

# 新竹科學城永續發展策略模擬與分析

何友鋒\* 王樹嵩\*\*

\* 朝陽科技大學建築系  
e-mail:hyfarch@ms32.hinet.net

\*\* 中國技術學院建築系  
e-mail:edge0711@seed.net.tw

(收件日期:93年05月03日;接受日期:93年12月04日)

## 摘要

新竹科學園區成長快速，產生可觀的經濟效益，但長期來其對所屬都市的社會及環境也造成了重大的衝擊，引起社會大眾的注意，政府相關單位也提出了許多改善的策略，以減少衝擊。有鑑於此，本研究依據系統工程的理論，將新竹科學城視為一個系統，以系統分析的方法，利用專家調查法，建構新竹科學城永續發展指標體系，並以系統動態學的技术與 STELLA 語言建構模擬模式，從永續發展的角度，模擬新竹科學城未來合理的經營與管理策略。研究結果顯示，科學園區高科技產業之發展為帶動科學城整體發展之關鍵，惟在以產業經濟為發展主軸的同時，亦須注意社會與環境面向之問題。因此，未來應在不超限發展的原則下，朝園區產業高值化的方向努力，將園區產業對都市環境的污染與破壞降至最低，並盡量降低自然資源的消耗、減少環境污染、解決社會問題，以達永續發展的理想，進而實現綠色矽島之目標。

關鍵字：科學城、永續發展、系統動態學、動態模擬模式

## 一、緒論

1980年，政府推動產業創新，於新竹地區設立新竹科學園區，20多年來園區成長快速，產生可觀的經濟效益，1998年至2000年平均年產值約占國民生產毛額（GNP）的百分之八，勞動生產力高出國內其他製造業一倍以上。科學工業園區管理局[5]為了引導空間合理的利用、資源適當的分配，並提升區域間科技工業水準及所屬地區居民的生活品質，遂開始對園區周邊區域共同規劃發展，研擬出「新竹科學城發展計畫」，欲藉此塑造良好之科學都市環境。然而隨著新竹科學園區的快速成長，對其所屬都市亦帶來地價上漲、交通紊亂、環境污染以及社會分化等問題。這些的現象「背離」了都市永續發展中「3E」（環境、經濟、社會公平）平衡的原則。因應全球化知識經濟時代的到來，經建會[2]提出「綠色矽島建設藍圖暨相關政策方案」的構想，希望藉此勾勒出台灣未來產業發展的方向與重點。「綠色矽島」所代表的是以環保為基礎架構的科技資訊產業。因此如何有效解決竹科發展所衍生出的問題，將是台灣二十一世紀能否發展成為綠色矽島的重要指標。

目前世界各國為落實永續發展之理念，多以永續性指標之擬定作為評估其永續發展進程與有效性之工具，國內外對於永續性指標之研究已有相當的成果[4,9,15,18]，然而，科學城之永續性指標體系尚未多見。有鑑於此，本研究目的，利用模糊專家調查，以新竹科學城為對象(含香山)(圖1)，建立科學城永續性指標體系，進而依系統動態學技術建構其永續發展策略模擬模式，分析新竹科學園區與新竹市發展的相互關係，預測未來發展之變化趨勢，進行模擬不同的發展策略效果作出評估及決策，提供新竹科學城管理者及決策者參考，訂定未來的發展計畫，創造綠色矽島「共富、共活、共態」的三共時代。

