流程.....	3
1.5 論文架構.....	3
二、 文獻回顧.....	6
2.1 投資專案決策與規劃最佳化.....	6
2.1.1 多目標決策模式.....	6
2.1.2 專案資源限制排程.....	7
2.1.3 決策樹與實質選擇權整合模式.....	8
2.1.4 專案投資排序與組合模式.....	10
2.2 遺傳演算法.....	12
2.2.1 遺傳演算法的基礎架構.....	12
2.2.2 多倍體結構.....	14
2.3 模擬分析與遺傳演算法之整合.....	17

三、	遊憩區開發專案探討.....	18
3.1	遊憩區開發專案的特性.....	18
3.2	遊憩區開發策略與進度排程的特性.....	20
3.3	主題樂園與渡假村之探討.....	21
3.3.1	主題樂園.....	21
3.3.2	渡假村.....	24
3.3.3	主題樂園與渡假村之比較.....	27
3.4	遊憩區開發進度規劃之問題與假設.....	29
四、	模擬分析網路.....	31
4.1	網路架構.....	31
4.2	作業與資源.....	32
4.2.1	實際作業與實際資源.....	32
4.2.2	虛擬作業.....	34
4.2.3	虛擬資源.....	35
4.2.4	作業與資源的性質與關係.....	36
4.3	作業執行價值與專案開發策略.....	37
五、	模式建構.....	39
5.1	模式流程.....	39
5.2	多倍體遺傳演算應用.....	44
5.3	系統實作.....	46
5.3.1	系統架構.....	47
5.3.2	系統功能與介面.....	48
六、	案例測試與驗證.....	55
6.1	模擬網路建構.....	55
6.1.1	專案背景資料.....	55
6.1.2	模擬網路.....	62

6.2	模式效益比較與改進.....	66
6.2.1	模式效益.....	66
6.2.2	導入「單位時間對應交配」之助益.....	68
6.2.3	與作業排程直接演算之比較.....	69
6.2.4	與專家排程的比較.....	70
6.3	隨機性與脫離最佳解之確認.....	72
6.3.1	考量作業與資源的隨機性.....	72
6.3.2	避免落於局部最佳解.....	73
6.4	分批資金投入與設施分期擴建之案例測試.....	73
6.4.1	案例變更項目.....	74
6.4.2	模式再測試結果.....	74
七、	結論、貢獻與建議.....	77
7.1	結論.....	77
7.2	研究貢獻.....	78
7.3	未來發展建議.....	79
參考文獻	80

表 目 錄

表 1	專案投資決策或進度規劃之應用方法比較.....	11
表 2	不同種類之專案規劃比較.....	20
表 3	一般常見的主題樂園設施項目.....	22
表 4	Stroboscope 模擬分析架構的主要元件.....	32
表 5	假設案例的設施項目.....	56
表 6	假設案例的作業與資源關係.....	59
表 7	AVO-PLAN 與專家的排程成效差異.....	71
表 8	多重確認全區域最佳解的結果.....	73



圖目錄

圖 1	研究流程圖.....	4
圖 2	兩期間專案投資決策樹選擇權模型圖.....	9
圖 3	單倍體、多倍體及複合式染色體示意圖.....	15
圖 4	主題樂園設施與遊客的相互關係.....	21
圖 5	渡假村的分類.....	25
圖 6	渡假村設施與參與者的相互關係.....	26
圖 7	雲霄飛車設施的模擬分析網路.....	33
圖 8	資源之啟動作業與產出關係說明例.....	37
圖 9	AVO-PLAN 模式流程圖.....	40
圖 10	$T = 0 \sim m$ 時優先值組的多倍體基因編碼.....	43
圖 11	多倍體基因結構的機會均等式交配.....	45
圖 12	多倍體基因結構的單位時間對應交配.....	46
圖 13	系統結構.....	47
圖 14	專案資料輸入與參數設定畫面.....	48
圖 15	專案使用資源之編輯畫面.....	49
圖 16	設施與作業之編輯畫面.....	50
圖 17	資源供需編輯畫面.....	51

圖 18	Stroboscope 計算淨現值.....	52
圖 19	Stroboscope 模擬各 Activity 的執行情況.....	53
圖 20	AVO-PLAN 執行模擬與遺傳演算.....	54
圖 21	假設案例的模擬網路(1/4).....	62
圖 22	假設案例的模擬網路(2/4).....	63
圖 23	假設案例的模擬網路(3/4).....	64
圖 24	假設案例的模擬網路(4/4).....	65
圖 25	AVO-PLAN 之求解曲線.....	66
圖 26	AVO-PLAN 所提出之進度網圖規劃方案.....	67
圖 27	「單位時間對應交配」對收斂曲線的影響.....	68
圖 28	AVO-PLAN 模式與作業排程直接演算之比較.....	70
圖 29	AVO-PLAN 模式與納入隨機性之求解曲線比較.....	72
圖 30	案例變更後的 AVO-PLAN 求解曲線.....	75
圖 31	案例變更後 AVO-PLAN 進度網圖規劃方案.....	76

一、緒論

1.1 研究動機

遊憩區開發的專案時程經常長達數十年，而且眾多的開發興建設施必須投入龐大的資金、土地等資源。開發專案規劃的流程通常交由顧問公司或規劃設計公司進行：(1)專案可行性評估以及開發量體推估；(2)開發興建設施與配置的初步設計；(3)分期分區開發進度與財務計畫；(4)細部設計開發興建設施的內容。其中「分期分區開發進度與財務計畫」即是專案的開發策略，將決定專案的短中長程開發順序與進度，以及資金、土地等資源運用的效益。

不當的開發策略與進度規劃將導致遊憩區開發專案的失敗。以歐洲迪士尼樂園為例，在開幕後十八個月內已經損失了十億美元。直至 1993 年 12 月，開幕不到兩年的時間內，歐洲迪士尼樂園卻耗盡所有的現金並需再借貸一億七千五百萬美金才能維持其營運，三個月後又再度面臨需要關閉的危機 [吳佩芬 1998]。華德迪士尼公司將過去經營迪士尼樂園的經驗，錯誤地運用在歐洲迪士尼樂園上，歸結其在開發策略上有二項重大錯誤：由於巴黎的冬天非常寒冷且多雨，大大降低遊樂對戶外遊樂設施的參與意願；此外，即使在寒冷的冬天，預期遊客量會減少的情況下，管理單位還是不斷的推出過多的表演節目與遊樂設施，結果浪費更多的資金。

經由歐洲迪士尼樂園案例可以得知，專案開始執行前的策略與進度規劃非常地重要。在漫長的專案開發時程中，各項設施的興建成本及營運效益包含著不斷變動的風險；設施之間也經常存在互相提供資源使用的關係（例如遊樂設施的增加必須有充足停車位的支援）。由於必須同時考慮許多的變動因子，規劃者很難在眾多可能的設施與進度組合中找出最佳的開發策略。因此，規劃者需要針對開發時序的決策輔助，清楚了解各項變動因子對專案收益的影響，並且協助規劃者迅速簡易地得知各種進度規劃組合的效益，進而能順利地尋找到最佳的開發策略。

1.2 研究目的

本研究之目的是建立一個開發時序決策模式，專案投資規劃者將各設施開發的作業時程、成本與收益及資源使用關係輸入模式，經由模擬分析預測專案的整體收益，並且從各種進度規劃組合中自動試算並搜尋最佳的開發策略，以作為規劃者的參考。如此一來，遊憩區設施開發決策的複雜性得以克服。本研究擬以下列方式來達成上述目的：

- (1) 探討遊憩區開發專案的特性、設施的種類與性質、開發策略與進度排程的特性、設施的資源供取與效益。
- (2) 建構遊憩區開發專案的模擬分析網路模式，使各種遊憩區設施的規劃設計、興建、營運等作業得以充分表現其作業性質與相互關係。
- (3) 整合多倍體遺傳演算法 (polyploidy based genetic algorithm) 與模擬分析建立一個決策模式，用以尋找最佳淨現值 (NPV, Net Present Value) 的專案策略與進度規劃，提供給專案投資者與規劃者作為決策的參考。

1.3 研究範圍

本研究之研究範圍主要針對以投資效益最佳化為主要目標的遊憩區開發專案，若屬政府或非營利機構以提供大眾休憩而不以營利為目的之遊憩區開發，則不在研究範圍之內。此外，本研究所稱遊憩區開發專案係指長期投資開發的遊憩區而言，為單一活動慶典所設立的遊憩場所（例如宜蘭國際童玩節），則不在研究範圍之內。

1.4 研究方法與流程

本研究預定之研究流程如圖 1 所示，以「遊憩區開發專案策略與進度之規劃模式」為研究目標，首先進行「相關文獻回顧」及「遊憩區開發專案探討」等相關工作，再據此建構模擬分析與遺傳演算法之整合模式，進而透過測試案例及實際案例了解模式運作成效，過程中不斷修正模式，最後提出結論與建議。

1.5 論文架構

本研究論文共分作七章，架構如下：

第一章 緒論：本章主要敘述研究動機、研究目的、研究範圍、研究方法與流程，並且說明論文架構。

第二章 文獻回顧：本章首先彙整投資專案決策與規劃最佳化的相關研究文獻，比較分析其是否適用於遊憩區開發專案。再進一步探討模擬分析與遺傳演算法之整合的相關研究文獻，從中擷取適用本研究之優點。此外，本章敘述多倍體結構之遺傳演算法的特性與應用發展。

第三章 遊憩區開發專案探討：本章首先探討遊憩區開發專案的特性，並分析其開發策略與進度排程的特性。進而針對主題樂園與渡假村等二種較為常見的遊憩區進行探討。最後針對遊憩區中設施的供需與效益提出分析。

第四章 模擬分析網路：本章為遊憩區開發專案建構模擬分析網路架構，說明實際作業、實際資源、虛擬作業、虛擬資源以及作業與資源之間的關係，進而從中建立以優先值為依據的作業執行價值與專案開發策略模式。

第五章 模式建構：本章敘述 AVO-PLAN 模式的流程，並且應用 Visual Basic 與 Stroboscope 完成系統實作，說明系統的開發與功能介面。

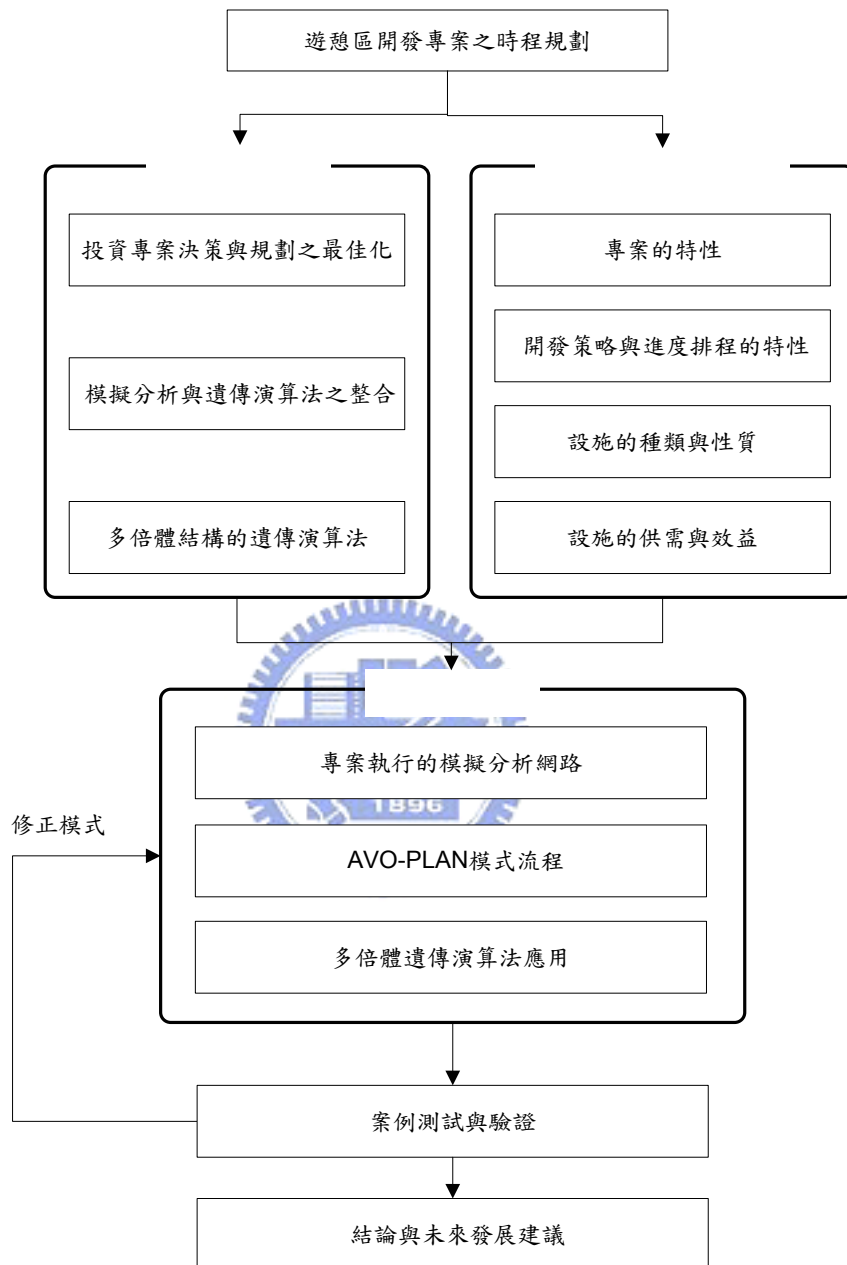


圖 1 研究流程圖

第六章 案例測試與驗證：本章以假設案例測試與驗證模式的效益，探討多倍體遺傳演算法所能帶來的助益，並且將本研究的 AVO-PLAN 與作業排程直接演算、人類專家排程進行比較分析。

第七章 結論與建議：本章歸結本研究為遊憩區開發規劃所提供的效益，並且提出未來可能的研究發展方向。



二、文獻回顧

本章首先彙整投資專案決策與規劃最佳化的相關研究文獻，比較分析其是否適用於遊憩區開發專案。再進一步探討模擬分析與遺傳演算法之整合的相關研究文獻，從中擷取適用本研究之優點。此外，本章敘述多倍體結構之遺傳演算法的特性與應用發展。

2.1 投資專案決策與規劃最佳化

過去有許多在投資專案決策與規劃最佳化方面的研究，與本研究求解問題較為相關的包括有多目標決策模式、專案資源限制排程、決策樹與實質選擇權之整合模式、專案投資排序與組合模式等四類。

2.1.1 多目標決策模式

多目標理論之起源 Koopmans 提出有效向量之觀念 [Koopmans 1951]，以及 Kuhn 與 Tucker 應用向量最大化方法導出有效解(Efficient Solutions)之最適條件後，多目標決策便被廣為應用 [Kuhn and Tucker 1951]。多目標決策方法主要根據所選取之決策變數，建構所欲達成之目標函數（線性或非線性），再利用數學求解方法（非劣解、近似解或最佳解）求得所需之解 [鄧振源 1992]。

過去也有一些多目標理論應用在排程規劃上的研究，例如謝定亞與劉馨隆針對公共工程建設計畫提出了時序性組合規劃模式。該研究針對投資程序中的評估與優選階段，並根據公共工程建設投資組合問題的多目標、多屬性、時序邏輯、資源限制等特性，建立一數學規劃之問題模式 [Hsieh and Liu 1997] [劉馨隆 2000]。

該研究以下列三項為公共工程建設計畫的求解目標：

- (1)完成的專案效益總和愈大愈好

(2)每年預算剩餘愈少愈好

(3)專案愈早完成愈好規劃目標

該研究應用遺傳演算法求解，將各作業在各單位時間是否被執行的情況以基因編碼表示（執行為 1，不執行為 0），合成一案例染色體。每個染色體便代表一組解，以適存值代表解的優劣，而適存值則由目標函數與懲罰函數所構成。經由子代繁衍汰弱留強後，逐漸尋找適存值趨近於最優的個體，便以該個體的染色體基因編碼作為該專案作業排程的較佳解。

該研究所提出的模式有二個重要假設：(1)各子專案彼此獨立 (2)作業不可分割或部分完成。但是對於遊憩區開發專案而言，各項設施的興建或營運常與其他設施有關連，而且設施的興建或營運也會有斷斷續續進行的可能性，因此該模式較不適用於遊憩區開發專案。

2.1.2 專案資源限制排程

專案資源限制排程方法自 1960 年代起即有許多相關之研究，一類是最佳解法，另一類是資源限制排程啟發解法。最佳解法又可分整數規劃(Integer Programming)、周界列舉法(Bounded Enumeration)、分枝界限法(Branch and Bound)、窮舉法(Implicit Enumeration)等四種，這些方法雖可求解最佳之資源限制排程，但皆無法求解太大的問題，經研究證實，此類解法之解題限制為五十個作業項目及三種資源 [Talbot 1978]。

另一類啟發式解法雖不能求得最佳解，然而其卻能簡單而有效率的提供一近似解。各種啟發式解法的比較可參閱 Alvarez-Valdes 與 Tamarit 的彙整分析 [Alvarez-Valdes and Tamarit 1989]。專案資源限制排程之近似解法，多先不考慮資源之狀況，依傳統 CPM/PERT 之時程分析方法決定要徑、各作業項目之浮時及最早開始時間，再以經驗法則(Rules of Thumb)決定數學化之準則(Mathematical Criteria)，亦所謂之權重法則(Priority Rule)，作為逐次加入排程之依據，例如最短工作法則(Shortest Imminent Operation)係為工作時間越短之作業項目其權重越小。與專案排程的收益最

佳化有關的研究有 Abbasi 與 Arabiat 所提出的專案效益最大化之啟發式解法 [Abbasi and Arabiat 2001]。該研究整合作業最晚開始時間最小化(minimum late start)與最短工作法則等二種權重法則，求以專案 NPV 值最大化為目標的專案排程。

此外，也有應用遺傳演算法求其專案資源限制排程的較佳解 [Gen and Cheng 2000] [Leu and Hwang 2002]。該研究賦予每個作業一個排序值，以排序值的降冪排列為作業的順序，並經由遺傳演算法求其作業間順序排程的較佳解。但總歸而言，本節所述這些專案資源限制排程的方法都未能考量作業選擇的問題(即未必全部的作業都必須執行)，僅能就指定的作業與資源求解。

2.1.3 決策樹與實質選擇權整合模式

譚兆平以決策樹的形式將實質選擇權 (real options) 應用於休閒產業投資風險管理決策上 [譚兆平 2000] [譚兆平 2001]。該研究建構一休閒產業專案投資實質選擇權決策模型，該模型決策樹上的每一決策點皆隱含有等待 (遞延) (Option to Defer)、擴張 (成長) (Option to Expand)、緊縮 (Option to Contract) 和放棄 (Option to Abandon) 等四種主要類型的選擇權。該研究首先以開發濱海區為案例，建構單期間專案投資決策樹選擇權模型，再將其延伸分為開發濱海區與開發國際旅館等兩期間的決策樹展開，如圖 2 所示。決策樹的風險因子為內部控管成效 (佳或不良) 以及遊客量 (多或少)。該決策樹模式所計算出期望值為專案完成的 NPV' ， NPV' 包含了專案應有的淨現值 NPV 以及選擇權價值。

另外，沈勁利建構了彈性決策評估模式去瞭解多重彈性決策的價值 [沈勁利 1999]。該研究列出計畫中的各項彈性決策項目，區分各彈性決策項目之性質，先計算單一彈性決策價值，進而計算出計畫總投資價值。該研究將模式應用於公共工程 BOT 專案，針對其延遲興建、縮減規模、擴充規模、中止計畫等 4 項單一投資決策作評價，進而針對 4 項投資決策整合考慮時的多重彈性決策作評價，以使投資者可從中找出最有利的方案進行投資。

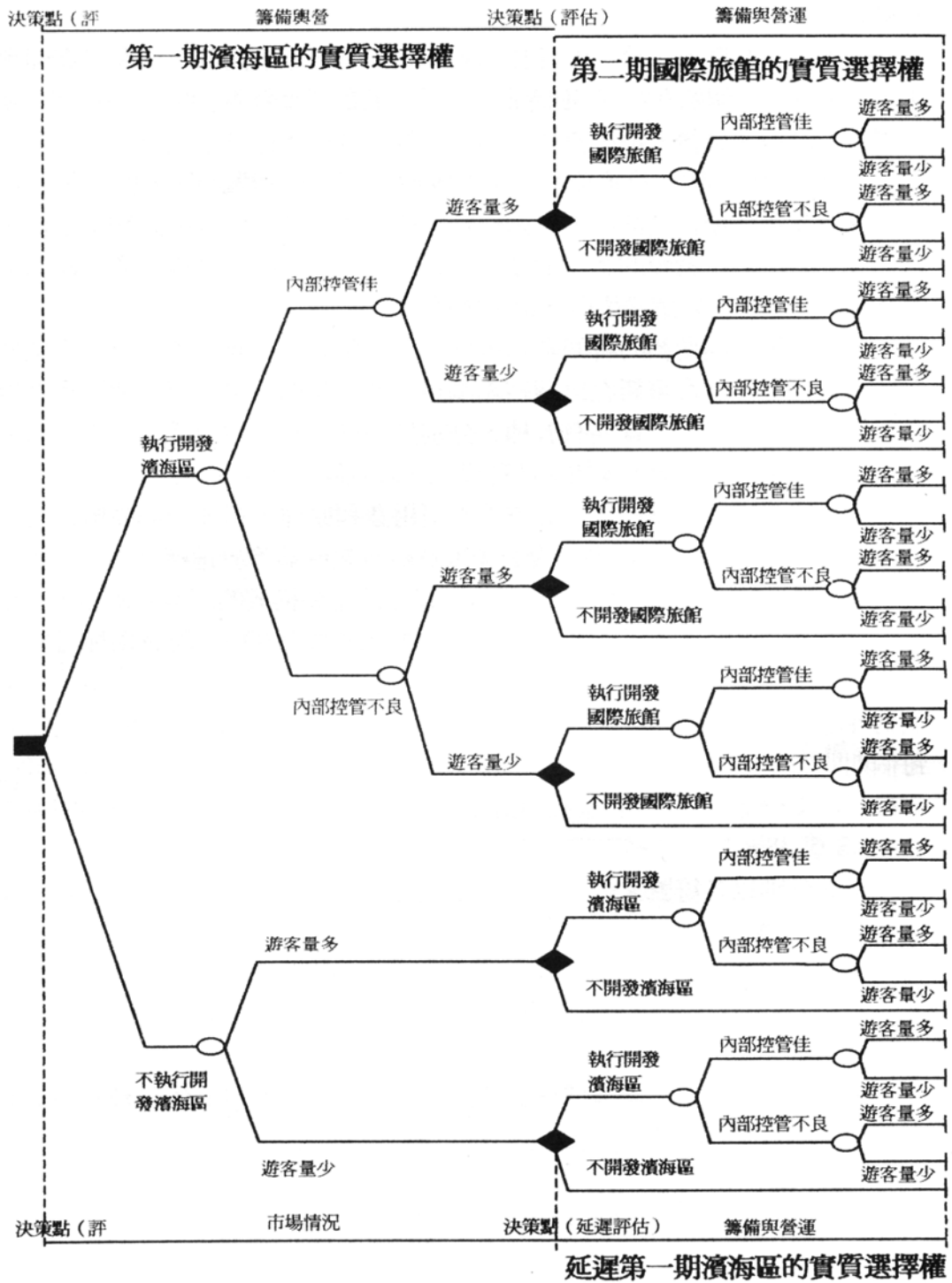


圖 2 兩期間專案投資決策樹選擇權模型圖 [譚兆平 2001]

上述這二種決策樹與實質選擇權之整合模式，雖然可以考慮決策改變對專案價值的影響，但是決策樹的形式並不能完全表達遊憩區開發專案各項因子的變動可能性（例如興建停車場的成本可能呈現一個機率分佈）。以圖 2 譚兆平引用的個案為例，在只分兩期間並且只考慮內部控管與遊客量二項變動因子的情況下，決策樹展開的可能結果就有 30 種。遊憩區開發專案的時程長達數十個月甚至數十年，各設施的規劃設計、興建安裝、營運作業所包含的變動因子可能數以百計，實難以決策樹完整表達與進行專案規劃工作。

2.1.4 專案投資排序與組合模式

Humphrey 曾針對美國洲際高速公路興建的優先順序，整合既有的一些模式建構了一個評選系統 [Humphrey 1981]。他將評選的因子分為可量化（quantifiable）與不可量化（nonquantifiable）二大類，將各高速公路興建專案的評選因子加權總分作為排定興建優先性的依據。雖然該評選系統可以考慮各種因子的影響程度來排序出優先性，但卻不能提供各項目興建的進度規劃。