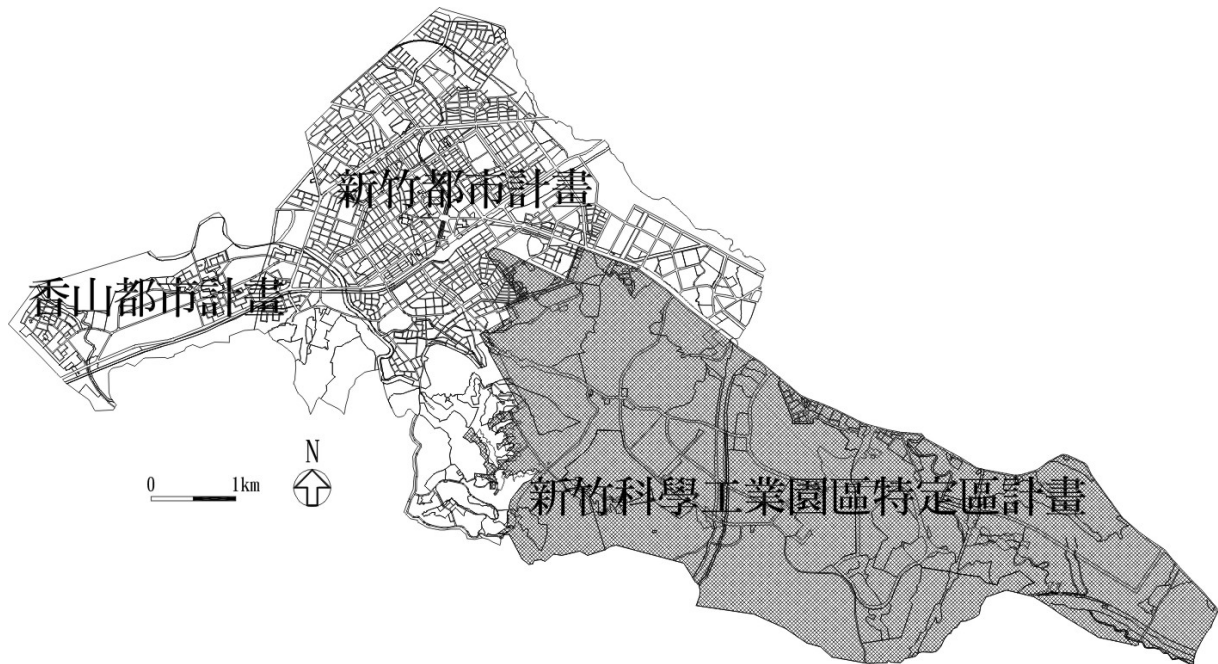


圖1 研究範圍圖

## 二、系統動態學

系統是由兩個或兩個以上相互區別、相互聯繫、相互制約的要素組成的一種具有確定功能的有機體。系統具有集合性、相關性、目的性、階層性、整體性、環境適應性及時序性等特性。系統可由許多子系統所組成，例如都市生態經濟系統可包括人口、環境資源及科技等三個子系統[13]。從系統的角度觀察，科學城永續發展系統具有下列特徵：

1. 系統符合因果關係，且往往形成因果關係環，因與果在時間與空間具有分離性。
2. 系統是多變量、非線性、有時延的系統。
3. 系統是高階數，多反饋環結構的複雜系統。
4. 系統的現象性往往僅產生一次，具有反饋直觀性、意外性。

系統動態學是一個分析研究多變量、非線性、有時延性的複雜系統問題的學科，結合系統分析、資訊反饋控制、決策以及電腦模擬等理論與方法建構系統的模擬模式，其特徵是能夠處理行為隨時間變化的動態系統問題，特別是研究和規劃複雜的都市系統的多變量、多目標、多層次的未來行為和長遠決策的問題[14]。都市系統動態學的要點是：

1. 一切都市系統的外部動態行為的性質和發展主要取決於系統的內部結構。
2. 系統內部結構不僅指組成的各部分及其相互關係，更重要的是指系統內部的反饋機構，而反饋機構諸

反饋環中常常著主要決定系統動態行為的反饋環，而且反饋環在系統運動的全過程中並非固定不變，而可能由於系統內部的作用而移動。

3. 決策系統動態行為的系統內部結構和參數是隨時間變化的，而系統動態行為是時間的非線性，有延遲的連續函數。

系統動態學的主要功能在協助決策者或管理者從事策略評估工作，以事先瞭解策略實施時系統可能產生的變化。模擬模式中將策略方案以改變參數或結構來表示[8]，茲將其模擬方法分別說明如下：

(一) 以參數改變代表策略方案：

在模式中有些參數可歸納為策略參數，如率量變數，將其數值依照實際系統中之策略予以修正，重新模擬之，檢定其策略改變之敏感性如何，以發覺敏感的策略參數，可作為決策者擬定策略方案之參考。

(二) 以結構改變代表策略方案：

若策略方案屬於系統上之變動則須改變模式結構來模擬之。此為系統動態模擬模式不同於其他模擬模式之處。一般系統動態模擬模式因策略方案模擬之需要，而改變模式結構方式有下列幾種：

1. 增加策略參數。
2. 於中途改變策略參數。
3. 增加策略回饋環路。

國內外曾利用系統動態學來研究都市發展問題，有相當豐碩的成果[1, 3, 8, 9, 12, 15]。但截至目前尚未有利用系統動態學建構科學城永續發展系統動態模式之研究，科學城各種不同的永續發展策略，可透過系統動態模式的模擬很迅速得到各種可能的策略，從生態經濟的角度，提出達到科學城永續發展目標應採取的策略，是應積極發展的研究課題。

## 三、模式建構

### 3-1 永續性指標及回饋環圖建立

本研究根據新竹科學城建設和生產實踐經驗，並考慮管理的改善，研擬5個子系統、52個指標（表2），從國內各大專院校以及新竹地區政府機關中，選擇產、官、學界不同領域之專家學習共20人進行指標評估，以建立科學城永續發展系統之指標體系，受訪專家之專長領域，包括科技產業、經濟、環境工程、地政、都市計畫、建築、景觀等等。指標評估採評價模糊數及模糊化分析，配合德爾菲法的觀念，取其中位數前後各25%計算專家評值，根據評值的高低進行指標的篩選。評價模糊數及模糊化分析[10]，係利用模糊語意尺碼轉化評估因素，並以口語化的方式讓專家能更明確的進行評估，最後再以其函數關係進行反模糊化分析，反求該項評估因素之值。此方法避免了專家受自身最大值與最小值範圍局限的影響，並將專家自身的模糊性轉化為專家整體對評估因素的模糊性評估，讓評估結果能更接近專家整體的意見。

經由門檻值的篩選結果，依據指標系統之重要性選取的指標共有22項，其中園區產業子系統3項，以科學園區產業產值0.77最高；都市人口子系統6項，以都市人口密度0.76最高；住宅土地子系統6項，以每人平均使用都市土地面積0.72最高；環境污染子系統3項，以每人廢水排放量0.83最高；都市經濟子系統4項，以產業產值0.82最高。

本研究根據科學城永續發展系統中各變數間之相互關係，考量新竹科學城發展之特性，以產業產值、人口、污染量等變數將各子系統連結，產生新竹科學城永續發展系統因果關係回饋環路（圖1）。圖中共有22個回饋環路，其中包括14個正回饋環，8個負回饋環。

## 3-2 模式之建立及模擬

都市永續發展系統變數繁多，關係複雜，為便利模式建構與模擬，本研究假設科學城永續發展系統行為為一連續的狀態，系統行為之改變並非機率問題，而是由行為背後影響變數之因果循環所造成；系統空間以新竹科學工業園區及其封城為範圍，設定科學城永續發展系統模式的領域；系統時間邊界的設定以1986年至2000年的歷史數據為基礎，自後至2021年為時間邊界，模擬預測新竹科學城未來的發展趨勢。茲將各子系統動態模擬模式分別說明如下：