此外，Ghasemzadeh and Archer 則是建立多項目的投資組合決策輔助系統 [Ghasemzadeh and Archer 2000]。各投資項目的效益評估依據是完成時的淨現值 NPV，系統的目標函數即是組合中各投資項目的效益總和值，在專案的限制條件下，採用 0-1 整數線性規劃（0-1 ILP）模式尋求目標函數值的最佳化。由於該系統是在所有投資項目執行時程固定的條件下，去評選出最佳的投資組合，並未考慮投資項目執行時程可移動時的可能情況。

如表 1 比較結果所示，上述幾種模式皆有其不適合應用於遊憩區開發專案的因素，大抵上是因未能完全符合遊憩區開發專案的投資項目眾多且互相關連、時程極具彈性等重要特性。為求建構更適用於遊憩區開發專案特性的規劃模式，本研究以模擬分析方式去預測各種開發項目組合與進度排序的執行結果，再從中尋找出最佳效益的方案。由於可能的策略方案非常多（包含開發項目的組合變化以及各項目執行時程的變化），最佳化的方式則選以多倍體遺傳演算法，經過世代繁衍汰弱留強，找出淨現

值最大的策略方案。因此，本研究先以模擬分析方式去預測各種開發項目組合與進度排序的執行結果，再從中尋找出最佳效益的方案。由於可能的策略方案非常多（包含開發項目的組合變化以及各項目執行時程的變化），最佳化的方式則選以多倍體遺傳演算法，經過世代繁衍汰弱留強，找出 NPV 最大的策略方案。

表 1 專案投資決策或進度規劃之應用方法比較

應用方法	相關研究舉例	應用於遊憩區開發專案之困難處
多目標決策模式	公共工程建設計畫時序性組合規劃模式 [劉馨隆 2000]	未考量遊憩區開發專案各項設施的資源供取關連性以及作業分割間斷執行。
專案資源限制排程	專案效益最大化啟發式解法 [Abbasi and Arabiat 2001] 應用遺傳演算法求專案資源限制排程的較佳解 [Leu and Hwang 2002]	未考量作業選擇的問題，而將全部作業都視為必須執行。
決策樹與實質選擇權整合模式	休閒產業專案投資實質選擇權決策模型 [譚兆平 2000] 彈性決策評估模式去瞭解多重彈性決策的價值 [沈勁利 1999]	遊憩區開發專案的時程長且變動因子繁多，難以決策樹完整表達與規劃評估。
專案投資排序與組合模式	美國洲際高速公路興建優先順序評選系統 [Humphrey 1981] 多項目投資組合決策輔助系統 [Ghasemzadeh and Archer 2000]	不能提供各項目興建的進度規劃，僅能排出優先順序。

2.2 遺傳演算法

2.2.1 遺傳演算法的基礎架構

遺傳演算法自 John Holland 於 1975 年開始發展後 [Holland 1975]，便逐漸在各領域被廣泛應用（例如限制性或非限制性最佳化、排程與排序、交通運輸規劃、可靠度最佳化、人工智慧等等） [Goldberg 1989] [Gen and Cheng 1997]。其主要的理論基礎來自於達爾文的進化論「物競天擇，適者生存」，生物初代母體面對環境的條件狀況會使適應力較好的個體存活下來，並且有機會能繁衍下一代。若將演化過程應用至問題求解，經由各代之間進行交配與突變個過程將可協助搜尋到近似最佳解甚至為最佳解。

一般遺傳演算法的主要步驟包括了(1)編碼 (2)初始化 (3)設定適存值 (4)複製與選取 (5)交配 (6)突變：



1. 編碼 (coding)

遺傳演算法會針對問題的特性將可能解進行編碼，一般常見編碼方式包括二進位編碼 (Binary)、實數編碼 (Real number) 及順序 (Order) 性質編碼方式。

2. 初始化 (initialization)

初始化主要就是根據編碼的形式，以隨機方式產生 n 個基因字串的起始解（即初代母體），作為後續世代繁衍的基礎，一般是自可能解中隨機選取產生。起始解的優劣將對於子代的繁衍收斂有相當大的影響，若產生的起始解愈好，則愈容易找到最佳解。

3. 設定適存值 (evaluation)

適存值 (fitness) 係用以判定該個體的優劣，作為尋找最佳解的依據。適存值愈高的解代表具備較優良的基因，未來繁衍保留下來的機率將相對較高。

4. 複製與選取 (reproduction and selection)

遺傳演算法中的複製與選取則是依據達爾文「適者生存，不適者淘汰」的原理而進行的。個體複製繁殖的機制依選取方式有所不同，一般常見的選取方式為俄羅斯輪盤法 (Roulette wheel selection)，其主要觀念就是當將母代各染色體之適存值依照比率計算後，則可繪成一個圓形輪盤用以隨機射選。如此，適存值大的染色體將會比較容易被射選中。

5. 交配 (crossover)

交配的主要觀念就是提供一個機制能使訊息得以交換。遺傳演算法模仿自然生物的交配過程，使兩個可能解的染色體字串互換，以產生出兩組新的染色體字串。一般單倍體遺傳演算法的交配方式包括單點式交配 (one-point crossover)、雙點式交配 (two-point crossover)、機會均等式交配 (uniform crossover)。一般經由交配的過能將有可能使得能演算搜尋到最佳解的時間減少。

6. 突變 (mutation)

遺傳演算法模仿自然生物的突變行為。讓可能解的交配繁殖過程中有某一機率的可能性發生基因的隨機改變。突變行為能避免求解空間的收斂過於快速 (premature convergence) 而導致落於局部最佳解。但是，若突變的機率過大時，則會使求解空間波動幅度過大無法收斂。

7. 求解曲線的收斂

在遺傳演算法的求解過程中，以可能解的適存值變化趨勢為依據，若是適存值持續經過數十代仍為穩定值，則可判定為已收斂至近似最佳解。

2.2.2 多倍體結構

傳統的遺傳演算法通常都使用單倍體 (haploidy) 的基因結構，單維的基因編碼內容所能表達的解決方案受到極大的限制。真實世界中許多問題都是多期間、多步驟或多情境的，採用多倍體 (polyploidy) 的基因結構將能表達與尋找到更切合實際的問題解。

多倍體基因結構是由多條染色體所組合而成的基因。複雜的生物體大都具有雙倍體或多倍體結構 [Dumitrescu, Lazzerini, Jain, Dumitrescu 2000]，例如人類的基因是雙倍體結構 (diploidy)，共有 23 組。事實上，多倍體的基因結構在自然界的生物中是相當常見的，包括雙倍體、三倍體 (triploid) 等。圖 3 為單倍體、多倍體及複合式染色體 (multiple chromosome) 的示意圖。單倍體基因結構一般僅作為表現生物型態 (例如膚色) 的用途，多倍體基因結構則可視為數個單倍體基因的組合。

僅就表現生物型態的用途上而言多倍體基因結構是多餘的基因資訊，但其主要目的是為了提供生物個體在不同情況下有不同的生物變化。因為多倍體基因結構為提供了多種的表現型 (phenotype) 或可採取之行為，讓生物個體可以隨環境變化而執行不同的生存策略。另一方面，多倍體基因結構依然遵守十九世紀孟德爾所提出的基因顯性機制，意即在同一時間裡多倍體基因只有其中一條染色體會作為生物個體的表現型 [Wu and Sun 2002]。至於在何時選擇哪一條染色體作為表現型則由另外的調節基因所控制。基因內所內含的多種表現型可使生物個體隨環境變化而執行不同的生存策略。例如有些植物會隨著季節時遷的氣候變化，由調節基因從自己的多倍體基因結構中採選適合的一條染色體作為個體的表現型，使自己能適應外在環境的變化而生存

下來。又例如，大腸桿菌處於有乳糖的環境裡，調節基因便指揮大腸桿菌產生三種酵素以吸收分解乳糖。

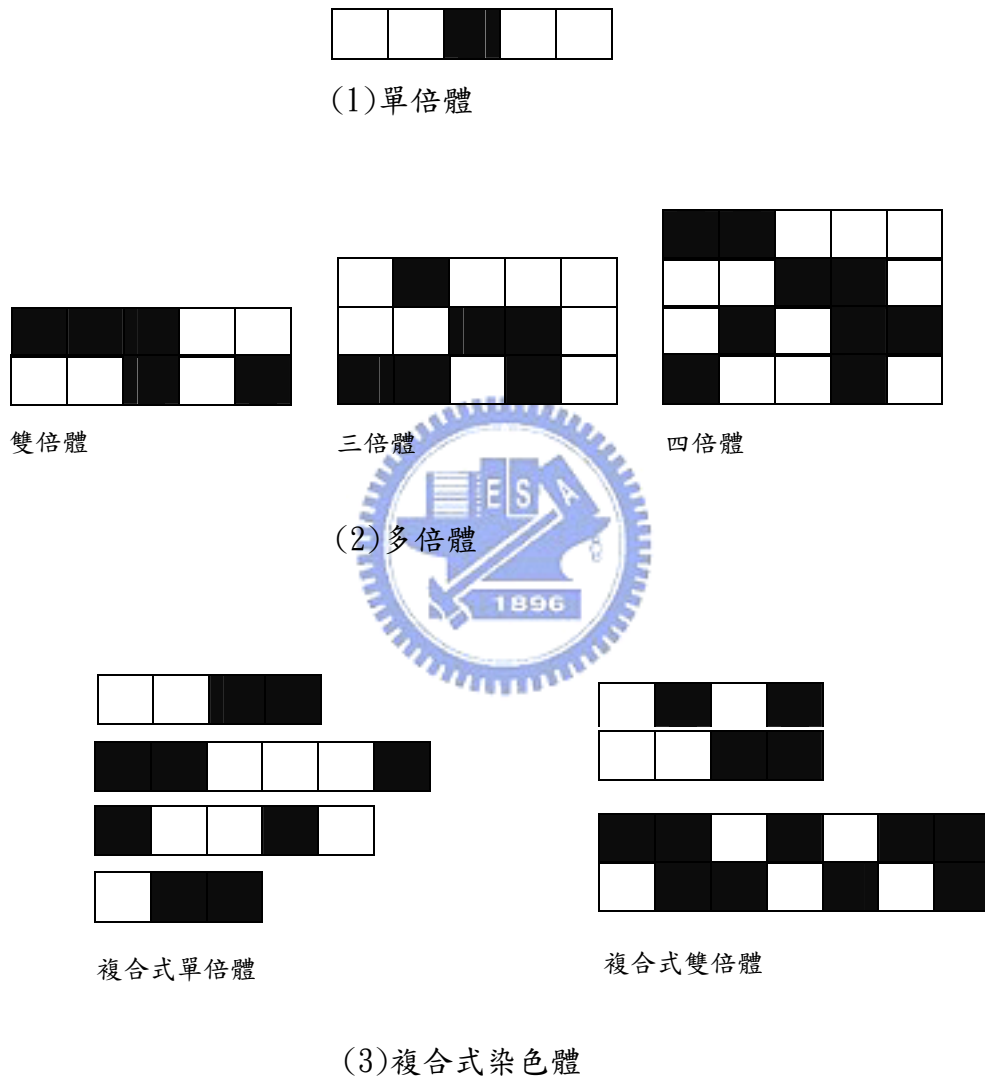


圖 3 單倍體、多倍體及複合式染色體示意圖 [Wu 2002]

根據上述的多倍體基因結構特性，一般可應用在解決多種狀態或多組參數的複雜問題。Collingwood 等人透過尋找問題最佳解的過程，比較分析多倍體與單倍體遺傳演算法的成效差異，發現多倍體基因結構由於保留了更多的資訊，對於相同的問題比單倍體遺傳演算法有更大的機會可以找到較好的解 [Collingwood, Corne, and Ross 1996]。

目前已有許多應用多倍體遺傳演算法建構求解模型的相關研究。例如，吳明達與孫春在多倍體基因結構應用在 membership functions' structure 以建構出幾種典型模糊模式的模糊值域 (fuzzy dominance) [Wu and Sun 2002] [Wu 2002]。該研究發展了一結構調適的模型，並將傳統的單倍體遺傳演算法延伸為多倍體。結構調適模型主要包含了結構的複雜化，結構的精簡化與結構的自我演化等概念。該研究同時發展了結構延展、結構縮減與結構強制同型等遺傳運算模式，以及兩個控制多倍體表現型的方法，控制基因與顯隱性函數。此外，該研究以三組實驗（包括多狀態的背包問題、多狀態的函數最佳化問題與模糊控制器的自動學習等）來測試所提出的多倍體與結構調適的模型。實驗結果驗證了所提出的模型不僅可以有效的解決多狀態問題，也可以演化出合適的多倍體結構，兼具效能與效率上的優點 [Wu 2002]。

此外，王聖元與馮重偉將雙倍體結構的遺傳演算法應用在以時程為基礎之動態設施配置 [王聖元 2002]。該研究將設施配置問題以專案的時程為基礎，依據設施與作業之關係及其產生的變化，建立一以時程為基礎的動態設施配置模式，並利用遺傳演算法來求解。

本研究所求解的遊憩區設施開發時序問題具有多期間、多步驟的特性。各設施的規劃設計、興建、營運所具有執行價值，將隨時間而有所不同。因此，可應用多倍體基因的各條染色體以劃分各時點的作業優先值，以時點的不同為調節依據，讓各作業在不同時點以不同條染色體作為該作業優先值的表現型。

2.3 模擬分析與遺傳演算法之整合

模擬分析與遺傳演算法的整合模式已在各領域中陸續被提出應用，主因是這些整合模式在找尋最佳方案時能有良好的成效。以營建工程方面為例，Cheng 與 Feng 整合了模擬分析軟體 CYCLONE 與遺傳演算法，發展了 GACOST 系統 [Cheng and Feng 2003] [Cheng, Feng and Hsu 2006]。該研究設計一組基因長度為模擬分析網路中待命資源 (Queues) 數量的染色體，而每個基因編碼值即是待命資源的可使用量。每一條染色體皆能由模擬分析過程得知專案的資源使用效益，再經由遺傳演算法不斷繁衍子代，為營建工程使用資源尋找較佳的配置管理組合，提供工程管理者一個施工效益分析與最佳化的輔助工具。

另外，Marzouk 與 Moselhi 整合模擬分析與遺傳演算法建構一個估算開挖工程時程與成本的系統 [Marzouk and Moselhi 2002]。該研究以染色體來描述一組開挖工程機具隊，每個基因編碼即代表各種不同的機具設備的數量。染色體所描述的機具組合透過模擬分析可得知開挖工程所需的時程與成本，再經由遺傳演算法尋求效益較佳的工程機具組合。

遊憩區開發專案與其他應用問題的比較可知，相同之處在於兩者皆存在許多不確定因素，許多數據呈現機率分佈型態（例如門票收入）；不同之處在於以間接求解的方式來規劃開發專案的進度排程。因此，本研究有別於其它研究之處係以作業的執行價值作為開發時序的準據，並不直接將每項開發作業的開始與結束時間編寫在基因編碼中，取而代之的是在各單位時間中各項開發作業被執行的優先值。此外，各單位時間的作業優先值各自成為一條染色體，所有單位時間的作業優先值組合成多倍體基因結構，比其它研究僅以單條染色體（單倍體基因）更具有結構化的表達。

三、遊憩區開發專案探討

本章首先探討遊憩區開發專案的特性，並分析其開發策略與進度排程的特性。進而針對主題樂園與度假村等二種較為常見的遊憩區進行探討。最後針對遊憩區中設施的供需與效益提出分析。

3.1 遊憩區開發專案的特性

遊憩區開發專案為土地開發專案的其中一類，專案的時間時常會長達數十年。因此，遊憩區開發專案需要有詳細的可行性分析（包含開發構想與組合）以及整合性的產品規劃（包含設施的形式與遊客活動設計），方能規劃專案的開發時程計畫。基於其休閒遊憩之專門用途，興建設施的種類與成本效益模式，與一般土地開發專案的租售或自營也有所不同，主要的特性包含如下：

1. 持續投入龐大資源

遊憩區開發專案需要大量的資源，包括資金、土地人力等。例如美國洛杉磯的 Magic Mountain 佔地 105 公頃，日本東京 Disney 園區共 83.6 公頃，美國佛羅里達州迪士尼樂園佔地更多達 4,400 公頃 [謝其森 1998]。若以度假村型態的遊憩區而言，一個典型的高爾夫球場度假村需要 57~71 公頃的土地 [Mill 2001]。

此外，遊憩區開發專案也需要投資鉅額的資金去興建遊樂設施，例如台灣劍湖山世界的「衝瘋飛車」的興建成本約 4.5 億，其他遊憩區的雲霄飛車興建成本也與此相近。若以一個高級的高爾夫球場而言，其建造成本約為 1.2 億~2.5 億之間，約佔整個度假村總建造成本的 10%~12% [Mill 2001]。龐大人力的投入也是遊憩區營運過程中普遍常見的情況，例如歐洲迪士尼樂園雇用了多達 12,000 位員工 [Wylson and Wylson 1994]。

投入資源不僅龐大，更需持續。從過去的遊憩區經營案例可以得知：遊憩區裡的設施必須持續擴增，才能維持遊客大眾的興趣 [Wylson and Wylson 1994]。基於上述的特性，遊憩區開發專案需要不斷投入資源去開發興建新設施，以吸引遊客獲得更多的收益。即使在景氣較差的時期，美國大部分的遊憩區都還會將總收益的 4%~5% 作為下一年的再投資。根據過去的研究顯示，缺乏每年持續性再投資的遊憩區每年會篩衰退平均 3.5% 的遊客人次 [Yoshii 2002]。

2. 興建與營運同時進行

由於遊憩區開發的規模龐大，大多採分期分區開發，所以經常有興建與營運同時進行的情況。初期營運所獲得的收益，成為後續投資興建設施的重要來源。妥善的分期分區開發規劃，將可以大幅降低一個遊憩區開發專案初期所需資金，也能使專案的現金流量被管控在較安全的狀態。此外，為了提高遊客的重遊率，在營運過程中必須持續不斷地投資去整修改建既有設施或興建新設施。例如日本東京迪士尼自 1983 年開幕以後，平均每年有 2 個館區重新裝修改進，另有 1 個館區是完全新設的 [謝其淼 1998]。



3. 具有多項變動因子與風險

由於遊憩區開發專案時程很長，開發興建的設施也很多，導致許多影響專案整體效益的因子都會隨時間產生變動，例如消費者喜好（例如舊型設施逐漸不受喜愛）、經濟景氣影響人們的休閒活動支出、市場需求（例如區域內有競爭者加入）、自然環境的風險（例如季節氣候的循環變化、地震等突發天災）。有些變動因子會影響特定的設施，例如滑水道、划船等戶外水域活動受到天氣變化的嚴重影響。以滑雪渡假村為例，每年的下雪時間與雪量都對遊客量有直接的影響 [Vail Resorts, Inc. 2006]。此外，各項設施的興建與營運成本也隨物價指數的波動而變化。

3.2 遊憩區開發策略與進度排程的特性

遊憩區開發專案除具有上述之各項特性之外，相較於「營建工程專案」與「金融投資組合專案」等其他種類之專案規劃問題，其異同之處如表 2 所示。遊憩區開發專案的規劃問題兼具營建工程與金融投資組合等二種專案的特性，例如在規劃問題方面兼具有進度排程及投資項目選擇等二種問題。除此之外，遊憩區開發專案亦有其獨特之處，例如作業經常分割間斷、作業間具有資源之供取關係。因此，遊憩區開發專案的複雜性遠超過其他二者。

表 2 不同種類之專案規劃比較

專案類型 特性比較	遊憩區開發 專案	營建工程 專案	金融投資組合 專案
規劃問題	1.投資項目選擇 2.進度排程	1.進度排程	1.投資項目選擇 2.資金比例分配
策略目標	1.最大專案收益	1.最短工期 2.最低成本	1.最大投資收益
作業完整性	1.作業經常分割間斷	1.作業經常假設不可分割	1.作業經常假設不可分割
作業 /項目關係	1.作業順序關係 2.作業間具有資源之 供取關係	1.作業順序關係	1.投資項目具獨立 性，無順序關係
資源運用情形	1.使用 2.產出	1.使用	1.使用 2.產出
資源配置方式	1.使用與產出之供取 整合	1.資源拉平，降低尖峰 量	1.使用與產出之供取 整合

3.3 主題樂園與渡假村之探討

遊憩區可分為許多種類，本節針對主題樂園與渡假村等二項常見的遊憩區種類進行探討分析。

3.3.1 主題樂園

主題樂園為常見的遊憩區開發專案種類之一。圖 4 為主題樂園設施與遊客的相互關係。集客設施（attractions）、餐飲設施、商品展售設施及住宿設施是在第一線為遊客服務的設施，而服務設施與支援設施則是後勤設施以使主題樂園能順利營運。各類設施的性質分述如下：

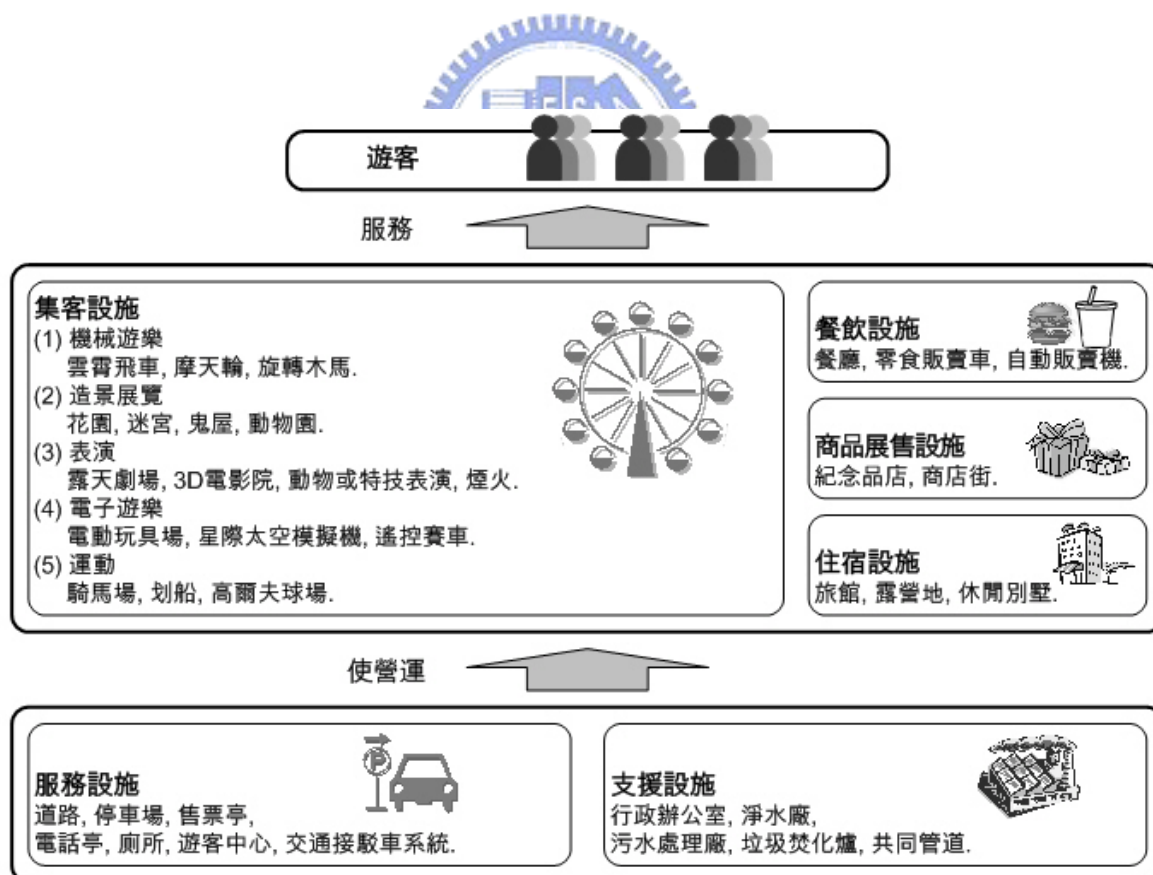


圖 4 主題樂園設施與遊客的相互關係

1. 集客設施

表 3 是一般常見的主題樂園設施項目。集客設施是一個遊憩區吸引遊客購買門票的關鍵。大型機械遊樂設施的開發興建通常耗時甚久，從開始規劃及向廠商訂製、興建安裝乃至開始營運，有時需要 2 至 3 年的時間。集客設施的集客能力具有個別的生命週期，所帶來的收益會隨著時間遞減。一般而言，造價越高的集客設施，所能維持吸引力的時間越長。鄰近區域內的其他遊憩區是否有類似的集客設施，也對該集客設施的收益有很大的影響。有些集客設施的營運收益具有季節性。以終年寒冷的北歐地區為例，許多水上樂園都採室內封閉式的設計以便提供全年性的娛樂活動；而南歐地區與美國卻仍有許多水上樂園是採戶外開放式並且僅在特定的季節月份才開放 [Wylson and Wylson 1994]。近年來新設立的主題樂園皆設計更多的室內集客設施，甚至也改善了遊客步行動線與休息區域受天氣影響的問題，這使得主題樂園資本投資密集且高固定成本的設施，開放營運供遊客使用的時間能更長 [Jones & Robinett 1995]。