表1 新竹科學城永續性指標及篩選結果表

子系統	指 標 項	評 值	子系統	指 標 項	評 值
住宅子系統	耕地面積	0.46 #	都市人口子系統	總人口數	0.63
	都市土地面積比	0.58		人口成長率	0.74 *
	每人平均使用都市土地面積	0.72 *		自然增加率	0.56 #
	自來水供水普及率	0.65		社會增加率	0.70 *
	每人平均居住樓地板面積	0.70 *		家庭平均人口	0.63
	空屋率	0.70 *		都市人口佔總人口比	0.65
	平均房價	0.70 *		都市人口密度	0.76 *
	科學園區土地開發成長率	0.69 *		人口年齡結構	0.71 *
	科學園區員工平均使用土地面積	0.70 *		人口教育程度	0.71 *
	科學園區住宅租用率	0.58		每人平均用水量	0.56 #
環境污染子系統	落塵量	0.69	都市經濟子系統	每人平均用電量	0.57 #
	總懸浮微粒	0.72		科學園區從業員工人數	0.59
	每人廢水排放量	0.83 *		科學園區員工年齡比例	0.60
	每人每日垃圾產量	0.81 *		科學園區員工教育程度	0.71 *
	平均每日垃圾清運量	0.75		平均每戶儲蓄額	0.68 *
	每人持有機車數	0.64 #		家庭全年經常性收入	0.71 *
	每人持有汽車數	0.70		住宅支出佔家庭支出比例	0.67
	工廠登記數	0.58 #		住宅自有率	0.61
園區產業子系統	公害陳情案件數	0.82 *	小客車自有率	0.55 #	
	科學園區入區公司數	0.66	失業率	0.70 *	
	科學園區勞動生產力	0.72 *	低收入戶人口比率	0.57 #	
	科學園區產業產值	0.77 *	產業單位數	0.61	
	科學園區產業實收資本額	0.69	產業員工數	0.60	
	科學園區產業進口貿易額	0.64 #	產業人口佔總人口比	0.65	
	科學園區產業出口貿易額	0.65 #	產業產值	0.82 *	
	科學園區產業研發經費	0.70 *	產業用地面積	0.64	

附註：1. #：評值低於篩選值，篩選刪除。

2. \*：評值高於門檻值，篩選選取。

3. 篩選值：住宅土地子系統：0.565 都市人口子系統：0.582 環境污染子系統：0.642

都市經濟子系統：0.580 園區產業子系統：0.651

4. 門檻值：住宅土地子系統：0.669 都市人口子系統：0.675 環境污染子系統：0.760

都市經濟子系統：0.674 園區產業子系統：0.680

3-2.1 園區產業子系統模式

科學園區之產業子系統經篩選後的重要指標共有三項，分別為：科學園區產業價值、科學園區勞動生產力以及科學園區產業研發經費。本子系統模擬之主要目的為園區價值之變化與影響，上述三項重要指標皆與園區價值之變化有相關性，因此均納入模式內容。園區產業子系統動態模擬模式如圖 3。

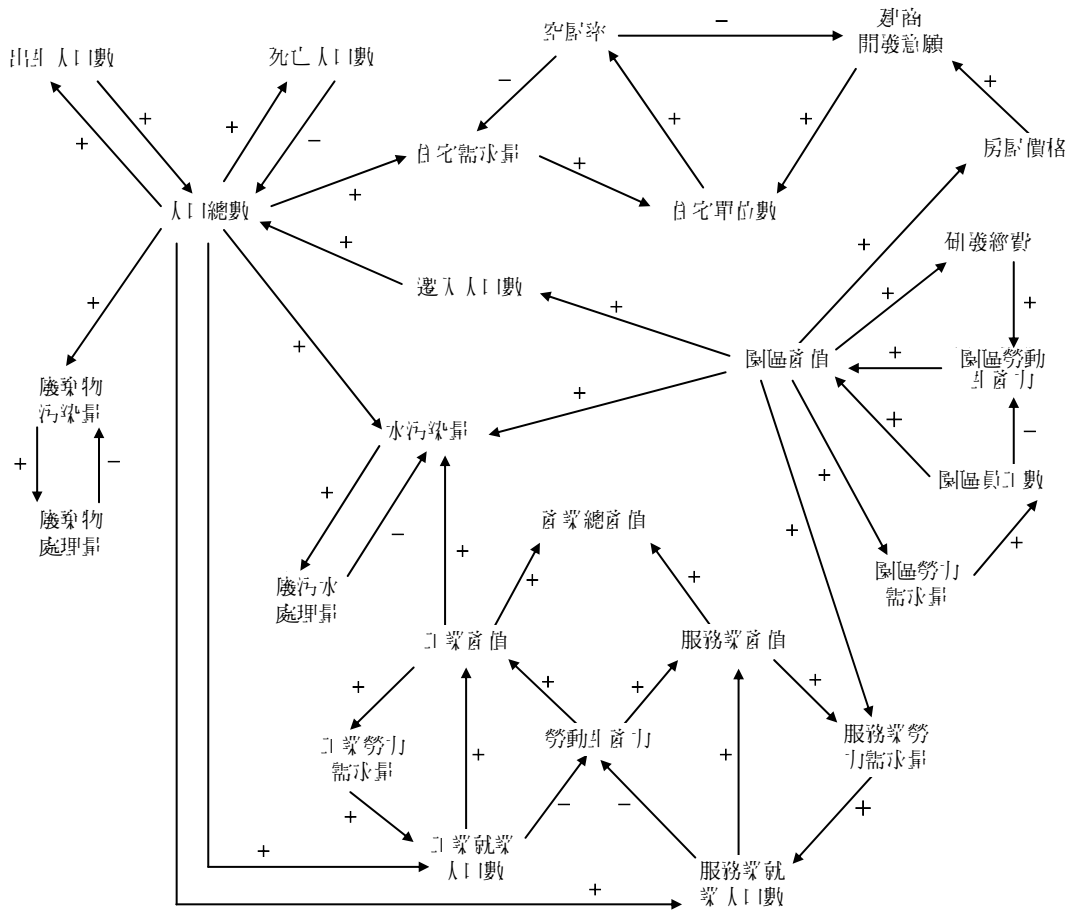
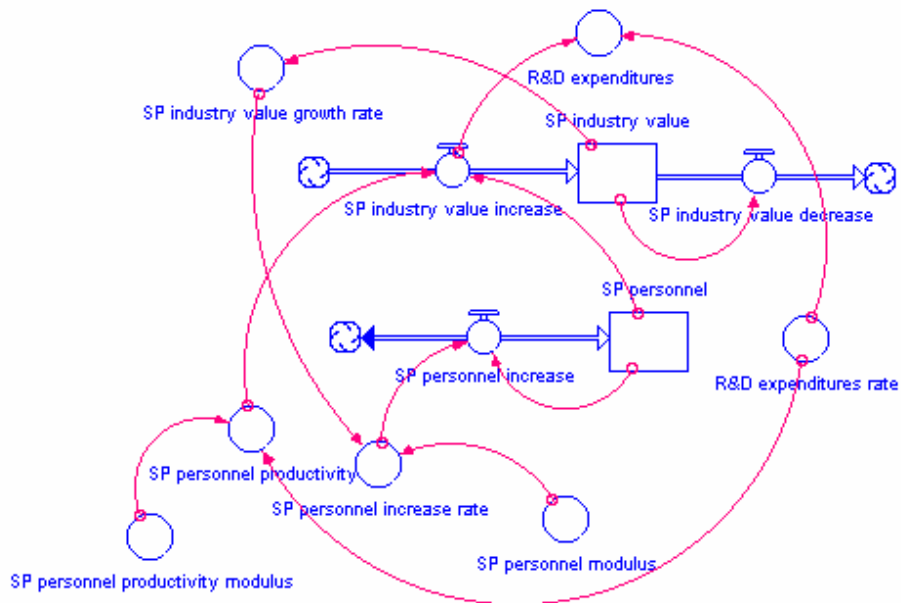


圖 2 新竹科學城永續發展系統因果關係圖

科學工業園區產業子系統共包含 2 個存量方程式，2 個初值方程式，3 個流量方程式，5 個輔助方程式與 2 個常數方程式。本子系統中的兩個存量分別為園區價值以及園區員工數，園區價值以價值之增加與減少為流量；園區員工數則為一雙向之流入量，即園區員工數可能是正成長的增加，也可能是負成長的減少。

園區價值及園區員工數等兩個主要存量在系統中互相影響，園區價值為園區員工數與勞動生產力的乘積，員工數越多則價值亦越高。而價值的成長創造更多的勞動力需求，故園區員工數也隨之增加，相反若價值呈現負成長，則園區員工也將相對減少。透過園區價值與研發經費比例的乘積，可得出每年投入之研發經費數，觀察其歷史資料數據可知，研發經費佔總價值的比例呈現逐年增加的趨勢，由 1988 年的 3.9% 到 2000 年的 6.7%，本研究在此以三階平滑函數 (SMTH3) 代入模式，以函數關係表達研發經費比例逐年成長的現象。研發經費的比例越高，投入之研發經費越多，則研發的成果（新產品或新技術）將使整體勞動生產力提高，進而促使園區價值的提昇。