表 3 一般常見的主題樂園設施項目

類 型		常 見 設 施
集客設施	機械遊樂設施	雲霄飛車、摩天輪、旋轉木馬
	造景展覽設施	花園、迷宮、鬼屋、動物園
	表演設施	露天劇場、3D 電影院、動物或特技表演、煙火
	電子遊樂設施	電動玩具場、星際太空模擬機、遙控賽車
	運動設施	騎馬場、划船、高爾夫球場
餐飲設施		餐廳、零食販賣車、自動販賣機
商品展售設施		紀念品店、商店街
住宿設施		旅館、露營地、休閒別墅
服務設施		道路、停車場、售票亭、電話亭、廁所、遊客中心、交通接駁車系統
支援性設施		行政辦公室、淨水廠、污水處理廠、垃圾焚化爐、共同管道

如表 2 所示，集客設施可依其形式分為機械遊樂設施、造景展覽設施、表演設施、電子遊樂設施、運動設施等五類，隨著電子與機械科技的進步，集客設施的形式將呈現更多樣化的組合。一個完整的遊憩區通常是由各種不同類型的集客設施所組成，以滿足不同年齡、不同喜好的遊客。

2. 餐飲設施、商品展售設施、住宿設施

除了集客設施以外，餐飲設施、商品展售及住宿設施也能帶來相當多的收益，以台灣劍湖山遊憩區為例，遊樂收入（含門票）約佔營收淨額 45.48%，商品收入佔 17.15%，餐飲收入佔 18.80%，住宿收入佔 18.57% [劍湖山世界股份有限公司 2005]。住宿設施包含旅館、休閒別墅及露營區等各種類，在集客設施已經充足以使遊客能進行多日遊時，將會產生明顯的收益。以歐洲迪士尼樂園為例，由於遊樂園具有極大的規模，迪士尼公司在整個專案的第一階段就已經興建了 5 座旅館與 1 個大型露營區，從滿足遊客住宿需求的過程中獲得更多收益 [Wylson and Wylson 1994]。

但是在另一方面，餐飲、商品展售及住宿設施所產生的收益取決於遊客數量與平均停留時間，所以受到集客設施的整體集客能力很大的影響。因此，餐飲、商品展售及住宿設施的興建與營運進度，必須配合集客設施的發展規模去執行，以避免開發進度過快造成的資源浪費。

3. 服務設施、支援設施

服務設施是指可供遊客使用但不具遊樂性質的相關設施，支援設施是指維持整個遊憩區運作的相關設施。除了停車場以外，這二類設施大多不能提供收益，但卻是使集客設施、餐飲設施、商品展售設施及住宿設施得以順利營運服務的重要設施。這二類設施通常為遊憩區對外開放營運時所必要的設施，但許多仍可依遊憩區發展規模分期興建，例如園區內的道路系統或廁所，皆可隨著開放遊客使用地區的增大而分期擴建。

歸納上述，遊憩區開發專案特別著重於有限資源的配置，以開發設施適時產生最佳收益為目標，在整個專案時程中構成「開發 - 營運 - 營運收益再投入開發」的循環，以達到專案整體收益的最佳化。

3.3.2 渡假村

近年來，渡假村（或稱渡假中心）廣受歡迎。它提供了休憩與娛樂的場所，通常在風景宜人的地點，遊客可以在此享受到各種休閒設施以及餐飲服務。與一般不動產開發案有所不同的是，渡假村開發案的營運密集，以服務為導向，而且休憩內容有季節性的調整與變化 [McElyea and Cory 2000]。

渡假村開發的型態經歷了許多的歷史演進。早期北美地區最富有盛名的渡假村，其型態主流為獨立式的渡假住宅（free-standing properties）。這些歷史悠久的渡假住宅大多為富豪人士或鐵路公司所有，但受限於密集地季節性居住方式（渡假或長假季節才來居住），一年之中時常是關閉的 [McElyea and Cory 2000]。隨著演進，渡假村變得更龐大複雜，並且致力於將遊客置留於渡假村中以增加收益 [Huffadine 1999]。在另一方面，經過了許多年，一種新型態的大型複合渡假村（mega resorts or fantasy resorts）進入了市場。這一類的渡假村結合了住宿、會議設備以及一系列的休憩設施與活動，有些更創造鮮明的夢幻主題 [McElyea and Cory 2000]。

如圖 5 所示，渡假村整體產業可以分作渡假勝地(Resort market)、渡假景點(resort destination) 以及渡假機構 (resort property) 等三大類 [Huffadine 1999]。渡假區域通常為一個城鎮，擁有區域性渡假設施以及環繞這些渡假設施興建的許多旅館。大部分的渡假區域與周圍地區商業發展具有緊密的關係，包括多樣化的餐廳、娛樂場所、商店、會議中心及其他設施等等。典型例子包括夏威夷的 Waikiki、墨西哥的 Cancun、澳洲的 Surfer's Paradise 以及佛羅里達的 Miami，都是環繞有名海灘的渡假勝地 [Huffadine 1999]。第二類的渡假景點擁有許多的客房，通常達 500 間以上，並且分有多種層級。他們擁有一個以上的特別設施，並且設有主題餐廳、購物區、會議中心，甚至設有一系列的運動與 Spa 水療設施 [Huffadine 1999]。第三類的渡假機構之規模

則遠小於前二類，多半是旅館經營者將旅館行銷定位而成，未必擁有遊客所需要的完整度假設施 [Huffadine 1999]。

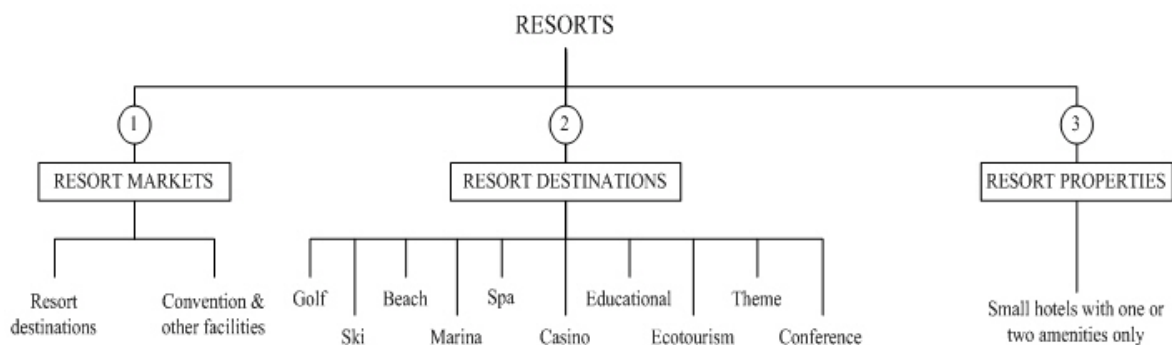


圖 5 度假村的分類 [Huffadine 1999]

在歐美國家的度假村開發大多形成一個循環態樣：興建 – 成長 – 受歡迎程度達到最顛峰 – 衰退。造成這個循環態樣的原因來自於缺乏控制與過於快速擴張，在基礎建設過量、以及自然資源與度假設施品質降低之後，最終使得整個度假村區域沒落。因此，擬定一個可以負擔且維持專案順暢的開發計畫是度假村的投資者與開發者的共同目標。此外，社會大眾對於環境保護與生態保育的意識抬頭也成為了度假村開發過程不可忽視的要件 [Huffadine 1999]。

度假村中能吸引遊客而間接提升土地價值的各類設施可統稱為 Amenities [Phillips 1986]。圖 6 為度假村設施與參與者的相互關係，以及一些常見的設施項目。度假村開發專案中的參與者包括了遊客 (tourists)、置產居民 (primary or second home buyers)、承租人 (tenants) 等三類，他們皆會在度假村的集客設施 (attractions)、餐飲設施 (food services)、住宿設施 (accommodations) 及商店設施 (commodity sales) 有所消費。而上述這些設施的營運績效將刺激置產居民與承租店面或承租住屋的不動

產交易 (real estate)，進而提升整個開發案與土地的價值。而在另一方面，基礎建設 (infrastructure) 則為維持整個渡假村營運順暢的後勤設施。

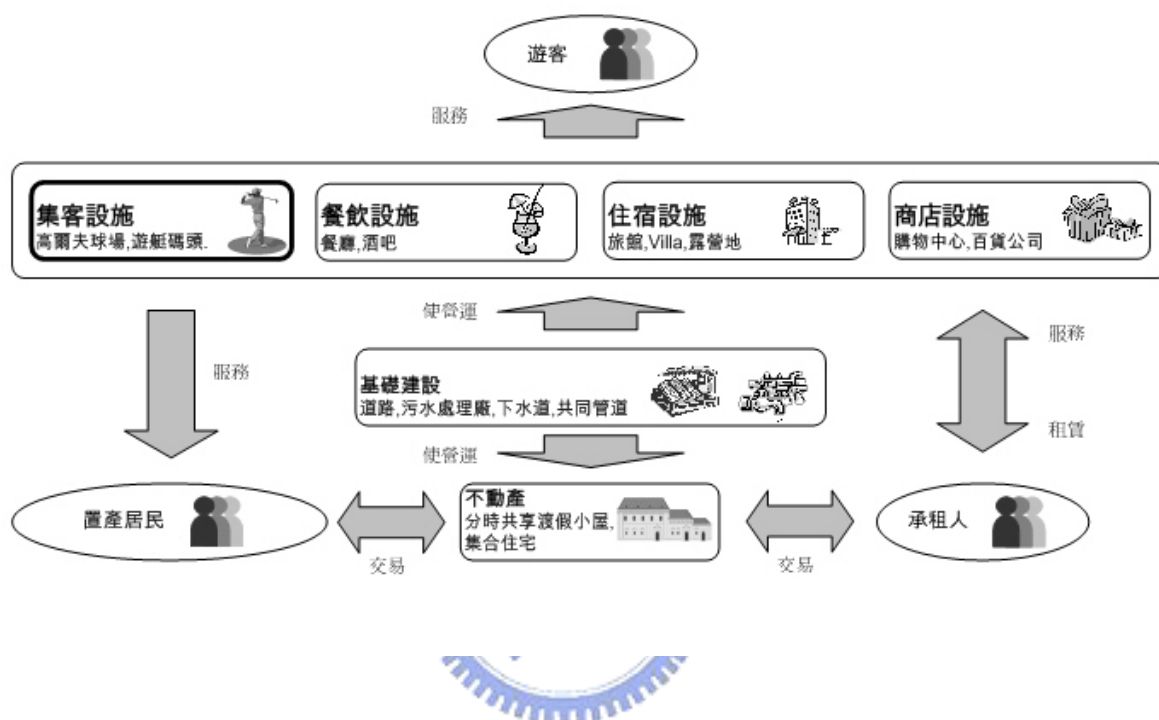


圖 6 渡假村設施與參與者的相互關係

1. 集客設施

渡假村之中的集客設施，例如高爾夫球場、遊艇碼頭、Spa 設施，皆可帶來大量的收入。以滑雪渡假村為例，遊客搭乘空中纜車以及滑雪課程的收費確實是最大的收益來源。另一方面，渡假村之中的集客設施在吸引不動產購買者方面也扮演重要角色。渡假村中的集客設施是否多樣化與遊客市場的行銷經營同等重要，因此在一些擁有數千間客房的大型渡假村中都可發現為此建構的完整縝密的組織與規劃系統 [Huffadine 1999]。

2. 餐飲設施、住宿設施、商店設施

與主題樂園相同，渡假村中也設有餐飲設施、住宿設施、商店設施，就收益方面而言則以住宿設施為最。以滑雪渡假村為例，住宿收益通常相當於集客設施與餐飲設施的收益總和。

3. 不動產

有別於主題樂園，渡假村相當重視渡假村內以及周圍地區的不動產開發。渡假村開發案的不動產交易型態相當多樣化，包括了直接將土地銷售給單一家庭或土地開發者、渡假別墅、商業店面租售、分時共享的渡假小屋（time-shares）以及停車位租售等。這些不動產的購買者與承租者將間接或直接地獲得了渡假村所提供的各項設施服務。因此，渡假村的營運成效與不動產收益之間有相當緊密的關係。

由於牽涉財務與不動產法規等層面，渡假村中的不動產租賃交易往往非常複雜 [Huffadine 1999]。而在另一方面，在過去十年裡渡假別墅與住宅社區的銷售仍然是渡假村開發興建階段的先期資金來源。這些渡假別墅與住宅社區通常設有運動設施甚至是私人俱樂部。對居住人而言，可以享用俱樂部與渡假村設施（例如 Spa 設施、餐廳等等）的住宅非常具有吸引力。對投資開發者而言，俱樂部會員每年所繳的會費成為低變動風險且穩定的年度收益 [Huffadine 1999]。

4. 基礎建設

渡假村中的基礎建設與主題樂園中的服務設施與支援設施相當，為渡假村對外開放營運時所必要的設施，也可依發展規模分期興建。

3.3.3 主題樂園與渡假村之比較

3.3.1 節所述之主題樂園與 3.3.2 節所述之渡假村，皆為遊憩區的主要類別之一。以開發專案進度規劃的角度而言，兩者的共同點包括如下：

1.設施項目眾多

主題樂園與渡假村所需開發的設施項目非常多，惟有充足多樣化的設施才能吸引遊客。以主題樂為例，至少需要 20~30 項的集客設施才能滿足遊客需求 [謝其森 1998]。對於專案規劃者而言，考慮投資開發的候選設施將比最後決定開發的設施數量更多，又每項設施最少將進行規劃設計、興建、營運等三項作業，開發專案的作業將隨之多達數十項甚或上百項。要從眾多的作業中計算支出與收益，進而找出最佳的開發進度規劃方案，將是專案規劃者的最大挑戰。

2.分期興建以資金控管需求

在主題樂園與渡假村中都有許多設施的開發規模與金額相當龐大，通常為其主要吸引遊客的重要集客設施，例如摩天輪或遊艇碼頭。由於這些設施的規模較大，且其營運效益與遊客人數的成長密切相關，通常都會逐步分期興建，以降低初期的資金需求，並且可避免在遊憩區的營運初期造成多餘設施的閒置。

3.基礎設施以維持營運順暢

主題樂園與渡假村皆需要完善的基礎設施，即服務設施、支援設施。它們是營運順暢的關鍵。但其開發進度規劃常會以園區分期分區興建為依據逐步擴建，尤其是大型的遊憩區鮮少採用一次完成所有基礎設施的模式。

除了上述之共同點以外，主題樂園與渡假村有其特殊的差異如下：

1.參與者的差異

主題樂園的參與者是遊客，但是渡假村的參與者則涵蓋了遊客、置產居民與承租人。由於參與者的差異，專案規劃者所必須考慮的方向有所不同。主題樂園著重於集客設施對於遊客的總吸引力，以確保能達到最佳的門票收益（門票為主題樂園的最大收益項目）；但以渡假村而言，短暫停留數日或數週的遊客僅能帶來旅館住房收入，

如何讓渡假村及其周遭環境擁有更完善的生活動線與設施，才能獲得商店與別墅租售的不動產高額收益。

2. 收益來源的差異

主題樂園的服務對象為遊客，從停車費用、門票、園區內餐飲至紀念品銷售等各項收益皆來自遊客，而且其中門票為其主要收益項目。但對於渡假村而言，除了上述這些收益來源以外，餐飲設施與購物商店的承租人以及休閒不動產交易皆能為開發專案帶來可觀的收益。收益來源的差異，使得設施興建的優先序位會產生變動，例如餐挺或購物中心能盡早營運。

3. 營運時間的差異

主題樂園的營運時間最長約至夜間十一點，將關閉至隔日上午才再行開放。但是渡假村中的旅館房客為其大宗的服務對象，許多設施與活動空間需維持全天候的提供，設施的維護成本將隨之提高，亦會提高設施進行擴建的困難度，增長工程時程與成本。



3.4 遊憩區開發進度規劃之問題與假設

由上述各節之探討得以瞭解，遊憩區開發的進度規劃著重於現金流量的管控以及各項資源在作業間供給與耗用的動態情況。此外，在漫長的專案時程中，作業執行的時間點更顯其重要性，因此必須以淨現值為計算基準來衡量專案效益的優劣。

本論文的研究範疇便是要為專案規劃者擬定遊憩區各項設施的開發時序時，尋求決策模式的輔助，將動態的資源使用預估交由模擬分析進行，並將多重選擇的設施評選與專案效益比較交由遺傳演算法進行，使專案規劃者可簡易地獲得方案參考建議。

要規劃出遊憩區中配置的設施種類、數量與規模，必須先根據完整的市場調查結果去推估區域內遊客的潛在需求，以及可以從這些潛在需求獲取多少的收益 [Wylson and Wylson 1994]。至於目標對象通常以與遊憩區的距離遠近所圈定。一般而言，遊憩區的遊客以交通時間在 2 至 3 小時之內的人佔全部的 70~80%。例如，東京迪士尼樂園雖然以全日本為標的，但關東圈的遊客仍然佔七成之多 [謝其焱 1998]。有關產品服務市場規模與銷售預估等相關研究方法，尚不在本研究的範圍之內。

此外，遊憩區開發專案中任何一個設施的興建與開放營運，亦必須縝密考量外部與內部的影響效應。外部效應中例如應考量旋轉木馬的開放營運是否會遭遇區域內其他遊憩區的同型設施競爭，而使收益低於原先預估。又內部效應中例如應考量餐飲設施的不足是否會縮短原先根據集客設施吸引力所預估的遊園時間與滿意度。



四、模擬分析網路

本研究所處理的遊憩區設施開發時序問題，雖然不一定具有隨機特性，但屬於多階段且多資源需求的動態狀態。如果應用一般數學模式求解，雖然數值計算可以非常精確，但是會忽略專案執行的過程及資源互動的關係。此外，當專案的時程拉長設施數量增大時，要應用一般數學模式對此類問題分析或求取最佳解將漸顯困難。例如當專案的作業多達數十個且專案時程長達數十個單位時間時，將難以樹狀圖畫出每個作業在每個單位時間的執行決策。

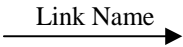

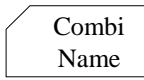
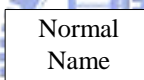
然而，模擬機制具有方便快速的優點，且能趨近於專案的實際執行過程。此外，它具有很大的彈性去調整資源等各項限制條件參數。這些特性可協助本研究能有效率地大量計算不同資源使用動態關係下的專案執行淨現值結果。因此，遊憩區設施的開發時序可以模擬分析網路建構，從中描述遊憩區開發專案的作業與資源關係，並透過模擬分析的結果預測專案效益。



4.1 網路架構

遊憩區開發專案中的各項設施項目會經歷規劃設計、興建、營運、關閉、拆除、出售等階段，每階段在專案時程中都是個別的作業(Activity)，都有其時程、成本、收益等各種屬性。例如，作業的成本與收益即為資金這項資源上的消耗與產出。在遊憩區開發專案模擬分析網路中的資源除了資金以外，還有土地、或其他作業產生或使用的資源，例如騎馬場的營運會消耗停車位資源。因此，本研究將所有作業的資源消耗與產出關係建構成一個模擬分析網路。本研究的模擬分析網路採用 CYCLONE [Halpin 1974]的架構，因為相較於其它的模擬分析網路架構，它擁有簡易明瞭的符號表達形式。以 CYCLONE 為架構的模擬分析程式之中，STROBOSCOPE (STate and ResOurce Based Simulation of COnstruction ProcEsses) [Martinez 1996]附有作業優先值 (priority value) 的設定功能，故可作為本研究建立模式之應用程式。Stroboscope 的模擬架構中包含了表 4 所示的主要元件。

表 4 Stroboscope 模擬分析架構的主要元件 [Martinez 1996]

名稱	表示符號	內容與用途
<i>Link</i>		<i>Link</i> 連接模擬網路中的節點，用以表達資源在節點中的移動情形，指示其方向性、資源種類與數量。
<i>Queue</i>		每個 <i>Queue</i> 都代表一群待命中的單一種類資源。
<i>Combi Activity</i>		<i>Combi</i> 是 <i>Activity</i> 的一種，代表一個需要某些條件獲得滿足才會啟動的作業。
<i>Normal Activity</i>		<i>Normal</i> 是 <i>Activity</i> 的一種，代表一個當前端作業結束後便會立即啟動的作業。

4.2 作業與資源

圖 7 的模擬網路是以專案中與雲霄飛車 (Roller Coaster) 相關的作業為例。圖 7 中的每個 *Combi* (前置的資源停駐點 *Queue* 充分提供資源時可被啟動的 *activity*) 的執行時間都同為一個單位時間，對遊憩區開發專案而言可訂為 1 個月、1 季或 1 年。*Combi* 與 *Queue* (資源被分配給 *Combi* 前的停駐點) 皆分為實際與虛擬二類：

4.2.1 實際作業與實際資源

實際的 *Combi* 與 *Queue* 是專案進度規劃中的實際作業與實際資源，例如圖 7 中共有雲霄飛車設計規劃 (*Design_RollerCoaster*)、雲霄飛車興建

(*Construct_RollerCoaster*)、雲霄飛車營運 (*Operate_RollerCoaster*)、紀念品店營運 (*Operate_SouvenirShop*)、旅館營運 (*Operate_Hotel*)、停車場營運 (*Operate_ParkingLot*)、支援設施營運 (*Operate_SupportFacilities*) 等七個實際作業。

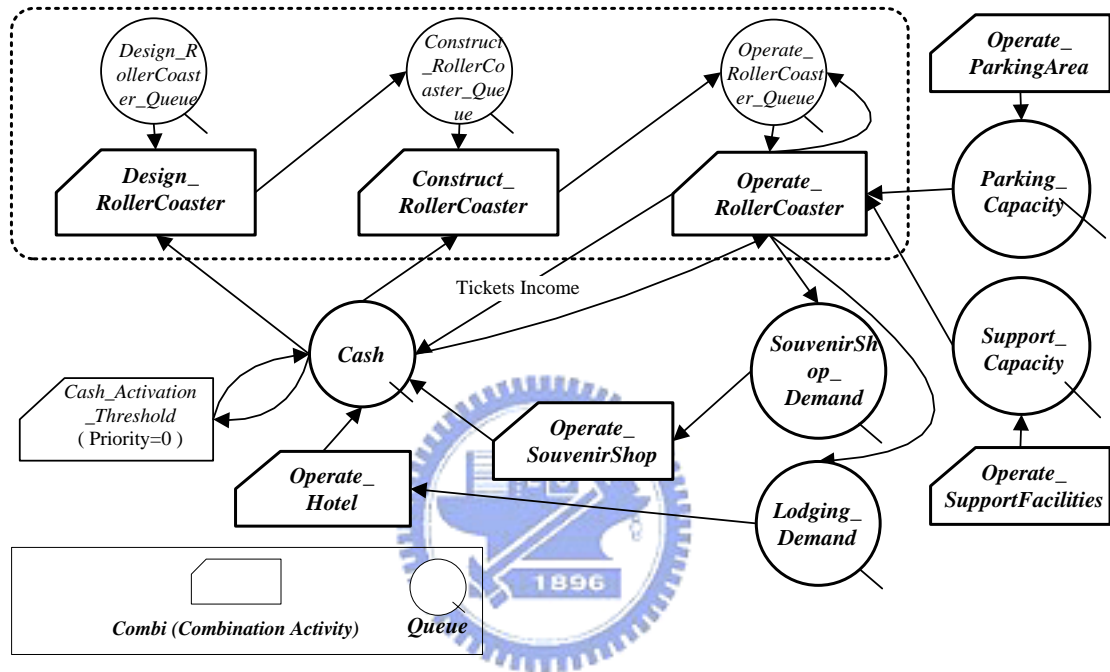


圖 7 雲霄飛車設施的模擬分析網路

與雲霄飛車相關的實際資源除了資金 (*Cash*) 以外，還有雲霄飛車吸引而來的遊客會耗用停車容納量 (*Parking_Capacity*)、以及耗用淨水廠、污水處理廠等支援設施容納量 (*Support_Capacity*)，另外也會創造出紀念品店消費的需求量 (*SouvenirShop_Demand*) 以及因為增加集客設施營運而產生的住宿需求量 (*Lodging_Demand*)。*Parking_Capacity* 來自於停車場營運作業 (*Operate_ParkingArea*) 的執行，而 *Support_Capacity* 則來自於支援設施營運作業 (*Operate_SupportFacilities*) 的執行。另一方面，*SouvenirShop_Demand* 與

Lodging_Demand 來自於雲霄飛車、旋轉木馬、特技表演屋等各項集客設施的營運過程，需求量的大小將會影響紀念品店營運 (*Operate_SouvenirShop*) 及旅館營運 (*Operate_Hotel*) 所產出的收益 (成為 *Cash* 資源)。

此外，實際資源分為可累積與不可累積二種。由於每個 *Combi* 的執行時間都設為一個單位時間，有些資源剩餘的數量可累積至下一個單位時間繼續使用 (例如 *Cash*)；但有些資源並不能累積到下一個單位時間繼續使用，例如停車容納量 *Parking_Capacity*。