此外，經由一輔助方程式的運算，可將園區價值存量轉換為園區價值成長率。透過價值成長率與部分相關係數或乘數的關係，可與都市人口、住宅土地、環境污染及都市經濟等其他子系統相連結。而



SP_industry_value	科學園區總產值	R&D_expenditures_rate	研發經費比率
SP_industry_value_increase	園區產值增加數	SP_industry_value_growth_rate	園區產值成長率
SP_industry_value_decrease	園區產值減少數	SP_personnel_increase_rate	園區員工增加率
SP_personnel	科學園區總員工數	SP_personnel_modulus	園區員工模數
SP_personnel_increase	園區員工增加數	SP_personnel_productivity	園區勞動生產力
R&D_expenditures	研發經費	SP_personnel_productivity_modulus	園區勞動生產力模數

圖 3 科學園區產業子系統動態模擬模式圖

園區員工數量的變化則對環境污染子系統產生直接的影響。

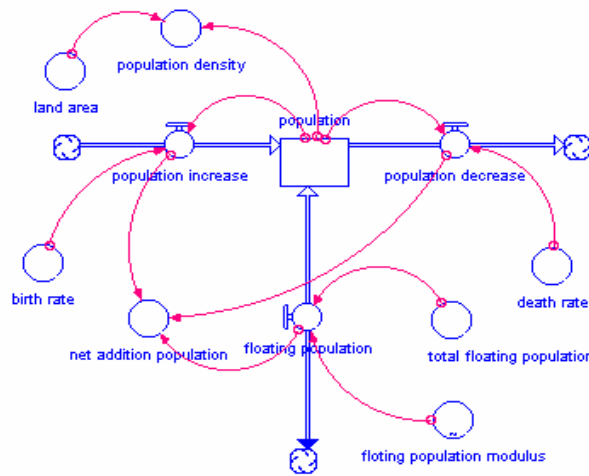
### 3-2.2 都市人口子系統模式

科學城之都市人口子系統經篩選後的重要指標共有六項，分別為：人口成長率、社會增加率、都市人口密度、人口年齡結構、人口教育程度與科學園區員工教育程度。由於本子系統以人口總量之變化為模擬目標，人口組成結構並非模擬之重點，故人口年齡結構與教育程度等人口組成結構相關指標在此暫不探討。科學城人口子系統動態模擬模式如圖 4。

科學城人口子系統共包含 1 個存量方程式，1 個初值方程式，3 個流量方程式，3 個輔助方程式，3 個常數方程式與 1 個圖形方程式。本子系統以總人口數為系統存量，出生人口數、死亡人口數與遷移人口數等三者為系統流量。其中出生人口數流量為流入，死亡人口數為流出，而遷移人口數則設為雙向之流量，即遷移人口數可能是正成長的遷入，亦可能是負成長的遷出。

本研究設定園區產值為影響遷移人口數變化之因素，當園區產值呈現正成長時，遷移人口係數為正數，人口遷入之數量與產值成長率之高低呈現正比關係；反之若園區產值呈現負成長，則遷移人口將呈現遷出的狀態。

此外，藉由系統內部三項流量之加總，可得出都市人口之淨增加數，藉由其數值之變化，可得知都市人口狀態是呈現正成長或負成長的現象。將都市人口之淨增加數除以戶平均人數，可得出科學城住戶之淨增加數，以此與住宅土地子系統相互連結。利用人口總數與各產業就業人口比率之乘積，可與都市經濟子系統相互檢視都市的生產能力與各產業之發展狀況。而人口總數亦可藉由地區供水人口數與清運總人口數與環境污染子系統相連結。