實際作業以 *Combi* 表示，是否被執行則取決於當時是否充分提供該作業所需使用的資源。在專案執行的實際情況中，每個作業使用同一項資源具有優先程度的差異，例如數量有限的停車位應該優先提供給能產出較高收益的設施，使其能優先開始營運。*Stroboscope* 模擬分析網路中每個作業都具有一個優先值，可以是固定值或變動值。每項待命中的資源將會優先提供給優先值較高的作業去使用。因此，優先值代表了該作業的執行價值，在某一時間點優先值愈高的作業，即表示它在那個時間點的執行價值愈高。作業執行價值的高低則是視其在當時或未來之「本身產出的直接收益」以及「促成其他設施營運所產出的間接收益」而定。例如，雲霄飛車可以在開始營運時提供門票收益，而園內道路等服務設施的興建雖然本身沒有產出直接收益，但能促成集客設施順利營運服務遊客進而產出收益。

因此，我們利用每個作業的資源使用之優先值來賦予執行價值，將設定於 0~1 之間，以優先值的相對大小來控制資源供取的動態。例如，當雲霄飛車興建 (*Construct_RollerCoaster*) 與摩天輪規劃設計 (*Design_FerrisWheel*) 在同一時間都需要使用 *Cash* 這項資源時，則以優先值大者先行使用之。

4.2.2 虛擬作業

遊憩區開發專案中的作業即使有充足的資源可供使用，也可能因為某些原因而不被立即執行。例如，如果在專案執行中停車位容納量 (*Parking_Capacity*) 在未來一年內都非常充足時，充沛的資金仍不應立即用於擴建停車場，因為將帶來停車場空

曠閒置但仍須維護管理的不必要成本。充足資源時作業不執行的情況則藉由虛擬作業來控制。虛擬作業並不存在於實際的專案進度規劃之中，其功能在於界定其對應的實際資源是否允許被執行。每個虛擬作業都有一個對應的實際資源（例如虛擬作業 *Cash_Activation_Threshold* 對應實際資源 *Cash*）。虛擬作業的優先值皆為 0，可執行的實際作業之優先值則為 0~1 之間，並不受虛擬作業的影響。資源充足仍不執行的實際作業之優先值則為-1，其對應的虛擬作業便會使這些實際作業即使所需資源充足仍不被執行。

4.2.3 虛擬資源

一項設施的各作業有先後順序關係，例如雲霄飛車的作業順序為「設計規劃」-「興建安裝」-「營運」，前者未完成則不能進行後者。作業執行的前後順序關係及工期則以虛擬資源來控制。

虛擬資源並不存在於專案進度規劃之中，例如圖 7 中共有 *Design_RollerCoaster_Queue*、*Construct_RollerCoaster_Queue*、*Operate_RollerCoaster_Queue* 等三個虛擬資源，每個虛擬資源都有其對應的實際作業。例如，虛擬資源 *Design_RollerCoaster_Queue* 對應實際作業 *Design_RollerCoaster*，起初待命中資源的數量設定為 1，執行一個單位時間的 *Design_RollerCoaster* 會使用 1/6 的 *Design_RollerCoaster_Queue*。經過 6 個單位時間後 *Design_RollerCoaster_Queue* 便被使用殆盡，表示 *Design_RollerCoaster* 已全部執行完成，同時產生數量為 1 的 *Construct_RollerCoaster_Queue*，使作業 *Construct_RollerCoaster* 得以啟動執行。

開發專案中的作業可能會因為某些原因而間斷執行，例如因為颱風季節來臨，考量施工安全而暫時中斷已經執行 3 個月的雲霄飛車興建，因此虛擬資源可以累積至後續時間使用。

4.2.4 作業與資源的性質與關係

有關遊憩區專案模擬分析網路中的作業與資源的關係與性質，說明如下：

1. 同一設施的作業前後關係

同一設施可能會有數個作業，例如規劃設計、興建、營運、拆除，彼此間的關係通常為開始-結束關係（Finish-to-Start），在本研究的遊憩區開發模擬網路中，這樣的前後關係則以虛擬資源設定之，如 4.2.3 節所述。網路中的每個 *Combi* 的時間皆為一個單位時間，當虛擬資源累積的數量與該作業工期相當時，便以充足供給虛擬資源的方式啟動後置作業。

2. 作業的間斷性

遊憩區的開發過程，某些作業經常因為內外因素而中途暫停，經過一段時間後再繼續執行。在本研究的遊憩區開發模擬網路中，這樣的作業間斷狀態也可以虛擬資源設定之，如 4.2.3 節所述。網路中的每個 *Combi* 的時間皆為一個單位時間，當作業所需其中一項資源（例如資金）不足時，其對應的虛擬資源便不再累計，直至所需資源充足後再行繼續執行該作業。

3. 資源之啟動作業與產出

模擬分析網路中所使用的資源有二種性質：「啟動作業執行」與「作業執行中的產出」。對於一個作業而言，某些資源是作業被執行的充分條件，資源滿足所需數量時才會啟動作業執行，啟動作業執行的同時亦將開始使用該資源。另一方面，某些資源則是在作業開始執行的過程中依所定的產出速率生產而出。雖然二種性質的資源的耗用與產出在模擬進行中是在同一個時間點開始同一個時間點結束（隨作業而開始與結束），但對作業執行而言卻是不同的先後因果關係。而在遊憩區開發專案中，專案規劃者對於各項設施之各項作業與各種資源的關係，必須明確界定何者「啟動作業執行」及何者是「作業執行中的產出」。

圖 8 為圖 7 中作業 *Operate_RollerCoaster* 及其關連的其中二項資源 *Cash*、*SouvenirShop_Demand*。*Cash*→*Operate_RollerCoaster* 即代表 *Cash* 為啟動 *Operate_RollerCoaster* 的一項條件，*Cash* 也會在 *Operate_RollerCoaster* 啟動執行的同時開始運流資源的數量供 *Operate_RollerCoaster* 使用，實為雲霄飛車的營運成本支出。但在另一方面，*Cash*←*Operate_RollerCoaster* 卻另代表 *Cash* 也為 *Operate_RollerCoaster* 作業執行過程的產出資源，所以一旦 *Operate_RollerCoaster* 被啟動執行，便會產出 *Cash*，即為雲霄飛車營運所帶來的收益。而 *SouvenirShop_Demand* 是 *Operate_RollerCoaster* 作業執行過程的另一項產出資源，紀念品商店的消費需求將另外與其他的作業有不同的關連。

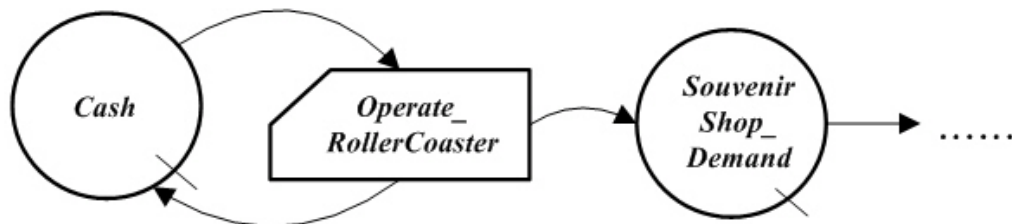


圖 8 資源之啟動作業與產出關係說明例

4.3 作業執行價值與專案開發策略

遊憩區開發專案的流程包括了設施的投資項目選擇、投資優先性排序以及開發作業的時程規劃。每項設施的開發作業包括有規劃設計、興建、營運，而資源的使用與產出使得資源在作業間形成動態流動(例如紀念品店營運的資金產出將成為旅館興建的費用支出)，各項作業的開始與結束時間也將根據資源供給的情況而決定。因此，整個開發專案的作業與資源關係可視為一個交互影響的動態網路系統。由於資源隨時

間不同而流動與改變，以一般靜態數學模式去尋求專案開發最佳化會較為困難。此外，由於作業執行價值的評定必須考量的因子很多，而且作業間資源的供取關係複雜，所以專案規劃者要憑藉個別判斷與經驗找到最佳的規劃亦屬困難。

因此，本研究以模擬分析網路來尋求專案開發最佳化。模擬分析網路架構中，作業的優先值將決定作業是否可以執行，代表了該作業在當時的執行價值。所有作業在所有單位時間的優先值組合，則成為專案開發策略的一種表達形式，而以優先值組合進行模擬分析所產生的各作業開始時間與結束時間便成為該策略的進度規劃。本研究將應用電腦的輔助建立模式與系統，以遺傳演算法尋找作業優先值組合的可能最佳解，以作業執行價值的觀點獲得最佳的專案進度規劃。



五、模式建構

本研究建構 AVO-PLAN 模式 (Activity-Value-Oriented *PLAN*ning Model)，用以輔助遊憩區設施開發時序決策。由於求解問題具有多期間、多狀態的特性，適合以多倍體基因結構將所有時間的開發策略以多條染色體組合，龐大的開發策略組合個數亦可透過遺傳演算法迅速收斂求解。各開發策略的專案效益預測可由模擬分析結果得知，因此將其與遺傳演算法整合則可建構完整的決策輔助模式。

5.1 模式流程

如圖 9 所示，AVO-PLAN 由模擬分析及多倍體遺傳演算兩個機制所組成。使用者將專案資料輸入後，AVO-PLAN 便能自動建構模擬分析網路，並以模擬結果計算獲得的淨現值進行多倍體遺傳演算，經過不斷世代繁衍、汰弱留強的過程，以達到最大淨現值收斂條件，最終獲得最佳的作業優先值組策略以及最佳專案排程。



1. 使用者輸入資料

首先，使用者須將訂定專案總時程及利率基準，以作為淨現值計算期限的依據。使用者還須輸入各開發設施的作業資料（包括項目名稱、工期、使用資源以及各作業間資源的供取關係）。使用者必須先設定設施是屬於必要性 (indispensable) 或選擇性 (considerable)。基礎建設方面的設施應設定為必要性設施，AVO-PLAN 會將必要性設施的作業一定納入進度規劃之中。尚在評估是否投資開發的設施則應設定為選擇性設施，AVO-PLAN 進行不同的組合以評估是否排入專案進度規劃中。每個設施都需有其對應的數個作業的資料，例如「騎馬場」對應的作業包括有「規劃設計」、「興建」、「營運」等三個，各作業的工期長度、使用與產出的資源項目及其耗用與產出速率等數值，都必須先行推估預測。

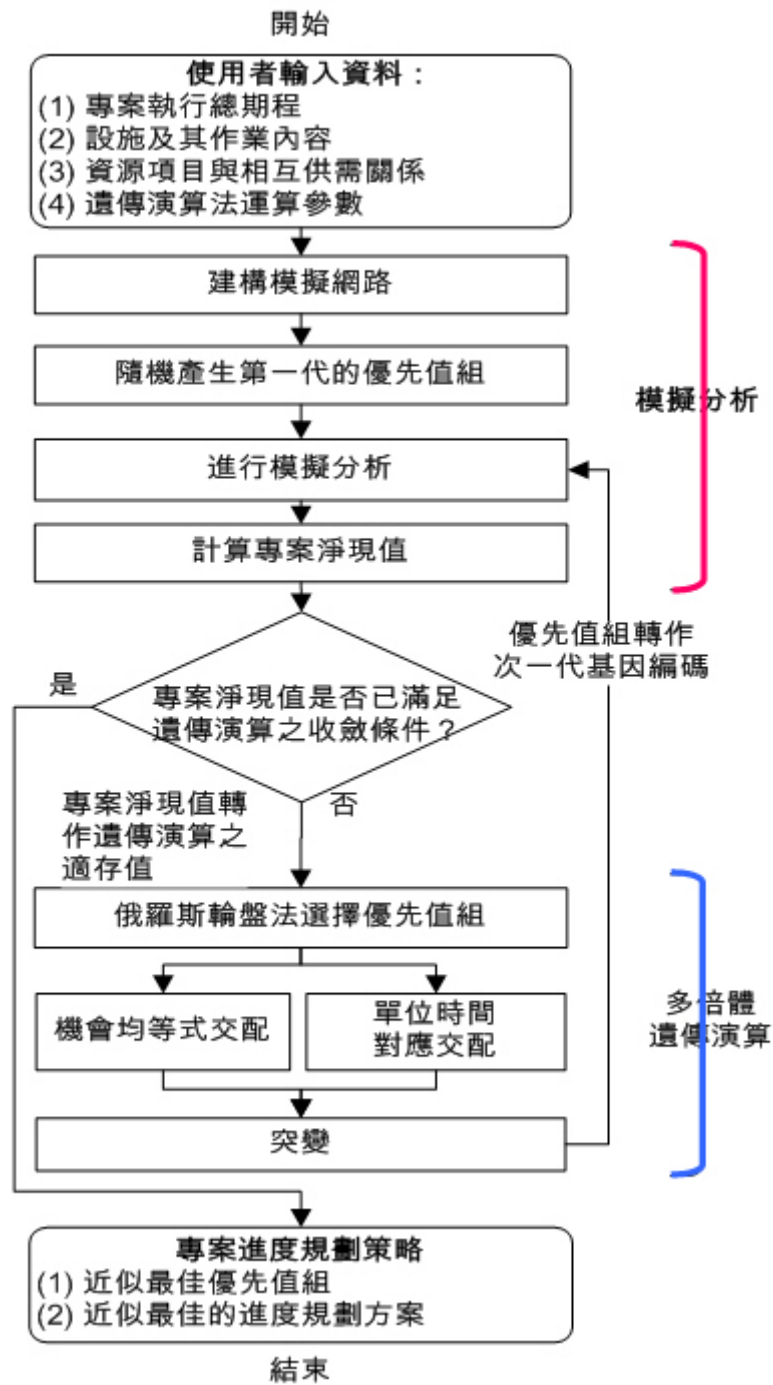


圖 9 AVO-PLAN 模式流程圖

此外，使用者也必須輸入多倍體遺傳演算過程所需的參數，包括初始母體數、演化世代數、交配機率、突變機率。初始母體數即模式起初以亂數隨機產生初始代個體的數量，而往後各代的個體數量也將與初始代相同。因此，初始母體數若設定較大，起初的求解空間將較為發散，對於尋求最佳解有助益，但會增加交配世代演化的運算複雜度，且可能延長求解曲線收斂的世代數。以一般的遺傳演算法應用而言，初始母體數常設定於 50 至 200 之間。

交配機率係指遺傳演算機制進行時染色體字串互換的機率。經由染色體字串交換的過程，繁衍出的新代個體其可能解組合將會有所不同，因此較高的交配機率可以避免求解空間收斂過快，一般可設定在 30% 至 70% 之間。突變機率是個體在交配之後自行發生染色體字串改變的機率，可避免求解空間的收斂過於快速而導致落於局部最佳解。但是，若突變的機率過大時，則會使求解空間波動幅度過大無法收斂。一般可設定在 1% 至 0.1% 之間。



2. 模擬分析

AVO-PLAN 依據使用者輸入的資料建立模擬分析網路。網路中的各作業皆具有作業優先值，以作為資源使用的先後序位依據。所有作業的作業優先值合為一組作業優先值組。各作業的作業優先值的個別值並無意義，經由相對比較出的大小關係方能顯現其優先序的先後差異。作業優先值的初始值皆設定為相同，為透過作業優先值的相對大小關係瞭解作業的執行價值，AVO-PLAN 會依據使用者所設定的初始母體數亂數產生作業優先值組作為遺傳演算所需的第一代母體。第一代作業優先值組的優先值大小僅為隨機的初代可能解，尚無法顯現各作業的執行價值，需經由遺傳演算收斂至最佳解後方得顯現出執行價值的高低。

AVO-PLAN 將作業優先值範圍界定在 0~1 之間，其相對大小便代表使用資源的優先性，例如作業優先值 0.72 的作業將可以比作業優先值 0.48 的作業優先使用各項資源。資源充足仍不執行的作業之作業優先值為-1，由於其對應的虛擬作業的作業優先值為 0，如此便會使這些作業即使所需資源充足仍不被執行。作業優先值-1 的設定

是為了辨識出哪些作業雖然已經可以執行但是先不執行，在 AVO-PLAN 中則以一定的機率隨機出現在作業優先值當中。

AVO-PLAN 會依據各作業優先值組執行模擬分析，過程中 AVO-PLAN 會一併計算出各單位時間的現金流量，再納入設施殘值一併計算整個專案的淨現值。模擬分析與多倍體遺傳演算機制成為重複循環執行的步驟，不斷繁衍新一代的作業優先值組以尋找最佳的專案淨現值，直到專案淨現值滿足遺傳演算的收斂條件後完成求解收斂，才能獲得最佳的作業優先值組。

3. 多倍體遺傳演算

遺傳演算法與自然界物競天擇相同，對環境適存程度高的個體將有更高的生存機率，更有機會繁衍下一代。在遺傳演算法求解過程中，通常以適存函數(fitness function)來判斷解的優劣。而在本研究中的適存程度並不為函數形式，而是以模擬分析計算獲得的專案淨現值（考慮各項設施的期末殘值）將作為遺傳演算中的適存值，其是否滿足遺傳演算收斂條件將作為判定最佳解的依據。AVO-PLAN 模式將作業優先值轉置為染色體基因編碼，相同時間的作業優先值組以一條染色體表示，所有的染色體則構成為一個多倍體。每個作業在每個單位時間 T 都會有一個優先值。作業 A_1 在 $T = i$ 時的優先值可表示為 $P_{1,i}$ ， n 個作業 (A_1, A_2, \dots, A_n) 在 $T = i$ 時的優先值組則為 $P_{1,i}, P_{2,i}, P_{3,i}, \dots, P_{n,i}$ 。若專案的總時程共有 m 個單位時間，則每個單位時間的優先值組基因編碼，便集成為一個具有多條染色體的多倍體，以描述各作業在每個單位時間的資源使用優先值，如圖 10 所示。

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	...	A _n
T ₀	P _{1,0}	P _{2,0}	P _{3,0}	P _{4,0}	P _{5,0}	...	P _{n,0}
T ₀	P _{1,1}	P _{2,1}	P _{3,1}	P _{4,1}	P _{5,1}	...	P _{n,1}
T ₀	P _{1,2}	P _{2,2}	P _{3,2}	P _{4,2}	P _{5,2}	...	P _{n,2}
T ₀	P _{1,3}	P _{2,3}	P _{3,3}	P _{4,3}	P _{5,3}	...	P _{n,3}
T ₀	P _{1,4}	P _{2,4}	P _{3,4}	P _{4,4}	P _{5,4}	...	P _{n,4}
T ₀	P _{1,5}	P _{2,5}	P _{3,5}	P _{4,5}	P _{5,5}	...	P _{n,5}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
T _m	P _{1,m}	P _{2,m}	P _{3,m}	P _{4,m}	P _{5,m}	...	P _{n,m}

圖 10 T = 0~m 時優先值組的多倍體基因編碼

在篩選作業優先值組的過程中，AVO-PLAN 採用一般常用的「俄羅斯輪盤法」。個體被選擇的機率大小有如輪盤上所佔的扇形區塊面積，扇形區塊愈大則被選中的機率愈大，其與個體的適存值大小相關 [Falkenauer 1999]，可以式 5-1 的期望值表示。為避免極佳的個體在選擇過程中被剔除，本研究輔以最優保存策略，保留淨現值排序前 5% 的個體複製至次代。

$$ex(j) = \frac{f_j}{\bar{f}} \quad (5-1)$$

f_j ：第 j 個體的適存值

\bar{f} ：全部族群的平均適存值

完成作業優先值組的篩選後，AVO-PLAN 進行個體交配。除了採用一般遺傳演算法的「機會均等式交配」方法以外，AVO-PLAN 亦會以個別單位時間的作業優先值組為對象進行「單位時間對應交配」。二種交配方法的交互應用方式則有使用者訂定之，在子代繁衍的過程中適時地改用單位時間對應交配，極可能尋得更好的優先值組。交配完成後，AVO-PLAN 依使用者所訂定的突變機率，隨機選取字串改變後便會產生新一代的個體群。遺傳演算的機制將重複執行，直到最新代個體群中的最佳專案淨現值已經顯現收斂情形為止。

4.輸出遊憩區設施開發策略與排程方案

交配及突變產生的次代作業優先值組將再次進行模擬分析，從結果中計算出淨現值。透過上述重複繁衍次代優先值組的步驟，直至最大淨現值趨於穩定，即為滿足遺傳演算的收斂條件。具有最大淨現值的作業優先值組成為專案開發策略的依據，AVO-PLAN 以此進行模擬分析的結果進而預測出最佳的專案排程方案，提供使用者做為參考方案。



5.2 多倍體遺傳演算應用

篩選出的作業優先值組便可進行交配與突變，以產生次代的作業優先值組。一般單倍體遺傳演算法的交配方式包括單點式交配 (one-point crossover)、雙點式交配 (two-point crossover)、機會均等式交配 (uniform crossover)。圖 11 是個體的所有基因採用機會均等式交配的過程，其中每個基因發生交換的機率是彼此獨立的。

除此之外，本研究所採用的多倍體可以單位時間對應交配 (time unit crossover)，如圖 12 示。單位時間對應交配是以同一單位時間的整條染色體去對應進行交配。同一單位時間的優先值排列成多倍體中的其中一條染色體，其相對大小關係決定了該單位時間內資源供取的情況。作業的作業優先值組在繁衍數代以後，子代個體中的某些單位時間作業優先值組可能已經逐漸形成優良的大小關係。為保留這些內涵良好的染色體，則可採單位時間對應交配，以避免在交配時染色體被切斷 (單點式與雙點式交

配)或全部打散(機會均等式交配)。因此,在子代繁衍的過程中適時地改用單位時間對應交配,極可能尋得更好的優先值組。至於如何將機會均等式交配與單位時間對應交配適當地交互應用以提升求解效益,此假設將透過第六章案例分析做進一步的探討。

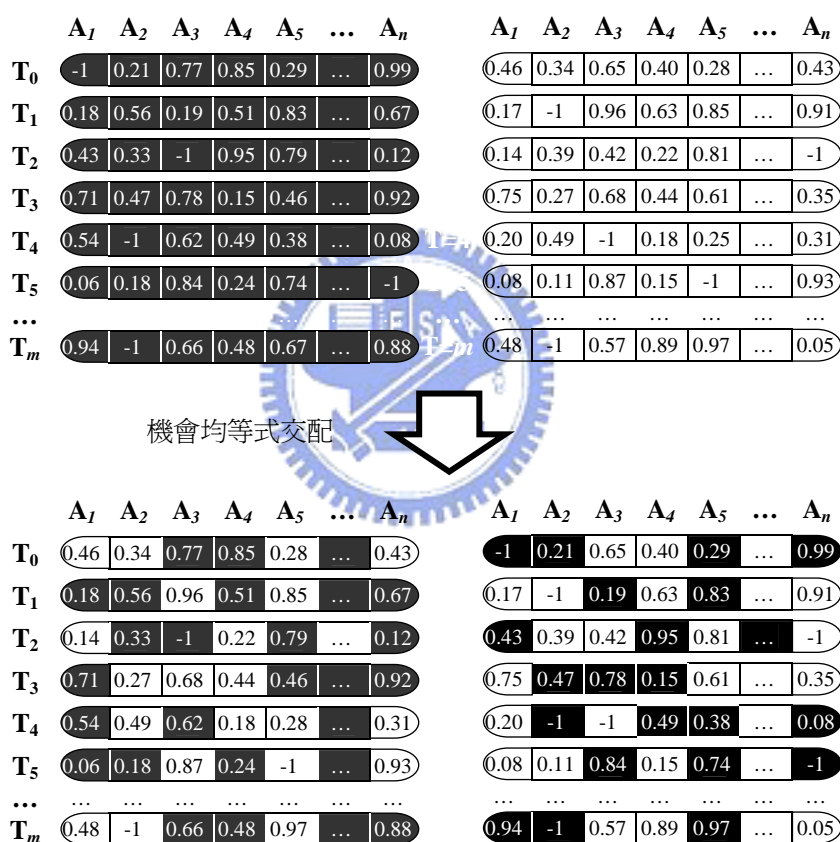


圖 11 多倍體基因結構的機會均等式交配

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	...	A_n		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	...	A_n
T_0	-1	0.21	0.77	0.85	0.29	...	0.99		0.46	0.34	0.65	0.40	0.28	...	0.43
T_1	0.18	0.56	0.19	0.51	0.83	...	0.67		0.17	-1	0.96	0.63	0.85	...	0.91
T_2	0.43	0.33	-1	0.95	0.79	...	0.12		0.14	0.39	0.42	0.22	0.81	...	-1
T_3	0.71	0.47	0.78	0.15	0.46	...	0.92		0.75	0.27	0.68	0.44	0.61	...	0.35
T_4	0.54	-1	0.62	0.49	0.38	...	0.08		0.20	0.49	-1	0.18	0.25	...	0.31
T_5	0.06	0.18	0.84	0.24	0.74	...	-1		0.08	0.11	0.87	0.15	-1	...	0.93
...
T_m	0.94	-1	0.66	0.48	0.67	...	0.88		0.48	-1	0.57	0.89	0.97	...	0.05

單位時間對應交配



	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	...	A_n		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	...	A_n
T_0	0.46	0.34	0.65	0.40	0.28	...	0.43		-1	0.21	0.77	0.85	0.29	...	0.99
T_1	0.18	0.56	0.19	0.51	0.83	...	0.67		0.17	-1	0.96	0.63	0.85	...	0.91
T_2	0.14	0.39	0.42	0.22	0.81	...	-1	$T=2$	0.43	0.33	-1	0.95	0.79	...	0.12
T_3	0.71	0.47	0.78	0.15	0.46	...	0.92	$T=3$	0.75	0.27	0.68	0.44	0.61	...	0.35
T_4	0.20	0.49	-1	0.18	0.25	...	0.31	$T=4$	0.54	-1	0.62	0.49	0.38	...	0.08
T_5	0.08	0.11	0.87	0.15	-1	...	0.93	$T=5$	0.06	0.18	0.84	0.24	0.74	...	-1
...
T_m	0.94	-1	0.66	0.48	0.67	...	0.88	$T=m$	0.48	-1	0.57	0.89	0.97	...	0.05

圖 12 多倍體基因結構的單位時間對應交配

5.3 系統實作

本研究將前述所建立的 AVO-PLAN 模式實作建立一電腦軟體系統，以供專案規劃者能透過系統操作獲得模式所提供的規劃方案建議。本節說明系統的架構與流程，以及主要功能與操作介面的敘述。

5.3.1 系統架構

依據本研究所提出的 AVO-PLAN 模式，以 Visual Basic 6.0 建構應用系統，且以 Stroboscope 2.0.1.5 [Martinez 1996] 編譯及執行模擬分析網路。圖 13 為 AVO-PLAN 的系統架構圖，由 Visual Basic 所製作完成的主程式 AVO_PLAN 負責提供使用者操作介面與存取資料，將優先值組與專案資料編譯成為 Stroboscope 可以執行的程式碼並且存檔為 txt 檔。接著 AVO-PLAN 呼叫執行 Stroboscope，將執行模擬分析完成後的數據結果儲存為 txt 檔後，傳輸回到 AVO_PLAN 主程式進行多倍體遺傳演算機制的複製、選擇、突變等各項運算工作，如此反覆繁衍至所設定的世代數為止。接著，多倍體遺傳演算機制會將所尋得的最佳淨現值時（滿足求解收斂條件），AVO-PLAN 會將具有最佳淨現值的作業優先值組送至 Stroboscope 程式中執行模擬分析，獲得進度規劃的參考方案。

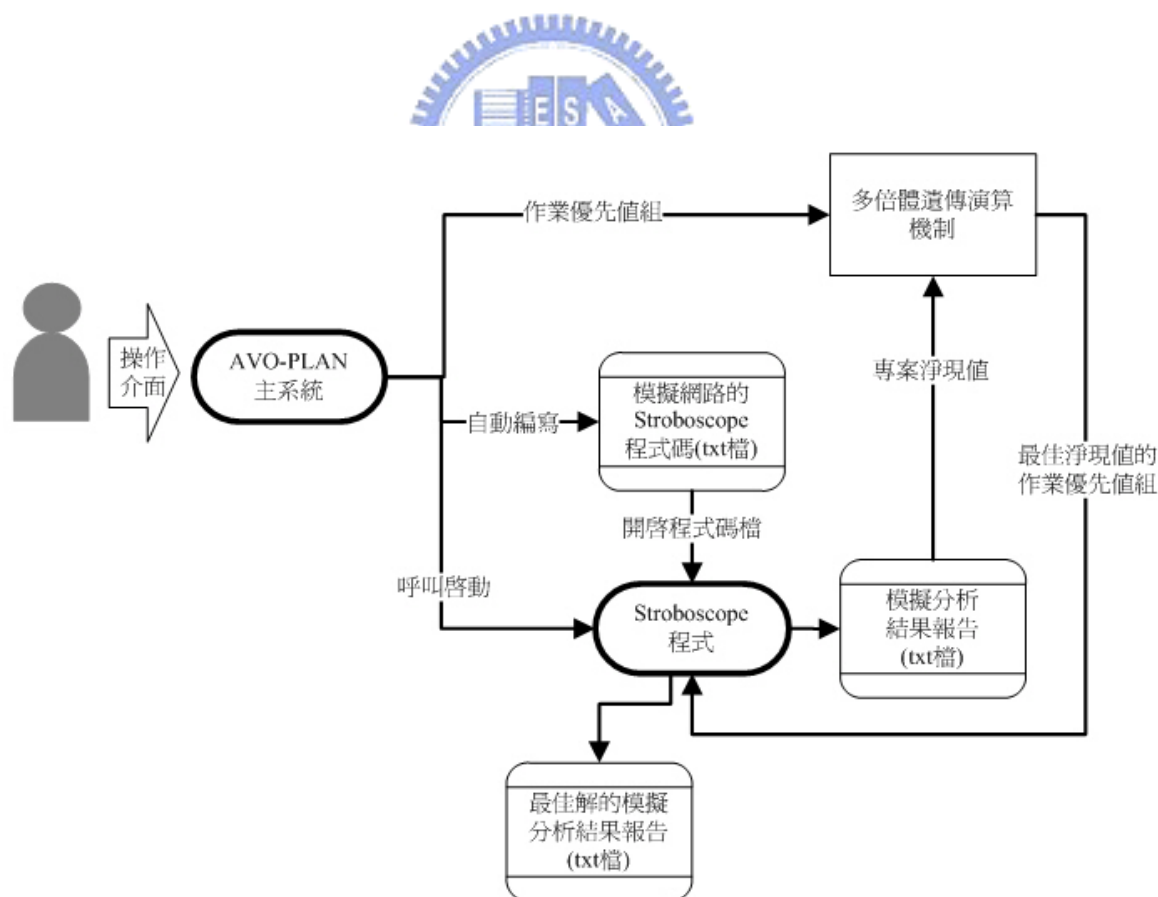


圖 13 系統結構圖

5.3.2 系統功能與介面

系統的操作介面分為五大部分：(1)專案資料輸入與參數設定(Model Setting) (2)專案使用資源之編輯(Resource Edit) (3)設施與作業之編輯(Facility and Activity) (4)資源供需編輯(Resource Flow) (5)執行模擬與遺傳演算(Run)。

圖 14 是 AVO-PLAN 之專案資料輸入與參數設定畫面，使用者必須輸入專案資訊（包括專案的總時程、以及年利率計算基準等）、遺傳演算的參數（包括初始母體數、演化世代數、交配率、突變率以及是否導入單位時間交配方式）。

圖 15 是提供使用者編輯專案使用資源的介面，使用者必須輸入資源的名稱、計算單位以及初始的數量。輸入完成的資源項目則會於檢視框中列出。

The screenshot shows the 'AVOPLAN_Model Setting' window. At the top, there are four tabs: 'Resource Edit' (selected), 'Facility and Activity', 'Resource Flow', and 'Run'. The main area is divided into three sections:

- Project Information:** Total Duration: 120 months; Discount Rate: 4%.
- GA Parameters:** Population Size: 100; Generation: 500; Crossover Rate: 100%; Mutation Rate: 5%. Crossover methods: Uniform-point crossover in each generation; Time unit crossover in each generation; Uniform-point crossover in odd generations and time unit crossover in even generations since 15th generation.
- Simulation Parameters:** Priority Value Range: 0 ~ 1; None-priority Rate: 15%. Variable Type: Fixed value; Normal distribution.

圖 14 專案資料輸入與參數設定畫面

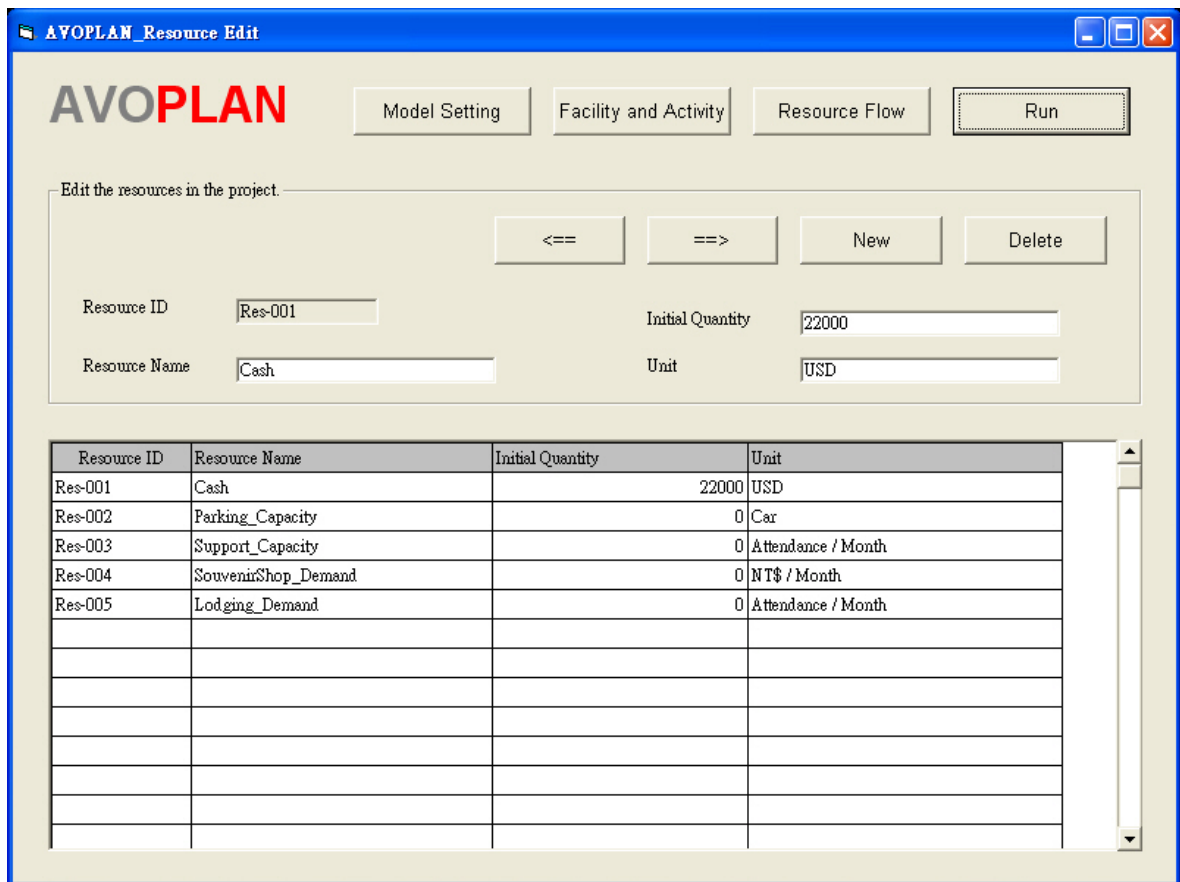


圖 15 專案使用資源之編輯畫面

圖 16 是 AVO-PLAN 提供給使用者輸入專案開發設施及其作業相關資料的介面。使用者輸入設施名稱後便可勾選該設施的作業項目（包括規劃設計、興建、營運或是使用者自行設定的作業），並且輸入該作業的工期。輸入完成的設施項目則會於檢視框中列出。此外，使用者須設定該設施是屬於必要性或選擇性。一定要開發的設施應設定設定為必要性設施，尚在評估是否投資開發的設施應設定為選擇性設施，交由模式進行評估是否排入專案進度規劃中。

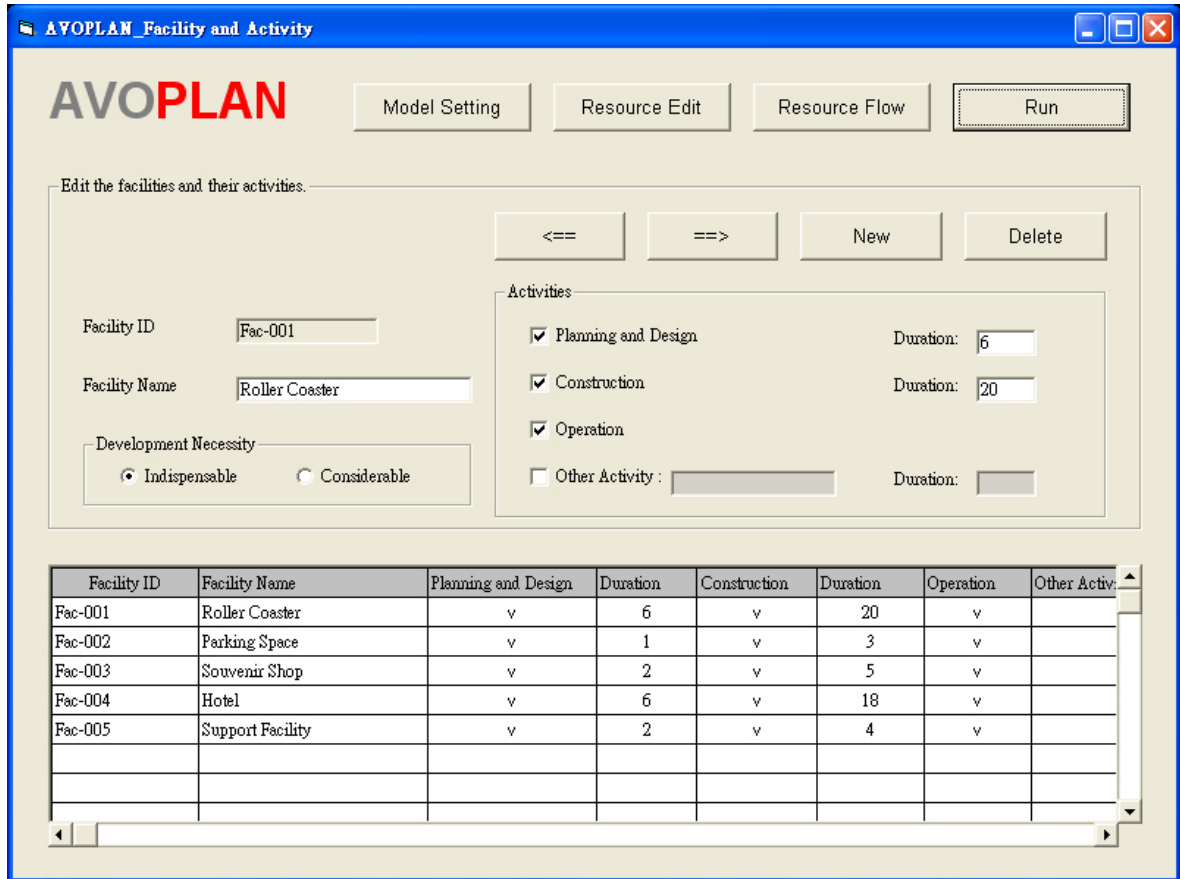


圖 16 設施與作業之編輯畫面

圖 17 是各項資源供需關係的編輯畫面。使用者可以建立在各作業之間的資源流動關係，輸入供給與使用的前置後置關係以及數量。輸入完成的資源流動關係項目會於檢視框中列出，可作進一步的編輯設定。

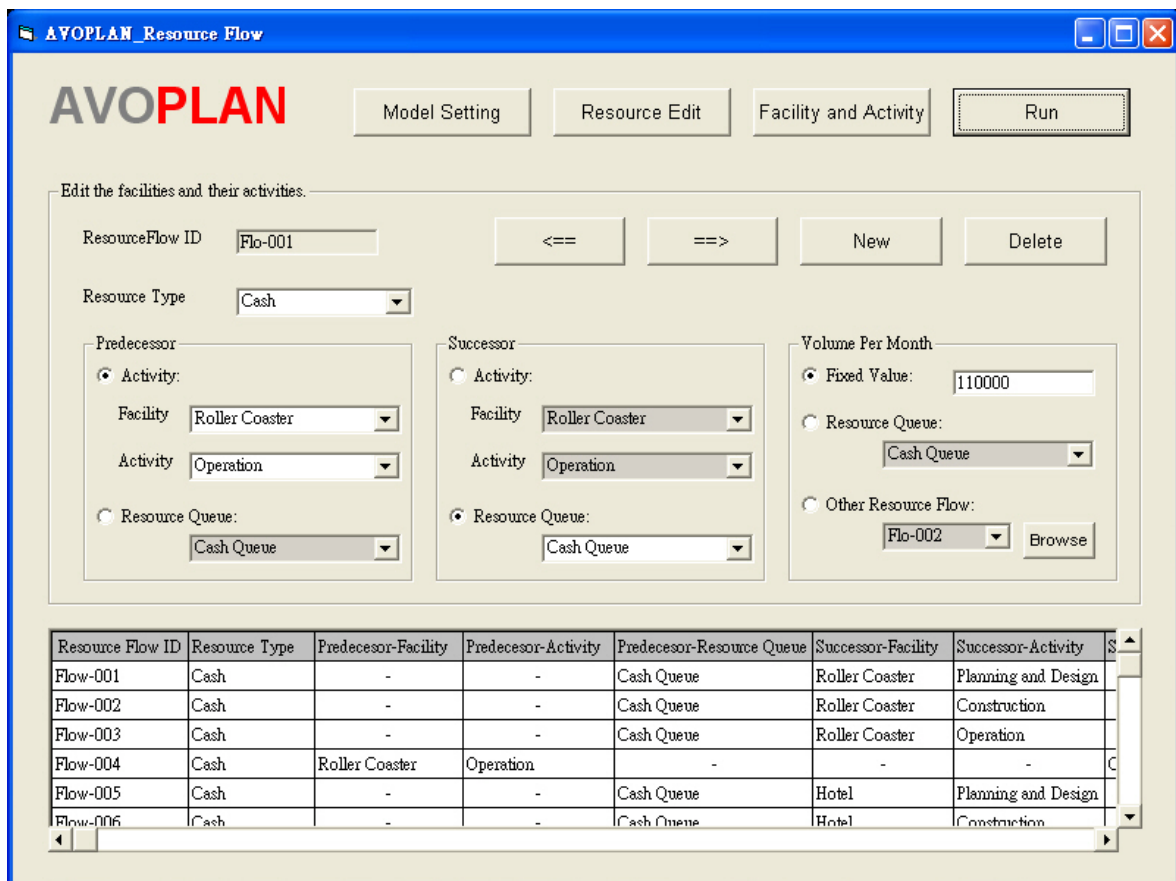


圖 17 資源供需編輯畫面

當使用者將系統所需各項資料輸入完成後，便可執行模擬與遺傳演算之程序。在執行期間，AVO-PLAN 會呼叫 Stroboscope 程式執行模擬分析，並且在分析結果中計算出各單位時間的淨現金流量，進而計算該專案的淨現值，如圖 18 所示。

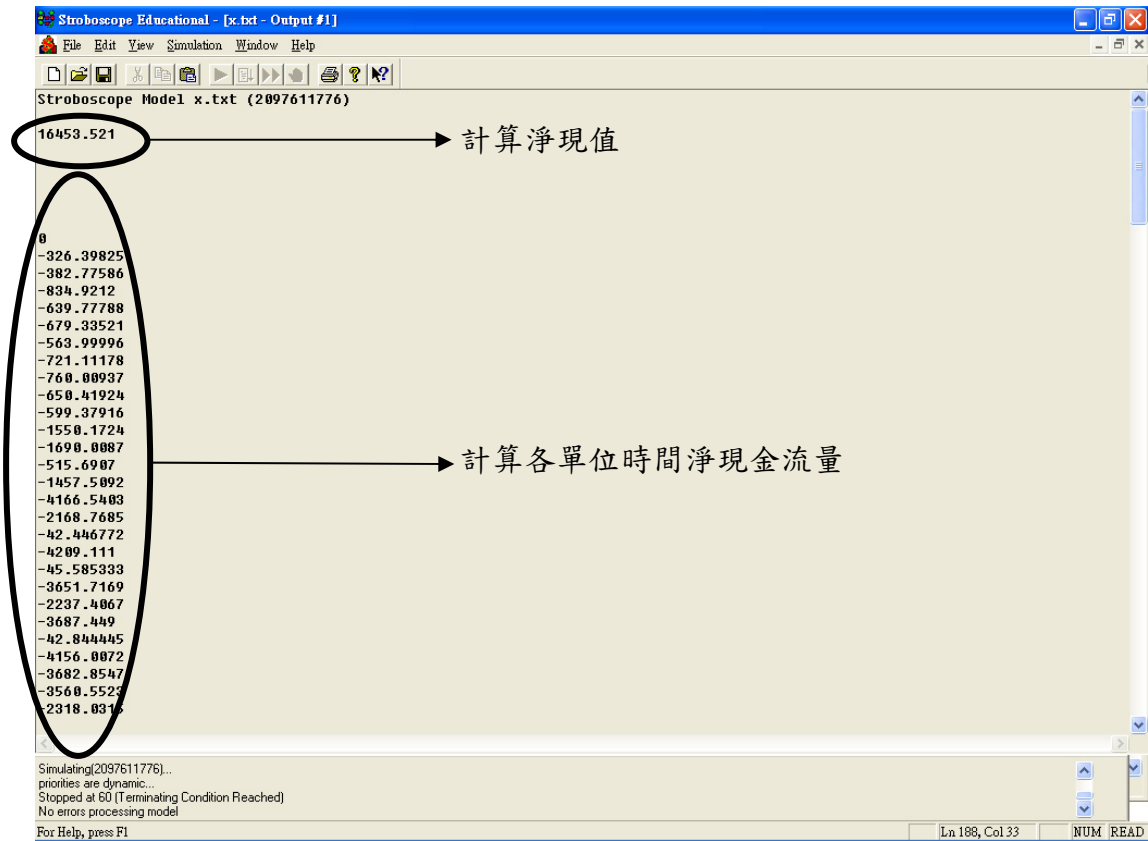


圖 18 Stroboscope 計算淨現值

此外，在 Stroboscope 執行模擬分析的結果中，亦可獲知各項作業 Activity 在各單位時間的執行情況，以 0 代表不被執行，1 代表被執行，彙整所有作業的執行情況即成為該專案的預估進度計畫，如圖 19 所示。

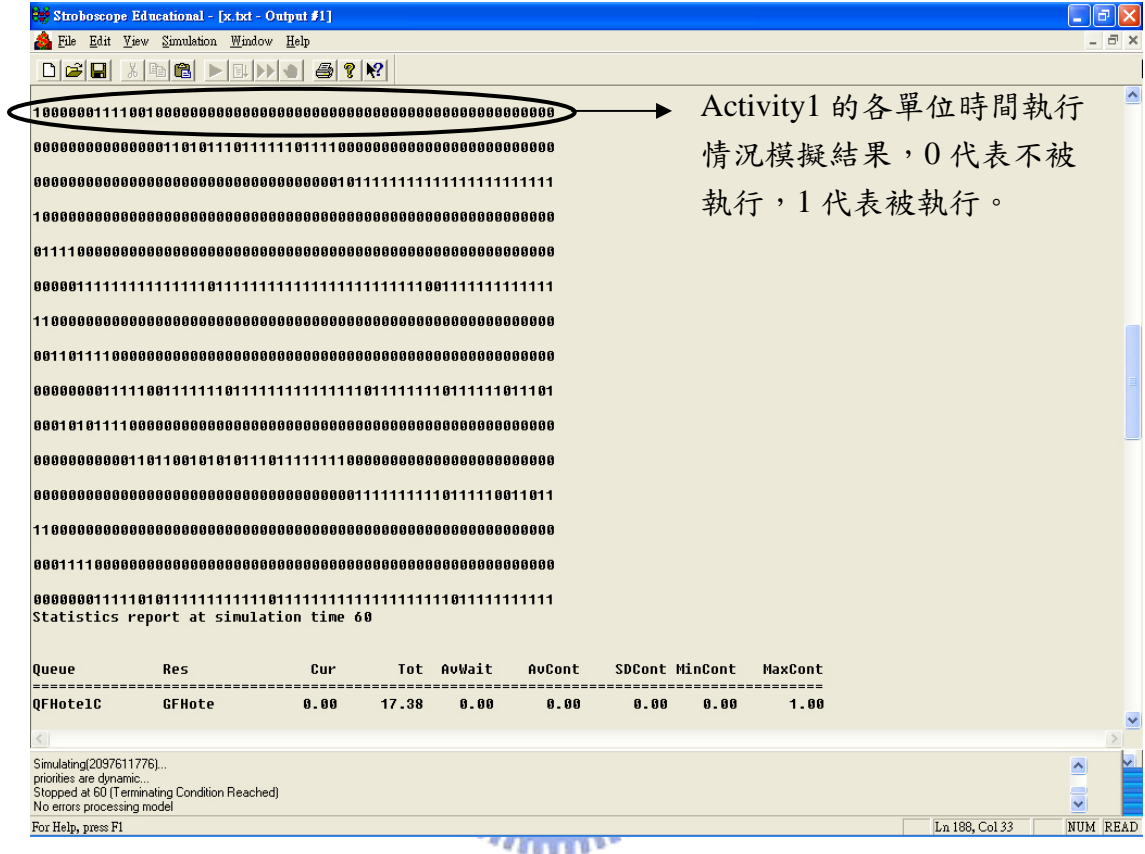


圖 19 Stroboscope 模擬各 Activity 的執行情況

圖 20 是程序完成的結果畫面。畫面左側除了顯示該次執行的專案資訊、遺傳演算設定參數及模擬分析設定參數以外，左下方亦顯示本次收斂尋得的最大淨現值以及收斂世代數，另按下最下方的按鈕則可檢視具有最佳淨現值的時程規劃方案網圖。右側則為遺傳演算的求解收斂曲線圖。

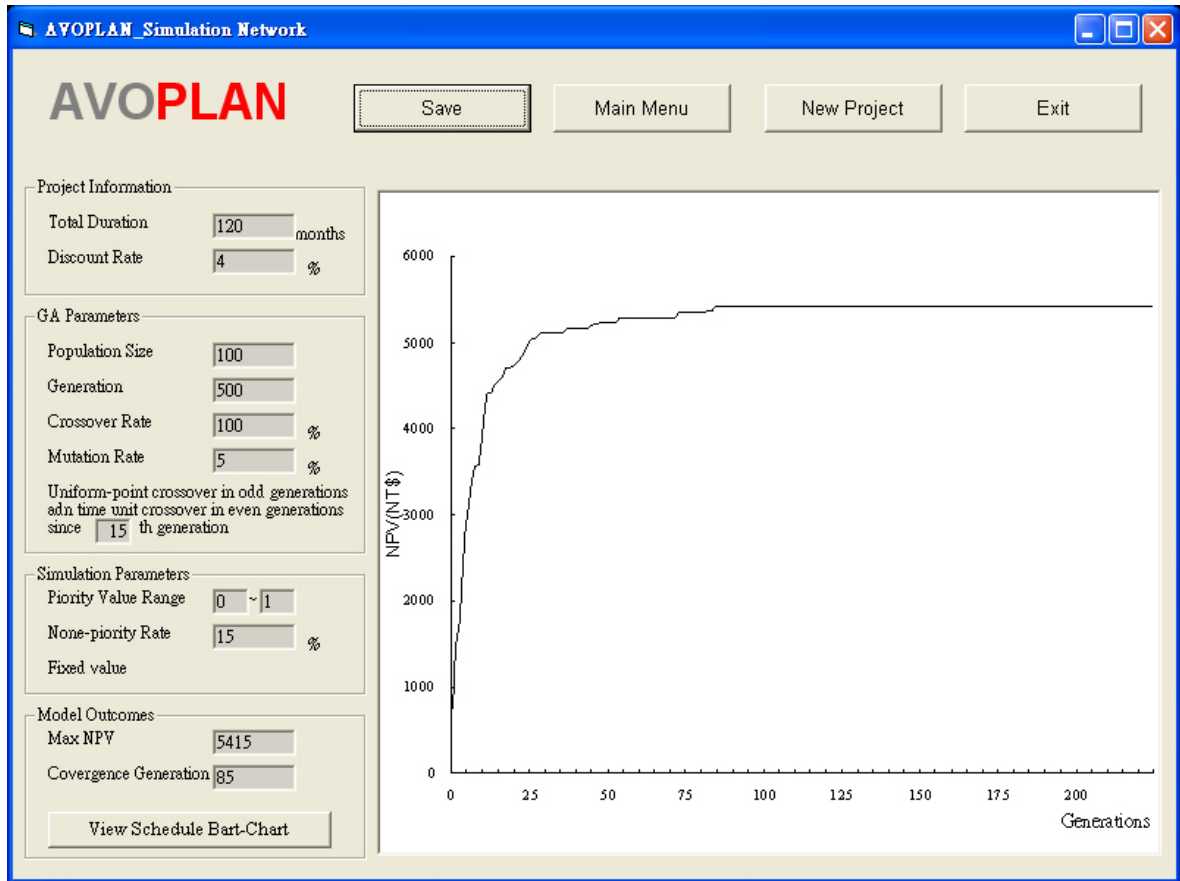



圖 20 AVO-PLAN 執行模擬與遺傳演算

六、案例測試與驗證

為瞭解本研究提出的 AVO-PLAN 模式對於遊憩區開發專案進度規劃之助益，以及與其他模式的比較，試以下列參考實際遊憩區開發專案後修改而成的假設案例進行模式分析與驗證。此外，本章探討多倍體遺傳演算法所能帶來的助益，並且將本研究的 AVO-PLAN 與作業排程直接演算、人類專家排程進行比較分析。此外，亦進一步釋放部分的變數與假設條件，以瞭解 AVO-PLAN 對於較複雜之開發專案的開發時序規劃成效。

6.1 模擬網路建構

6.1.1 專案背景資料



假設案例的預定投資開發設施包括有：(1)摩天輪 (2)雲霄飛車 (3)旋轉木馬 (4)海盜船 (5)3D 電影院 (6)花園迷宮 (7)人造湖泛舟 (8)恐怖屋 (9)停車場 (10)餐廳 (11)紀念品店 (12)旅館 (13)道路 (14)污水處理廠 (15)垃圾場。其中摩天輪、雲霄飛車、旋轉木馬、海盜船、3D 電影院、花園迷宮、人造湖泛舟、恐怖屋、旅館為選擇性設施，交由 AVO-PLAN 評估是否開發，其餘為必要性設施。各設施分別有規劃設計、興建、營運等共 3 個作業，開發專案總和共有 45 個作業，工期以月為單位（如表 5 所示），其中各項設施之營運作業皆執行至專案結束為止。

專案時程設定為 120 個月（10 年）。其他影響淨現值的因子，包括年利率計算基準 5%、各設施項目折舊以興建完成後 30 年直線折舊殘值為 0 計算。

表 5 假設案例的設施項目

設施項目	設施性質	作業	工期(月)
F1 摩天輪	選擇性	A1 摩天輪規劃設計	6
		A2 摩天輪興建	16
		A3 摩天輪營運	-
F2 雲霄飛車	選擇性	A4 雲霄飛車規劃設計	8
		A5 雲霄飛車興建	18
		A6 雲霄飛車營運	-
F3 旋轉木馬	選擇性	A7 旋轉木馬規劃設計	2
		A8 旋轉木馬興建	4
		A9 旋轉木馬營運	-
F4 海盜船	選擇性	A10 海盜船規劃設計	6
		A11 海盜船興建	9
		A12 海盜船營運	-
F5 3D 電影院	選擇性	A13 3D 電影院規劃設計	6
		A14 3D 電影院興建	10
		A15 3D 電影院營運	-
F6 花園迷宮	選擇性	A16 花園迷宮規劃設計	2
		A17 花園迷宮興建	4
		A18 花園迷宮營運	-
F7 人造湖泛舟	選擇性	A19 人造湖泛舟規劃設計	3
		A20 人造湖泛舟興建	10
		A21 人造湖泛舟營運	-
F8 恐怖屋	選擇性	A22 恐怖屋規劃設計	3
		A23 恐怖屋興建	5
		A24 恐怖屋營運	-
F9 停車場	必要性	A25 停車場規劃設計	3
		A26 停車場興建	10
		A27 停車場營運	-
F10 餐廳	必要性	A28 餐廳規劃設計	4
		A29 餐廳興建	10
		A30 餐廳營運	-

F11 紀念品店	必要性	A31 紀念品店規劃設計	3
		A32 紀念品店興建	10
		A33 紀念品店營運	-
F12 旅館	選擇性	A34 旅館規劃設計	10
		A35 旅館興建	18
		A36 旅館營運	-
F13 道路	必要性	A37 道路規劃設計	2
		A38 道路興建	8
		A39 道路營運	-
F14 污水處理廠	必要性	A40 污水處理廠規劃設計	2
		A41 污水處理廠興建	6
		A42 污水處理廠營運	-
F15 垃圾場	必要性	A43 垃圾場規劃設計	2
		A44 垃圾場興建	3
		A45 垃圾場營運	-

假設案例的作業與資源關係如表 6 所示，假設案例的資源項目包括 8 項：

R1 資金：專案開始時的可用資金設定為 600,000,000 元，並假設專案開發興建及營運過程中不再另行增資。設施營運時每月資金之單位則為 元/月。

R2 停車位容納量：由「停車場營運」所提供，以滿足其他設施營運時之遊客及員工停車需求。為與單位時間「月」對應計算，停車位容納量的單位為「台/月」，其專案開始時的數量為 0。

R3 道路容納量：計算單位為「人次/月」，其專案開始時的數量為 0，由「道路營運」所提供，以滿足 F1~F8 等 8 項集客設施營運、F10 餐廳營運、F11 紀念品店營運、F12 旅館營運的道路容納量需求。

R4 污水處理容納量：計算單位為「人次/月」，其專案開始時的數量為 0，由「污水處理廠營運」所提供，以滿足 F10 餐廳營運、F12 旅館營運的污水處理容納量需求。

R5 垃圾處理容納量：計算單位為「人次/月」，其專案開始時的數量為 0，由「垃圾場營運」所提供，以滿足 F1~F8 等 8 項集客設施營運、F10 餐廳營運、F11 紀念品店營運、F12 旅館營運的垃圾處理容納量需求。

R6 飲食需求量：計算單位為「元/月」，其專案開始時的數量為 0。由 F1~F8 等 8 項集客設施營運、F12 旅館營運所產生（遊客與住宿客的紀念品購買需求），需求量總和即為「餐廳營運」的資金收益產出量。

R7 紀念品消費需求量：計算單位為「元/月」，其專案開始時的數量為 0。由 F1~F8 等 8 項集客設施營運、F12 旅館營運所產生（遊客與住宿客的紀念品購買需求），需求量總和即為「紀念品店營運」的資金收益產出量。

R8 住宿需求量：計算單位為「人次/月」，其專案開始時的數量為 0，由 F1~F8 等 8 項集客設施營運所產出，需求量乘以 650 元/人次 為「旅館營運」的資金收益產出量。



表 6 假設案例的作業與資源關係

作業	取用資源	產出資源
A1 摩天輪規劃設計	R1：80,000,000 元	-
A2 摩天輪興建	R1：100,000,000 元	-
A3 摩天輪營運	R1：150,000 元/月 R2：60 台 R3：3,600 人次/月 R4：3,600 人次/月 R5：3,600 人次/月	R1：600,000 元/月 R6：50,000 元/月 R7：50,000 元/月 R8：500 人次/月
A4 雲霄飛車規劃設計	R1：10,000,000 元	-
A5 雲霄飛車興建	R1：150,000,000 元	-
A6 雲霄飛車營運	R1：250,000 元/月 R2：80 台 R3：5,600 人次/月 R4：5,600 人次/月 R5：5,600 人次/月	R1：950,000 元/月 R6：70,000 元/月 R7：52,000 元/月 R8：800 人次/月
A7 旋轉木馬規劃設計	R1：300,000 元	-
A8 旋轉木馬興建	R1：1,000,000 元	-
A9 旋轉木馬營運	R1：30,000 元/月 R2：30 台 R3：600 人次/月 R4：600 人次/月 R5：600 人次/月	R1：250,000 元/月 R6：10,000 元/月 R7：10,000 元/月 R8：50 人次/月
A10 海盜船規劃設計	R1：800,000 元	-
A11 海盜船興建	R1：13,000,000 元	-
A12 海盜船營運	R1：80,000 元/月 R2：40 台 R3：1,600 人次/月 R4：1,600 人次/月 R5：1,600 人次/月	R1：200,000 元/月 R6：20,000 元/月 R7：20,000 元/月 R8：100 人次/月
A13 3D 電影院規劃設計	R1：1,800,000 元	-
A14 3D 電影院興建	R1：45,000,000 元	-

A15 3D 電影院營運	R1：160,000 元/月 R2：60 台 R3：3,000 人次/月 R4：3,000 人次/月 R5：3,000 人次/月	R1：800,000 元/月 R6：60,000 元/月 R7：30,000 元/月 R8：200 人次/月
A16 花園迷宮規劃設計	R1：500,000 元	-
A17 花園迷宮興建	R1：6,000,000 元	-
A18 花園迷宮營運	R1：50,000 元/月 R2：20 台 R3：500 人次/月 R4：500 人次/月 R5：500 人次/月	R1：80,000 元/月 R6：1,000 元/月 R7：1,000 元/月 R8：50 人次/月
A19 人造湖泛舟規劃設計	R1：2,000,000 元	-
A20 人造湖泛舟興建	R1：65,000,000 元	-
A21 人造湖泛舟營運	R1：250,000 元/月 R2：30 台 R3：1,000 人次/月 R4：1,000 人次/月 R5：1,000 人次/月	R1：400,000 元/月 R6：20,000 元/月 R7：20,000 元/月 R8：100 人次/月
A22 恐怖屋規劃設計	R1：500,000 元	-
A23 恐怖屋興建	R1：3,000,000 元	-
A24 恐怖屋營運	R1：50,000 元/月 R2：30 台 R3：800 人次/月 R4：800 人次/月 R5：800 人次/月	R1：200,000 元/月 R6：8,000 元/月 R7：8,000 元/月 R8：100 人次/月
A25 停車場規劃設計	R1：600,000 元	-
A26 停車場興建	R1：20,000,000 元	-
A27 停車場營運	R1：200,000 元/月	R1：500,000 元/月 R2：700 台
A28 餐廳規劃設計	R1：1,100,000 元	-
A29 餐廳興建	R1：12,500,000 元	-
A30 餐廳營運	R1：350,000 元/月 R2：100 台 R3：8,000 人次/月 R4：8,000 人次/月	R1 資金：其他設施產生 R6 之總和

	R5：8,000 人次/月 R6：其他設施產生之總和	
A31 紀念品店規劃設計	R1：800,000 元	-
A32 紀念品店興建	R1：7,500,000 元	-
A33 紀念品店營運	R1：250,000 元/月 R2：50 台 R3：200 人次/月 R4：200 人次/月 R5：200 人次/月 R7：其他設施產生之總和	R1 資金：其他設施產生 R7 之總和
A34 旅館規劃設計	R1：3,200,000 元	-
A35 旅館興建	R1：220,000,000 元	-
A36 旅館營運	R1：1,500,000 元/月 R2：150 台 R3：2,000 人次/月 R4：2,000 人次/月 R5：2,000 人次/月 R8：其他設施產生之總和	R1 資金：其他設施產生 R8 之總和 x 650 元/人次 R7：其他設施產生 R8 之總和 x 650 元/人次 x 15 元/人次
A37 道路規劃設計	R1：1,200,000 元	-
A38 道路興建	R1：12,000,000 元	-
A39 道路營運	R1：20,000 元/月	R3：30,000 人次/月
A40 污水處理廠規劃設計	R1：3,000,000 元	-
A41 污水處理廠興建	R1：11,000,000 元	-
A42 污水處理廠營運	R1：100,000 元/月	R4：30,000 人次/月
A43 垃圾場規劃設計	R1：250,000 元	-
A44 垃圾場興建	R1：1,500,000 元	-
A45 垃圾場營運	R1：70,000 元/月	R5：30,000 人次/月

6.1.2 模擬網路

圖 21、圖 22、圖 23、圖 24 是以資源為連結中心所繪的假設案例模擬網路。使用者將專案資訊輸入 AVO-PLAN 模式之後，系統便會自動編譯完成模擬網路的程式碼，可交由 Stroboscope 執行模擬分析。

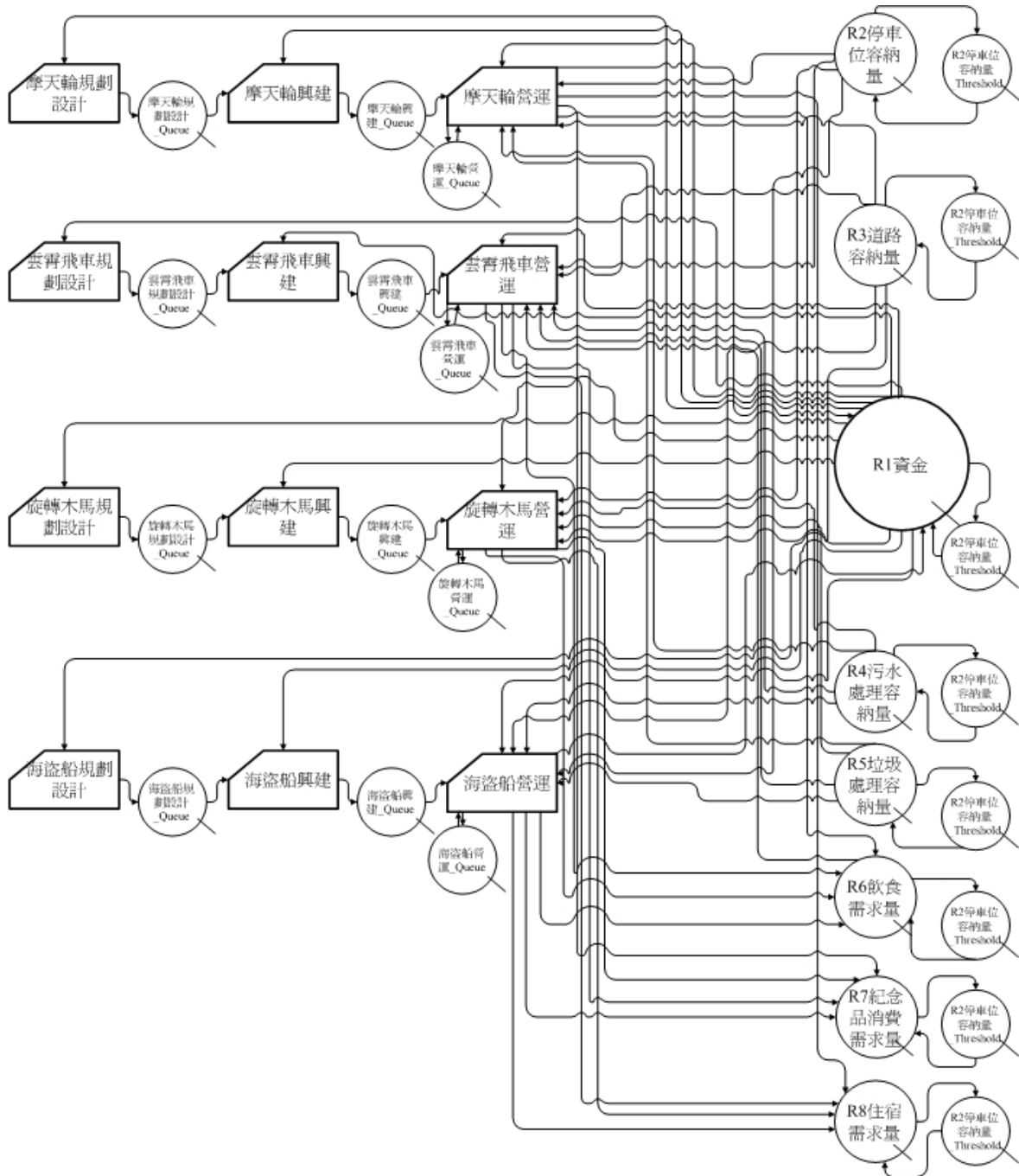


圖 21 假設案例的模擬網路(1/4)

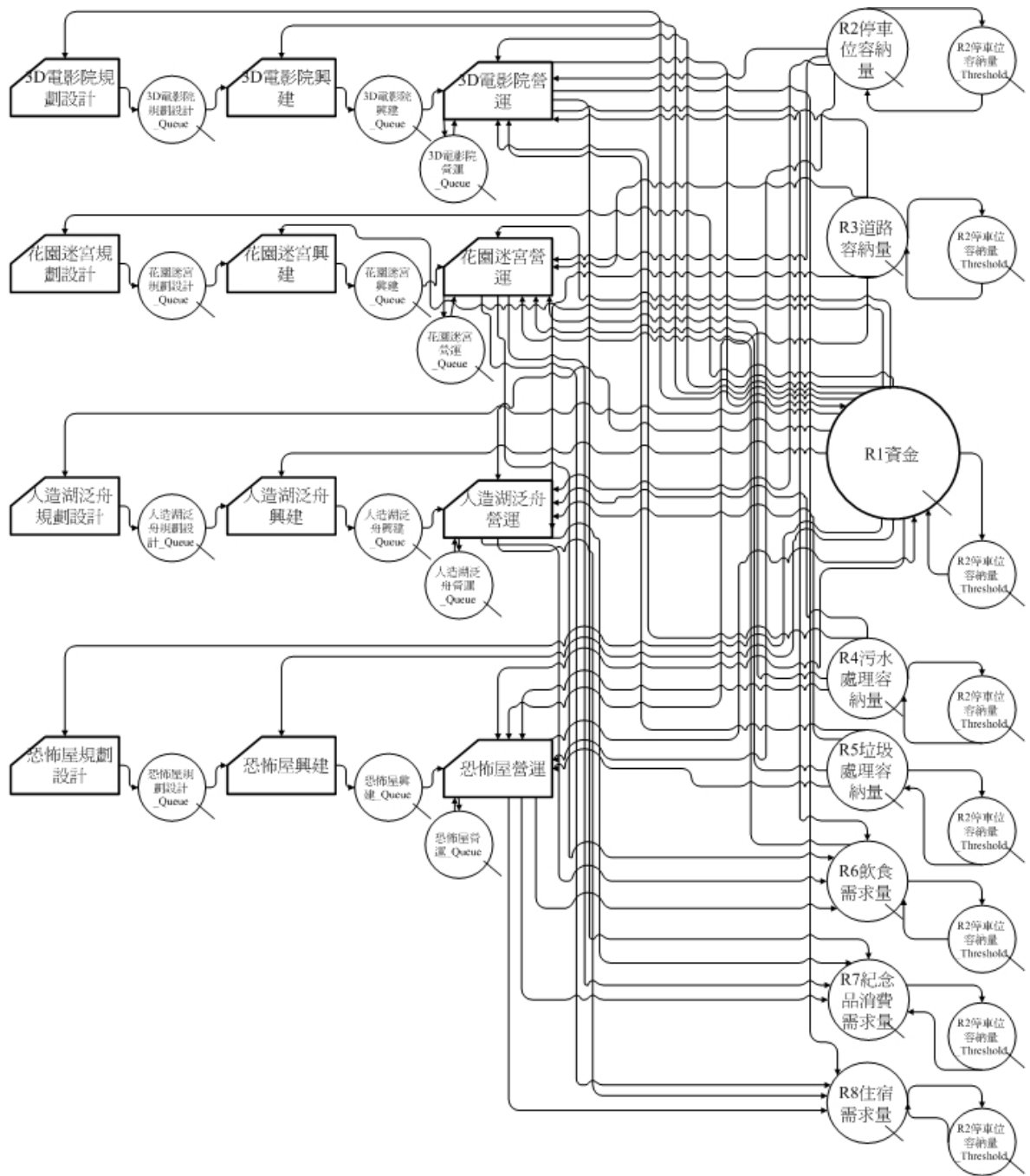


圖 22 假設案例的模擬網路(2/4)

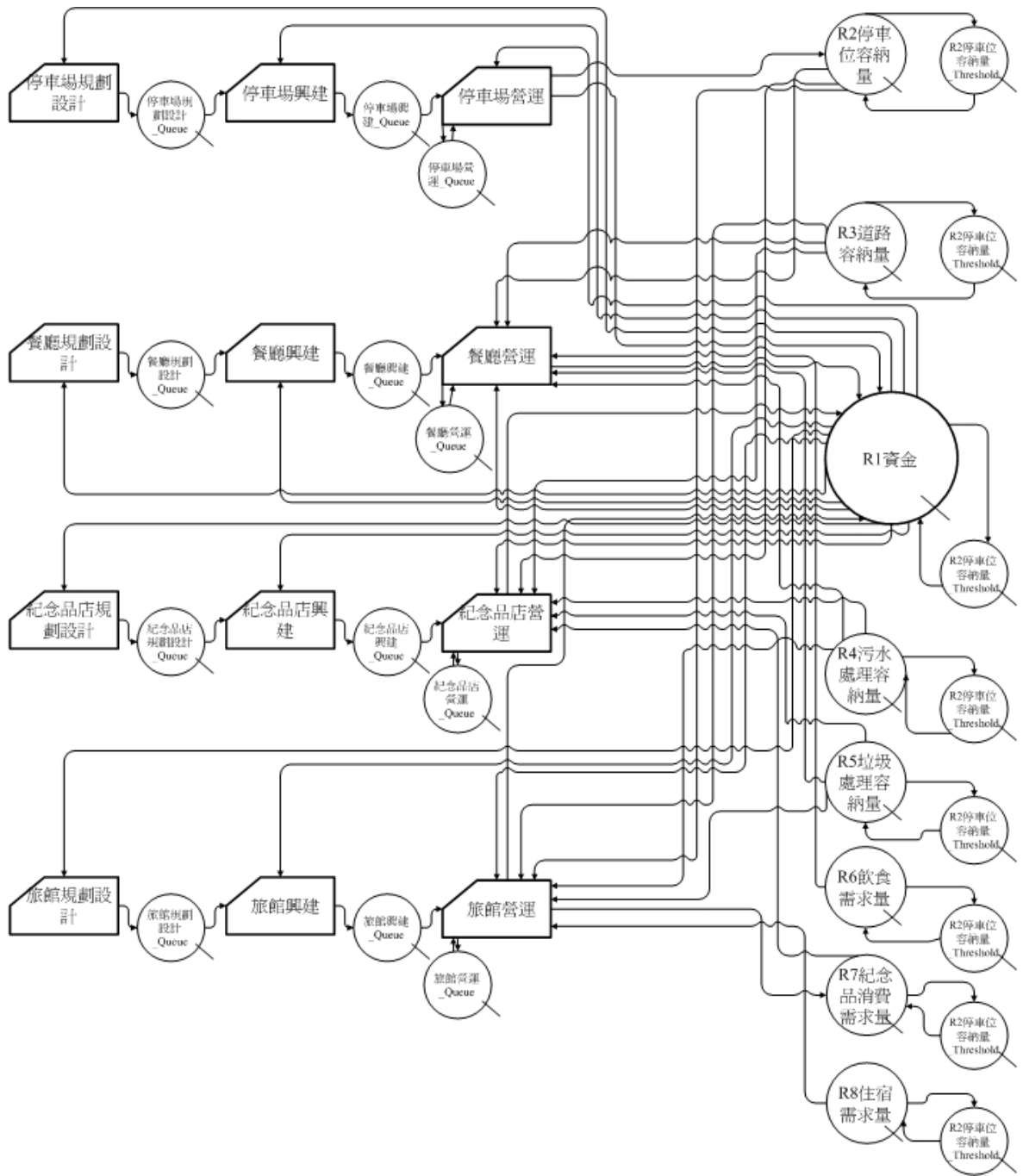


圖 23 假設案例的模擬網路(3/4)

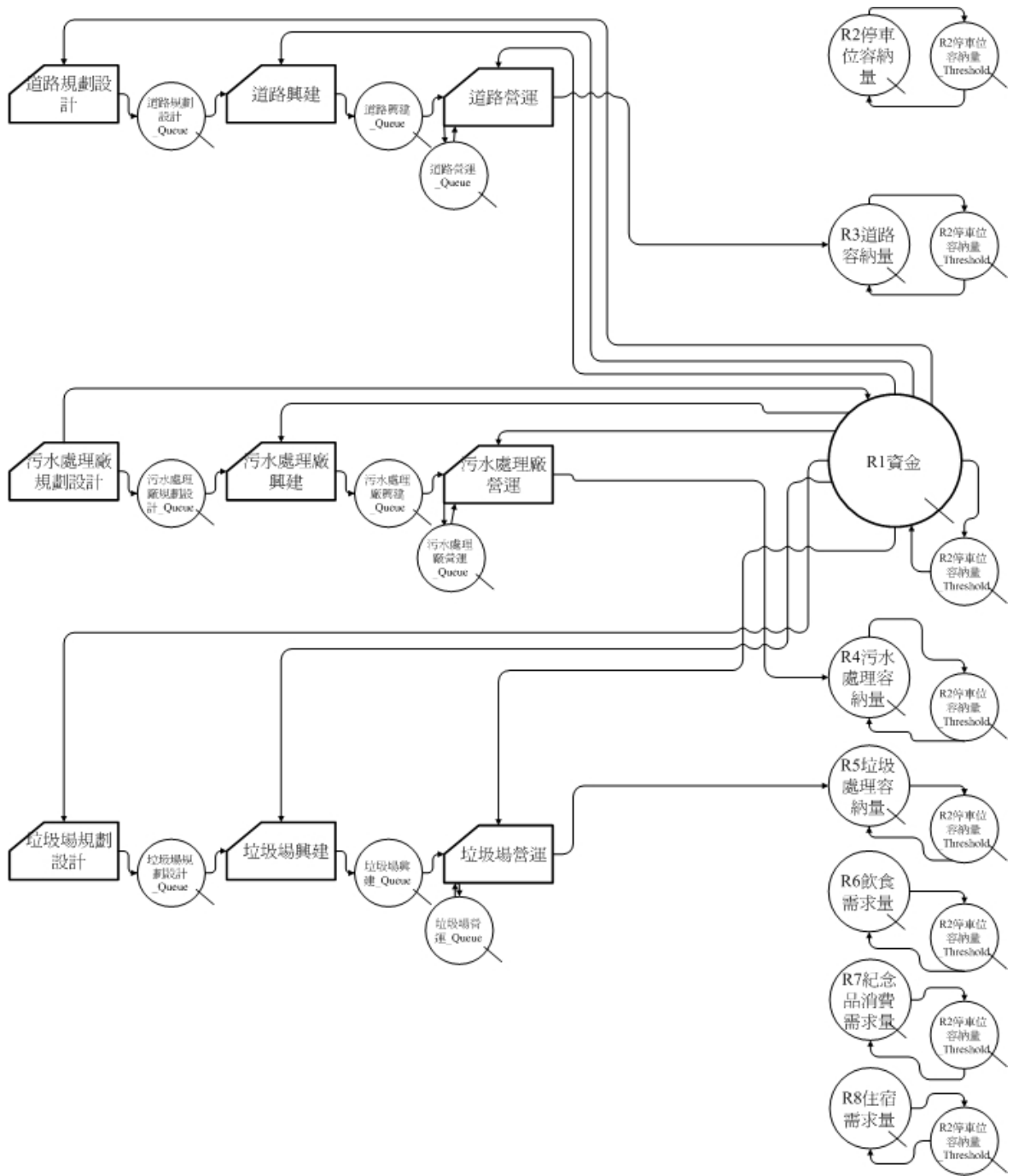


圖 24 假設案例的模擬網路(4/4)

6.2 模式效益比較與改進

將假設案例的相關資料輸入系統後，便能自動建構模擬分析網路。AVO-PLAN 模式透過遺傳演算法的世代繁衍汰弱留強過程，找出淨現值之近似最佳解。

6.2.1 模式效益與規劃方案

將本章所設定之假設案例輸入 AVO-PLAN 系統之中，並且交配方式選擇「各代皆為『機會均等式交配』」，模式運算結果為於第 110 代完成收斂，專案的最大淨現值為 9671 萬元，如圖 25 所示。圖 26 為由最大淨現值的作業優先值組所模擬分析出來的進度網圖規劃方案，其中旋轉木馬、花園迷宮及人造湖泛舟等 3 項設施的開發並未納入。

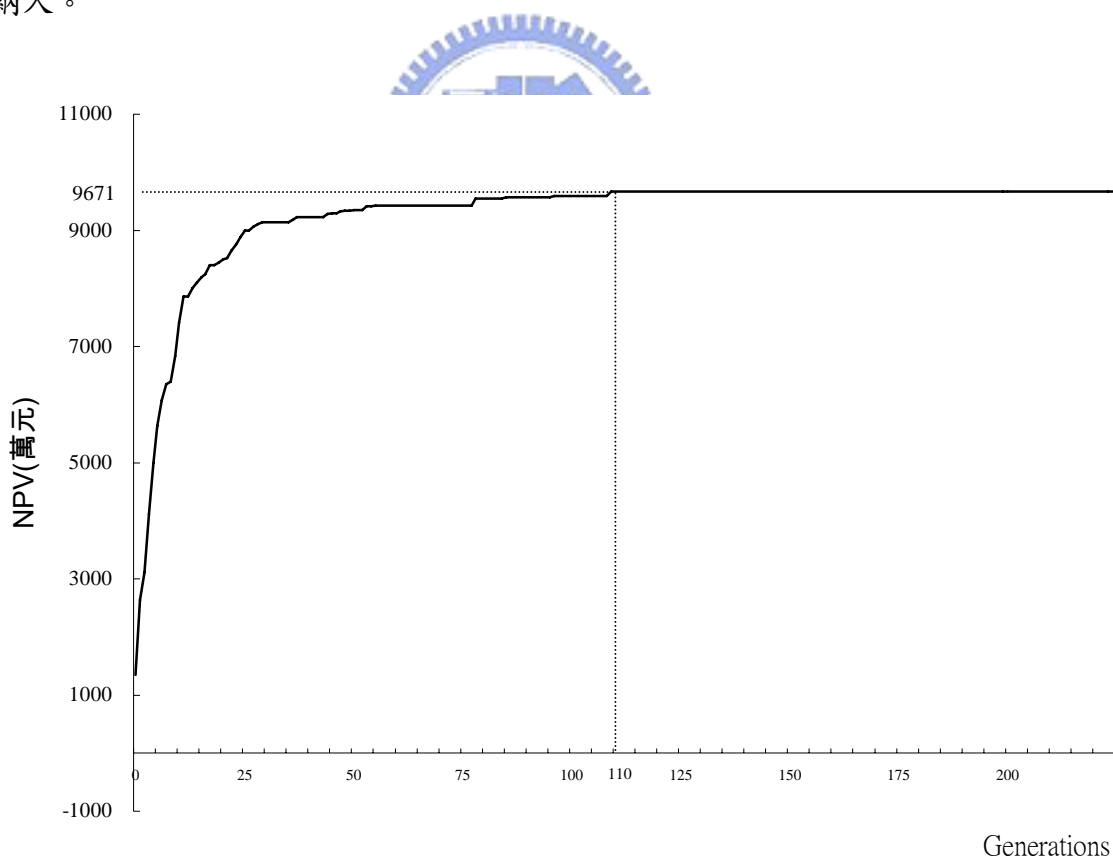


圖 25 AVO-PLAN 之求解曲線

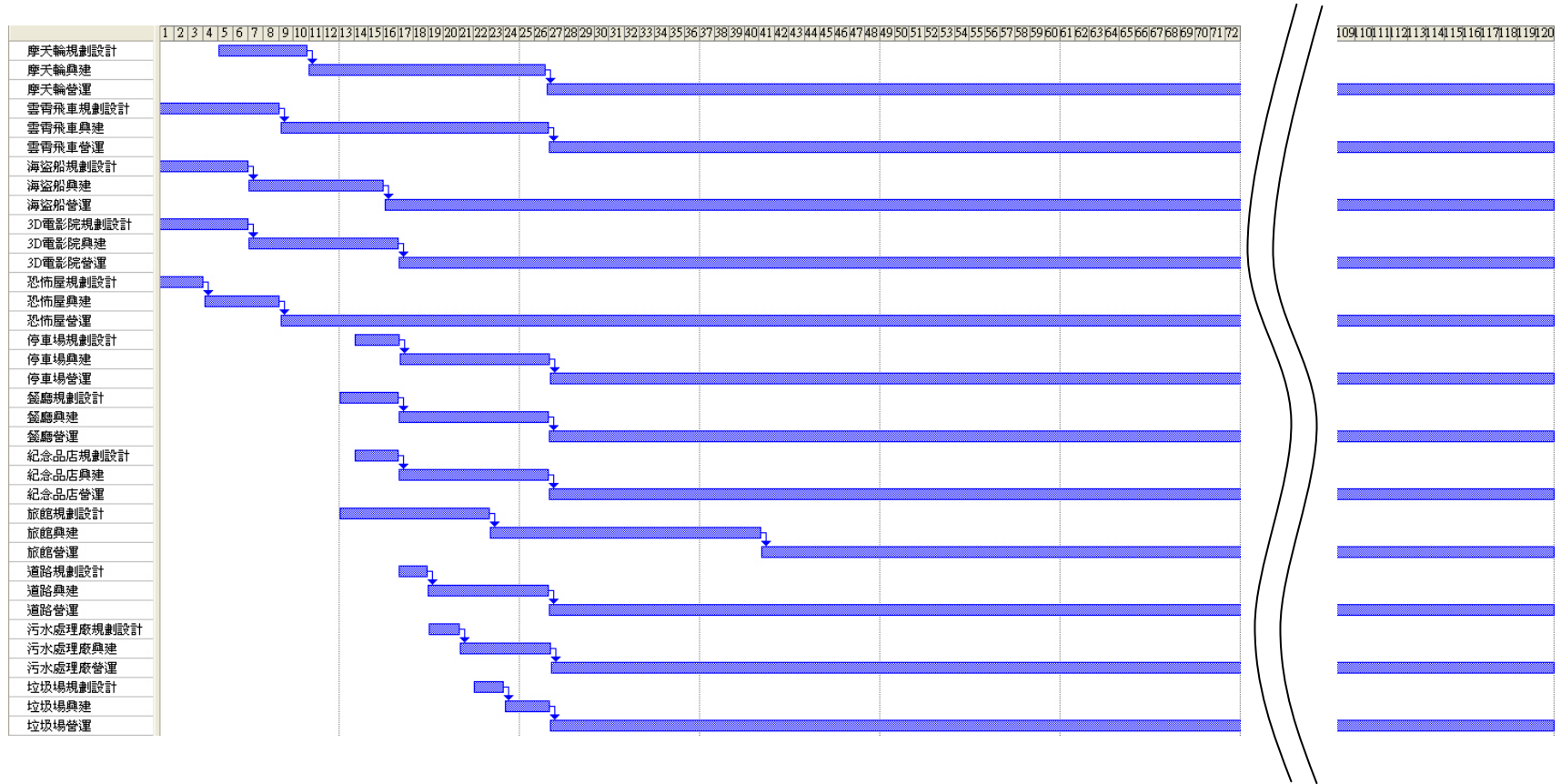


圖 26 AVO-PLAN 所提出之進度網圖規劃方案

6.2.2 導入「單位時間對應交配」之助益

一般於單倍體基因架構使用的交配方式為機會均等式交配，其中每個基因發生交換的機率是彼此獨立的，而本研究建構的多倍體基因也可以單位時間對應交配，即以同一單位時間的整條染色體去對應進行交配。圖 27 便是「單位時間對應交配」影響收斂曲線的結果。

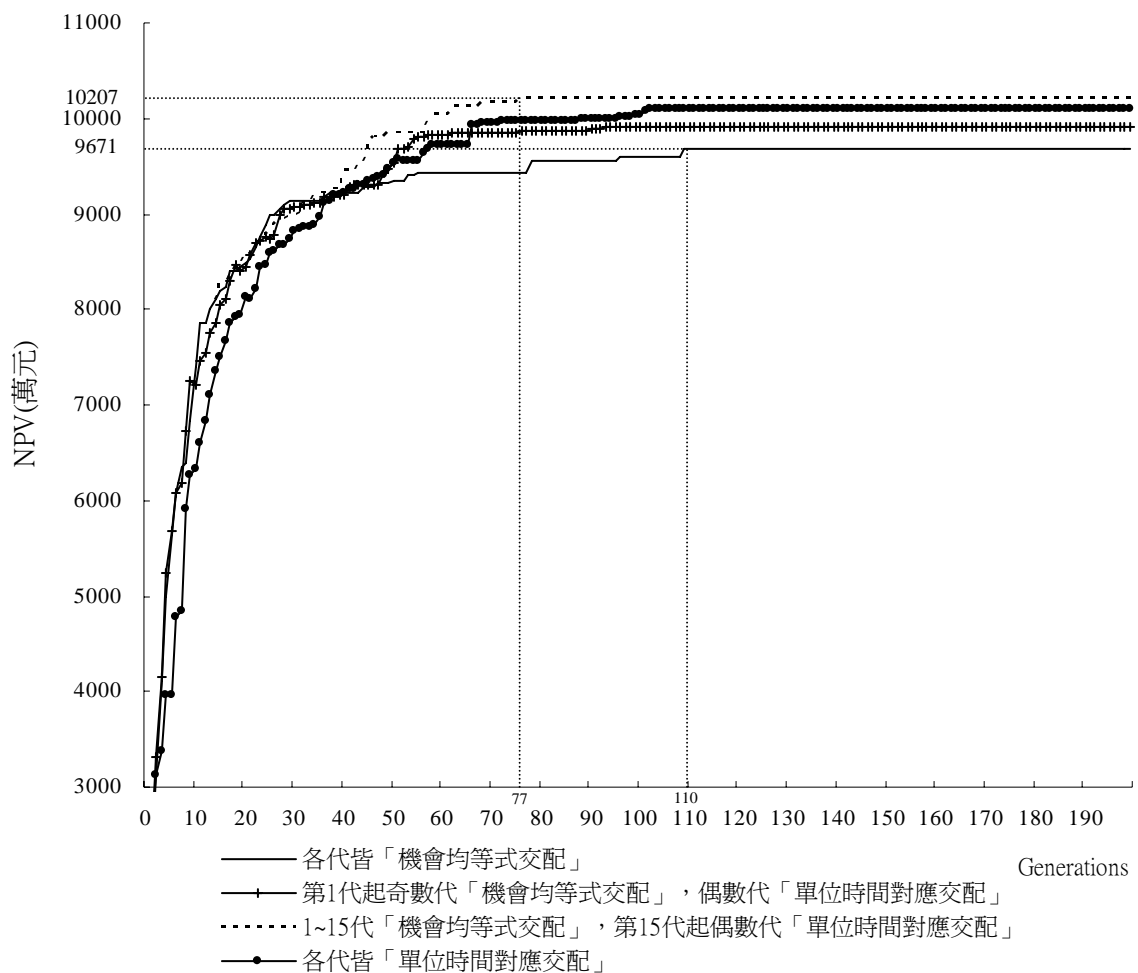


圖 27 「單位時間對應交配」對收斂曲線的影響

如圖 27 所示，本研究試以下列改良方案瞭解「單位時間對應交配」的效益：(1) 從第 1 代起的偶數代改為「單位時間對應交配」；(2) 從第 15 代起的偶數代改為「單位時間對應交配」；(3) 各代皆為「單位時間對應交配」。圖 27 是上列三種改良方案與全部皆為「機會均等式交配」的收斂曲線比較。「各代皆為『機會均等式交配』」於第 110 代完成收斂至最佳值 9671 萬元，而成效最佳的改良方案「從第 15 代起的偶數代改為『單位時間對應交配』」則提早至第 77 代完成收斂（加快 30%），且最佳值提升至 10207 萬元（提升 5.5%）。在適當的世代導入「單位時間對應交配」，將比「各代皆為機會均等式交配或單位時間對應交配」更為快速地找到最佳的近似最佳解。

6.2.3 與作業排程直接演算之比較

本研究所提出的模擬網路中，每個作業都具有一個優先值。在每個單位時間裡，優先值較高的作業將可優先使用各項資源。因此，在每個單位時間裡，各作業的優先值皆可排列出大小順序關係。因此，本研究所提之假設案例，共有 45 個作業，在每個單位時間裡，可能會有的大小順序關係會有 $45!$ 組（45 個中選 1 個為最大，其餘 14 個中選 1 個為第 2 大，以此類推）。假設案例共有 120 個單位時間，因此，整個專案的作業優先值組合會有 $(45!)^{120}$ 組解，並不易以窮舉法將可能解全部求出，因此亦透過遺傳演算法提升近似最佳解的求解速度。

以遺傳演算法進行進度排程的方式，一般是直接依據各作業的最早開始時間、完成時間形成初始母代的各組進度規劃，本研究的 AVO-PLAN 模式則是以各單位時間中各項開發作業被執行的優先值作為基因編碼，由圖 28 可知其求解成效較佳。AVO-PLAN 模式以作業執行價值導向，更容易尋找到資源使用最佳化的進度規劃。

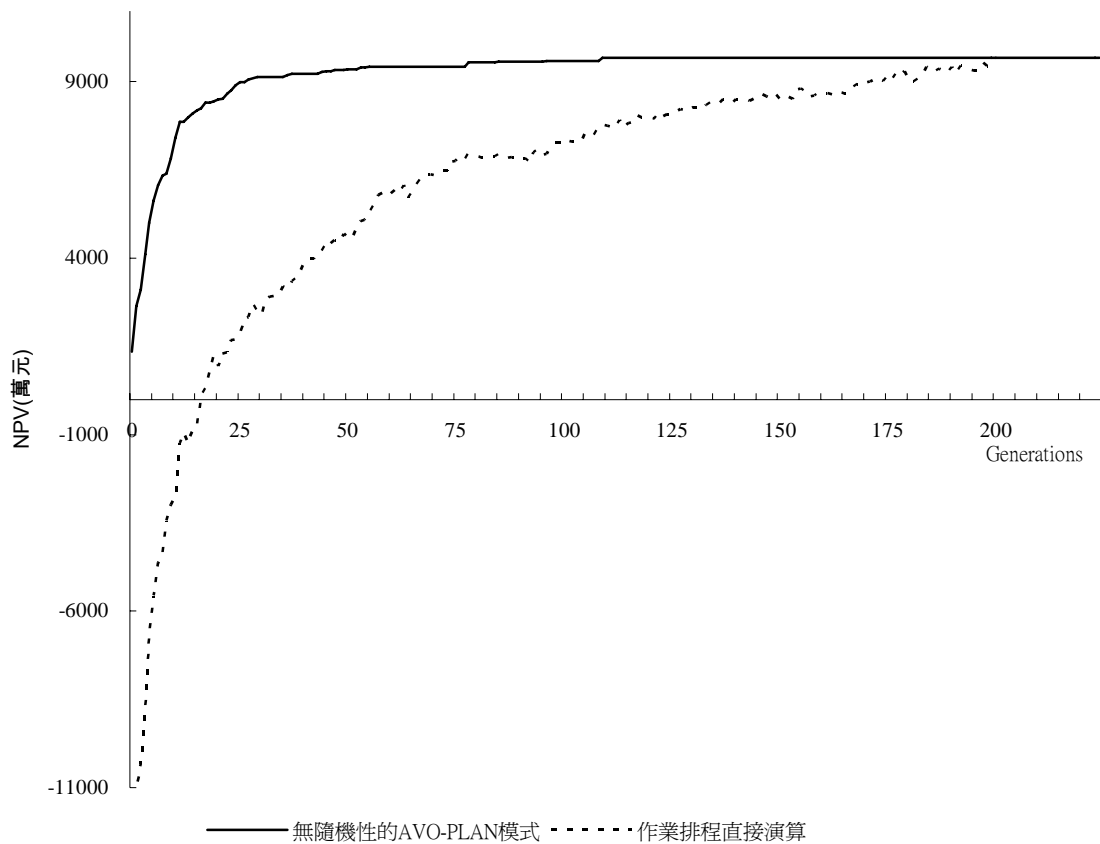


圖 28 AVO-PLAN 與作業排程直接演算之比較

6.2.4 與專家排程的比較

本研究另委由 5 位專家個別對前述假設案例進行排程，以瞭解 AVO-PLAN 模式與專家的排程成效差異。這 5 位專家包括 2 位土地開發公司主管、2 位專案管理顧問、1 位主題樂園經理，他們熟悉進度甘特圖繪製及專案投資淨現值的觀念並皆具有三年以上的相關實務經驗。表 7 為排程結果比較，AVO-PLAN 排程費時 2.5 小時（含使用者操作系統的時間），遠少於專家平均費時 9.5 小時（加快 74%）；而 AVO-PLAN 所得的最佳淨現值也高於專家（平均值增加 43%）。

表 7 AVO-PLAN 與專家的排程成效差異

排程者 排程結果	AVO-PLAN	專家排程
排程時間 (小時)	2.5	平均：9.5
最佳淨現值 (萬元)	10207	平均：7123 最大：8800 最小：5100

經由觀察案例規劃過程得知，專家在規劃設施開發時序時，首先會找出能帶來大量營運收益的主要集客設施，再去了解要使這些集客設施需要哪些設施配合同時營運提供資源（例如停車場與其他支援設施），接著依據總資金量去概算主要集客設施及其需同時配合營運的規劃設計、興建的成本，排定開發的時序。最後再在不影響主要集客設施資金運用的情況下，去安排帶來次要營運收益的設施（例如紀念品店與旅館）的時程。由此亦可發現，專家需要使用繁複計算的情況，發生於需考量總資金量上限時的各作業成本支出計算，有時甚至需要反覆地嘗試錯誤計算。AVO-PLAN 模式透過模擬機制的資源使用計算以及遺傳演算法的最佳求解步驟，可以避免許多人為判斷的誤差，提供專案規劃者值得參考的建議方案。

經由案例分析結果得知，對於十五項設施的開發專案而言，專家的求解速度會嚴重地減慢，且多半靠經驗排程，沒有能力去嘗試多次計算，因此常以概算且趨於保守的方式規劃資源的使用與供給數量。實際開發專案將更行複雜，將使專家的答案與模式所提最佳解差距拉大。此外，專家們亦提出共同的想法：在以往排程時，作業之間資源供取關係僅作概算或甚至忽略不考慮，在假設案例中納入計算雖然比較符合實際情況，但會使排程過程具有很高的複雜度，經常須透過反覆試算不同作業開始-結束時間對現金流量的影響，並且確認是否會造成其他作業的停滯。經由 AVO-PLAN 模式的示範，專家們亦一致認同整合模擬分析與遺傳演算法，確實能讓專案排程與最

佳淨現值的搜尋更有效率。但有別於專家排程，AVO-PLAN 模式以遺傳演算法求解，並無從獲知最佳開發時序排程隱含的因素與知識。

6.3 隨機性與脫離最佳解之確認

6.3.1 考量作業與資源的隨機性

模擬機制的特性之一為可處理隨機性問題，但本研究將作業與資源的隨機性納入模式執行後，由圖 29 的結果中可發現會對排程成效的顯現造成一定程度的干擾(隨機性擴大了收斂曲線的擺盪幅度，降低尋找收斂最佳解的效率)。由於本研究著重於排程成效的改善，因此執行案例分析時並不納入作業與資源的隨機性(例如設施營運收入呈常態機率分佈)。

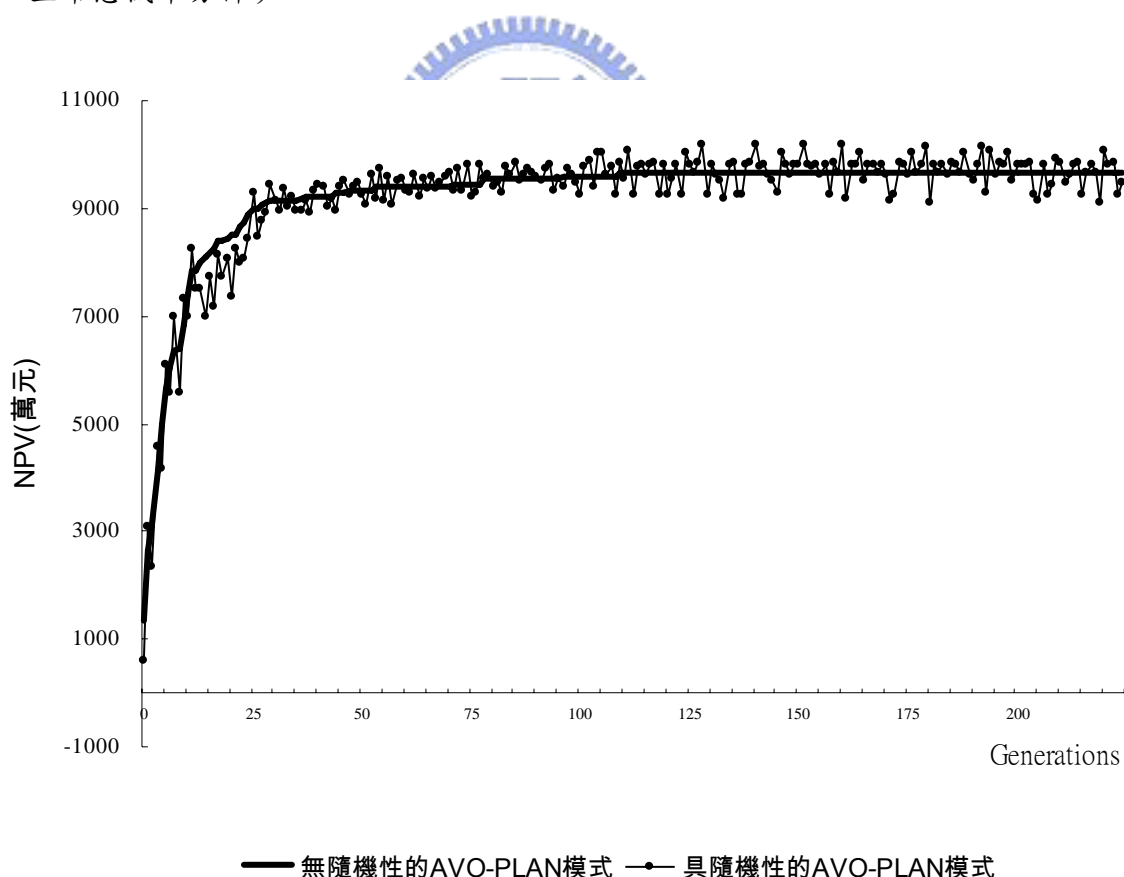


圖 29 AVO-PLAN 模式與納入隨機性之求解曲線比較

6.3.2 避免落於局部最佳解

假設案例的作業優先值組解共有 $(45!)^{120}$ 組解，若解答搜尋空間不夠大，確實很容易落於局部最佳解的區域內。在應用遺傳演算法求解問題的研究文獻中也有相同情況，例如Malkawi等人應用GA建立可提供建築設計方案最佳化的模式亦遭遇求解空間非常大的情況 [Malkawi, Srinivasan, Yi and Choudhary 2005]。為解決此問題，本研究模式改進以多組的遺傳演算法參數進行求解，從不同參數條件下的求解結果是否一致來確認是否已達全區域最佳解。如表 8 所示，參數變化的項目包括突變率、初始母體數、演化世代數等三項，經由案例分析的結果得知，此參數組合多次確認的方式成效良好。

表 8 多重確認全區域最佳解的結果

參數組合	組合 1	組合 2	組合 3
突變率	0.001	0.05	0.01
初始母體數	300	500	700
演化世代數	250	500	800
淨現值最佳解 (萬元)	10207	10115	10207

6.4 分批資金投入與設施分期擴建之案例測試

本節以上述之假設案例為基礎，將資金改為分批投入以及部分設施分期擴建，如此一來假設案例將較複雜但更接近實際情形，可了解 AVO-PLAN 模式所提供規劃輔助成效。

6.4.1 案例變更項目

案例的變更項目包括如下 2 項，本研究調整模擬分析編碼：

1. 分批取得開發資金

原案例假設專案開始時的可用資金為 600,000,000 元，變更為專案開始僅 300,000,000 元，至第 4 年（第 37 個月）開始時又籌得 300,000,000 元的資金投入。針對此項變更，本研究調整假設案例的模擬分析編碼，在模擬網路中的資源項目「資金」在第 25 個月自動挹注增加 300,000,000 個單位。

2. 道路分期擴建

原案例假設道路工程必須一次興建完成（共費時 8 個月）後啟用營運，變更為分為二期興建（各費時 8 個月），已完工部分可先行營運（道路容納量按完成比例產出）。此項變更實為將原作業「道路興建」劃分為「第一期道路興建」與「第二期道路興建」，而且同屬於作業「道路規劃設計」的後置作業（假設規劃設計工作不可分割），另將「道路營運」劃分為「第一期道路營運」與「第二期道路營運」，本研究依據此項變更修改調整假設案例的模擬分析編碼，區分兩期的作業。

6.4.2 模式再測試結果

本研究調整模擬分析編碼後再度交由 AVO-PLAN 的模式流程中，進行最佳解的模擬與搜尋。圖 30 為案例變更後的 AVO-PLAN 求解曲線，模式運算結果為於第 126 代完成收斂，專案的最大淨現值為 6735 萬元。

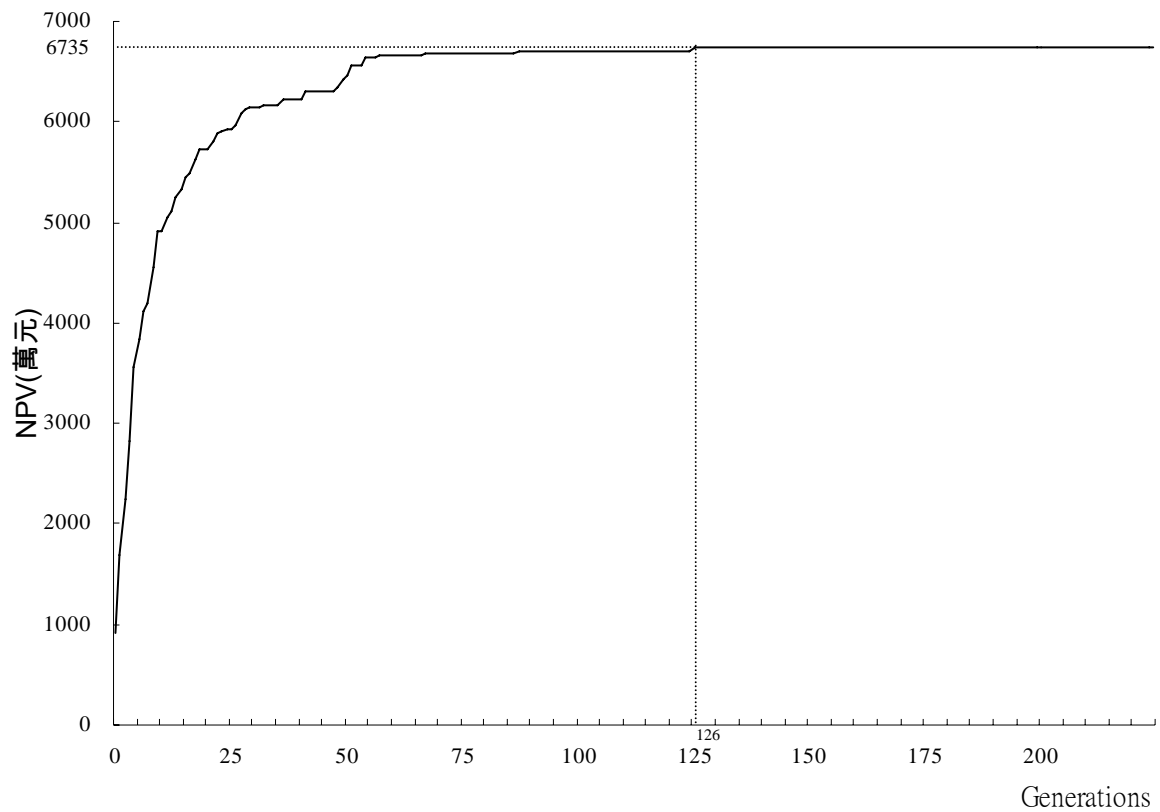


圖 30 案例變更後的 AVO-PLAN 求解曲線

圖 31 為由最大淨現值的作業優先值組所模擬分析出來的進度網圖規劃方案，可以發現由於期初資金較短絀造成部分大額投資的設施延緩進行，道路容納量的需求亦隨之遞延部分，因此分二期開發。

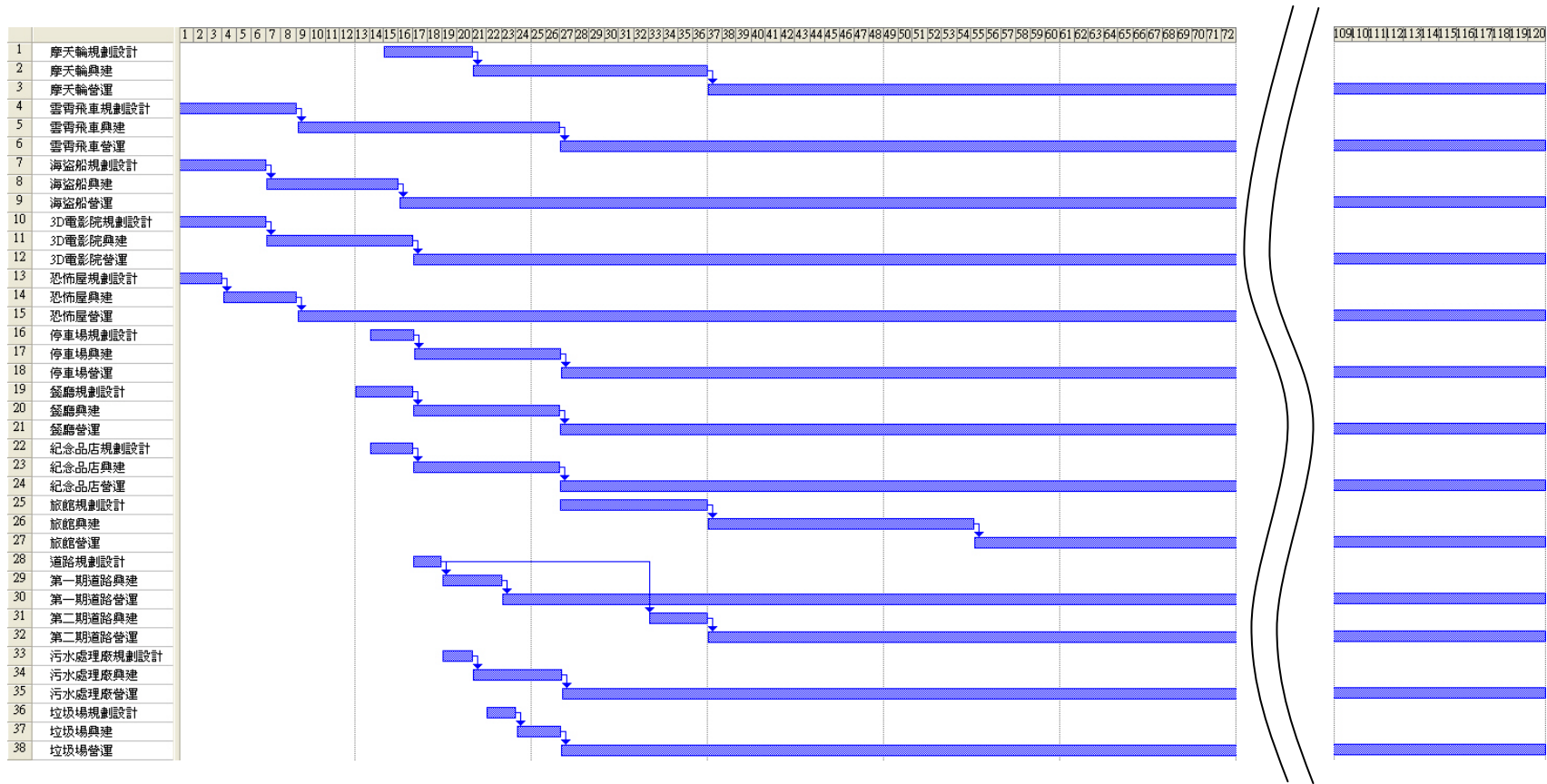


圖 31 案例變更後 AV0-PLAN 進度網圖規劃方案

七、結論、貢獻與建議

本章歸結敘述本研究為遊憩區開發規劃所提供的效益，以及研究成果所帶來的貢獻，並且提出未來可能的研究發展方向。

7.1 結論

遊憩區開發專案與一般營建工程專案、金融投資組合專案有許多差異之處，但過去卻鮮少有遊憩區開發專案排程模式的相關研究。本研究分析遊憩區開發專案的特性，並且依其性質將開發的設施劃分五類。

為協助進度規劃者尋找最佳的專案排程，本研究提出整合模擬及遺傳演算法之模式---AVO-PLAN，以模擬分析方式預測各方案之淨現值，並以遺傳演算法決定各期各項設施開發優先性。各期各項設施開發優先性以基因編碼代表，經過世代繁衍汰弱留強找出最佳開發策略及專案排程。

雖然本研究為減少對求解成效的干擾，而未將作業與資源的隨機性納入模式的模擬機制中，但仍然充分應用模擬機制其他有益的特性。本研究所處理的遊憩區設施開發時序問題，屬於多階段且多資源需求的動態狀態。應用模擬機制能趨近於專案的實際執行過程。此外，它具有很大的彈性去調整資源與作業的各項限制條件參數。這些特性協助本研究能有效率地大量計算不同資源使用動態關係下的專案執行淨現值結果。

由於遊憩區開發專案著重投資項目的價值且作業間有許多的資源供取關係，所以直接以各作業的開始時間與結束時間作為基因編碼內容並不能反應出作業項目被執行的重要性。有別於其它應用遺傳演算法輔助排程的研究，AVO-PLAN 將各單位時間中各項開發作業被執行的優先值編寫為基因編碼，使其能經由模擬分析更快尋找到最佳解。此外，本研究也將各單位時間的作業優先值組合成多倍體基因結構，比一般應用的單倍體基因更具有時序性的結構。

在假設案例的測試過程中，我們發現 AVO-PLAN 模式比專家更快地尋找出最佳的淨現值。對於專家以往排程時無法詳細考慮的作業之間資源供取關係，AVO-PLAN 模式透過模擬分析能將其完整納入專案排程的考量中。遊憩區設施開發作業排程具有高度的組合多樣性，在過去大多是依賴專家的經驗所完成，AVO-PLAN 模式則以遺傳演算法更有效率地為進度規劃者尋找到近似最佳的專案排程。

7.2 研究貢獻

本研究的重要貢獻可分為下列幾點所述：

1. 遊憩區開發專案之探討與分析

過去有關進度規劃方面的研究，並未曾針對遊憩區開發專案有專門的探討與分析。本研究區隔了其與營建工程專案、金融投資組合專案的差異，也為主題樂園及渡假村建構了遊客與設施之間的關係架構，從中瞭解其進度規劃的特性所在。

2. 作業使用資源優先性的應用

過去以遺傳演算法進行進度排程的相關研究，普遍是直接依據各作業的最早開始時間、完成時間形成初始母代的各組進度規劃，例如謝定亞與劉馨隆的公共工程建設計畫時序性組合規劃模式 [Hsieh and Liu 1997] [劉馨隆 2000]。本研究創新提出以作業執行價值為導向的進度規劃觀念，以各項作業使用資源的優先序為基因編碼去尋求最佳解，經由實際驗證發現其求解效率有顯著提升。

3. 提出遺傳演算新交配方法

本研究創新提出遺傳演算機制的新交配方法---「單位時間對應交配」，應用多倍體基因的各條染色體以劃分各時點的作業優先值，以時點的不同為調節依據，讓各作業在不同時點以不同條染色體作為該作業優先值的表現型，經由實際驗證發現其求解效率有顯著提升，且有機會找到更好的解。

7.3 未來發展建議

針對本研究在遺傳演算法的應用求解方面以及模式發展性，提出以下幾項未來研究發展建議：

- (1) 進度排程的可能解數量非常龐大，導致本研究在應用遺傳演算法尋找最佳解時，很容易落於局部最佳解。針對此問題，未來可進一步探討克服的方法。
- (2) 本研究應用了多倍體基因結構改善了一般單倍體遺傳演算法的求解成效。未來可針對多倍體與單倍體如何搭配應用有更進一步的探討與分析。
- (3) 本研究所提出的 AVO-PLAN 模式應用於遊憩區開發專案，非常符合其專案規劃之特性，未來更可進一步應用於分期或分區執行的其他專案種類，例如分期分區都市更新計畫等。



參考文獻

王聖元，「以時程為基礎之動態設施配置」，碩士論文，國立成功大學土木工程學系，2002年。

吳佩芬，「主題園的投資開發與經營—歐洲迪士尼樂園投資案例之研究」，台灣經濟金融月刊，第34卷，第1期，第50-53頁，台灣銀行，1998年。

沈勁利，「彈性決策評估模式之研究—以營建管理相關課題為例」，博士論文，國立台灣大學土木工程研究所，1999年。

劉馨隆，「公共工程建設計畫時序性組合規劃模式之研究」，博士論文，國立中央大學土木工程學系，2000年。

劍湖山世界股份有限公司，劍湖山世界股份有限公司九十三年度年報，劍湖山世界股份有限公司，2005年。

鄧振源，「相關性運輸投資計畫選擇之研究-非模糊與模糊多目標規劃方法」，國立交通大學交通運輸研究所博士論文，1992年。

謝其淼，主題遊樂園，詹氏書局，台北，1998年。

譚兆平，「實質選擇權於休閒產業投資決策之研究」，碩士論文，朝陽科技大學休閒事業管理研究所，2000年。

譚兆平，「實質選擇權應用於休閒產業投資風險管理決策之研究」，第十六屆全國技術及職業教育研討會論文集，2001年。

Abbasi, G.Y. and Arabiat, Y.A. "A Heuristic to Maximize the Net Present Value for Resource-constrained Project-scheduling Problems", Project Management Journal, Vol. 32, No. 2, Project Management Institute, 2001.

- Alvarez-Valdes R. and Tamarit J., Heuristic Algorithms for Resource Constrained Project Scheduling: a Review and an Empirical Analysis, In Slowinski R. and Weglarz, editors, Advances in Project Scheduling, pp.113-134, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1989.
- Cheng, T.M. and Feng, C.W., “An Effective Simulation Mechanism for Construction Operations”, Automation in Construction, Vol.12, pp. 227-244, Elsevier, 2003.
- Cheng TM, Feng CW, Hsu MY. “An Integrated Modeling Mechanism for Optimizing the Simulation Model of the Construction Operation”, Automation in Construction, Vol.15, pp.327-340, Elsevier, 2006.
- Collingwood, E., Corne, D., and Ross, P., “Useful Diversity via Multiploidy”, Proceedings of International Conference on Evolutionary Computing, 1996.
- Dumitrescu, D., Lazzarini, B., Jain, L.C., Dumitrescu, A., Evolutionary Computation, CRC Press, pp.5, 2000.
- Falkenauer, E., Genetic Algorithms and Grouping Problems, John Wiley & Sons, Inc., pp. 45-53, 1999.
- Gen, M. and Cheng, R., Genetic Algorithms and Engineering Design, Wiley, New York, 1997.
- Gen, M. and Cheng, R., Genetic Algorithms and Engineering Optimization, Wiley, New York, 2000.
- Ghasemzadeh, F. and Archer, N.P., “Project Portfolio Selection through Decision Support”, Decision Support Systems, Vol. 29, pp.73-88, Elsevier, 2000.
- Goldberg, D.E., Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley, Massachusetts, 1989.
- Halpin, D. W., “CYCLONE - a Graphical Method for Simulation Modeling of Construction Operations”, Proceedings of the Second Inter-American Conference on Systems and Informatics, Mexico City, Mexico, pp. 15, 1974.

- Holland, J., Adaptation in Natural and Artificial System, University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, 1975.
- Hsieh, T.Y. and Liu, H.L., “A Multi-objective Heuristic Approach for Infrastructure Portfolio with Limited Resources”, Journal of Infrastructure Systems in Civil Engineering, Vol. 3, No. 4, pp. 134~142, ASCE, 1997.
- Huffadine, M., Resort Design: Planning, Architecture, and Interiors, McGraw-Hill, 1999.
- Humphrey, T.F., “Evaluation Criteria and Priority Setting for State Highway Programs”, National Cooperative Highway Research Program, Synthesis of Highway Practice, National Research Council, USA, 1981.
- Jones, C.B. & Robinett, J., “The Future Role of Theme Parks in International Tourism”, ERA Issue Paper, pp.1, Economics Research Associates, 1995.
- Koopmans, T.C., Activity Analysis of Production and Allocation, John Wiley & Sons, New York, 1951.
- Kuhn, H. and Tucker, A., “Nonlinear Programming”, Proceedings of Berkeley Symp, Math, Statist Probability, 2nd, University of California Press, Berkeley, 1951.
- Leu, S.S. and Hwang S.T., “GA-based Resource-constrained Flow-shop Scheduling Model for Mixed Precast Production”, Automation in Construction, Vol.11, pp.439-452, Elsevier, 2002.
- Malkawi, A.M., Srinivasan, R.S., Yi, Y.K., and Choudhary, R., “Decision Support and Design Evolution: Integrating Genetic Algorithms, CFD and Visualization”, Automation in Construction, Vol.14, pp. 33-44, Elsevier, 2005.
- Martinez, J.C., “STROBOSCOPE: State and Resource Based Simulation of Construction Processes”, Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Michigan, 1996.
- Marzouk, M. and Moselhi, O., “Simulation Optimization for Earthmoving Operations Using Genetic Algorithms”, Construction Management and Economics, Vol.20, pp.535-543, Taylor & Francis Ltd., 2002.

- McElyea, J.R. and Cory G.L., “Resort Investment and Development an Overview of an Evolving Market”, ERA Issue paper, Economics Research Associates, 2000.
- Mill, R.C., Resorts: Management and Operation, John Wiley & Sons, 2001.
- Phillips, P.L., Developing with Recreational Amenities: Golf, Tennis, Skiing, Marinas, Urban Land Institute, Washington, D.C., 1986.
- Talbot, F.B. and Patterson, J.H., “An Efficient Integer Programming Algorithm with Network Cut for Solving Resource-Constrained Scheduling Problems”, Management Science, Vol.24, No.11, pp.1163-1174, 1978.
- Vail Resorts, Inc., Vail Resorts 2005 Annual Report, Vail Resorts, Inc., pp. 21-30, 2006.
- Wu, M.D., “Evolution of Complex Structures: Employing Structural Adaptation and Polyploidy in Solving Multi-State Problems”, Ph.D. thesis, Dept. of Computer and Information Science, National Chiao Tung University, Taiwan, 2002.
- Wu, M.D. and Sun, C.T., “Fuzzy Modeling Employing Fuzzy Polyploidy Genetic Algorithms”, Journal of Information Science and Engineering, Vol.18, Institute of Information Science, Taiwan, pp.163-186, 2002.
- Wylson, P. and Wylson, A., Theme Parks, Leisure Centres, Zoos and Aquaria, Longman Ltd, UK, 1994.
- Yoshii, C.L., “International Theme Park Development and Trends – Implications and Lessons Learned for China”, Speech Presentation, Economics Research Associates, 2002.