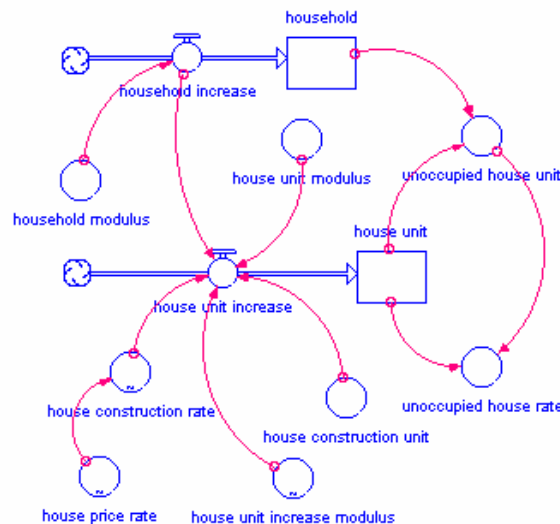


population 總人口數	land_area 土地面積
population_increase 人口增加數	net_addition_population 人口淨增加數
floating_population 流動人口數	population_density 人口密度
population_decrease 人口減少數	total_floating_population 總流動人口數
birth_rate 出生率	floating_population_modulus 流動人口模數
death_rate 死亡率	

圖 4 科學城人口系統動態模擬模式圖

### 3-2.3 住宅系統模式

科學城之住宅土地系統經篩選後的重要指標共有五項，分別為：平均房價、每人平均使用都市土地面積、每人平均居住樓地板面積、空屋率以及科學園區員工平均使用園區土地面積。本系統模擬之重點在於科學城自戶成長（房屋需求量）與住宅興建成長（房屋供給量）之間的關係，因此模擬時排除與土地使用相關之指標，而僅針對住宅供需相關指標作探討。住宅系統動態模擬模式圖如圖 5。



household 戶數	house_unit_modulus 住宅單位模數
household_increase 戶增加數	unoccupied_house_rate 空屋率
house_unit 住宅單位數	unoccupied_house_unit 空屋單位數
house_unit_increase 住宅單位增加數	house_construction_rate 住宅興建乘數
household_modulus 戶數模數	house_price_rate 住宅價格乘數
house_construction_unit 住宅單位興建數	house_unit_increase_modulus 住宅單位增加模數

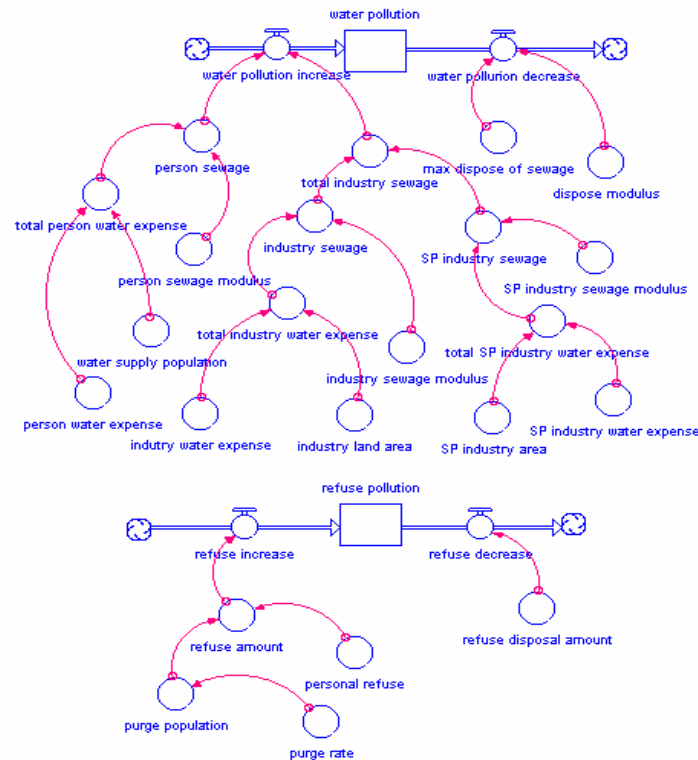
圖 5 住宅土地系統動態模擬模式圖

住宅系統共包含 2 個存量方程式，2 個初值方程式，2 個流量方程式，3 個輔助方程式，2 個常數方程式與 3 個圖形方程式。本系統的两个主要存量分別為戶數與住宅單位數，兩存量相減之差即為閒置住宅量（空房量），而空房量的變化則為本系統探討之重點。

戶數為人口淨增加數與戶數係數之乘方，故僅有流入流量；住宅單位數則因建築物損毀日期較長，故亦不設定流出流量。住宅單位的增加方面，係受到科學園區員工數之影響，由於園區產值的提高，將引入較多的員工，間接導致住宅房屋需求的增加，而由於高科技產業從業人員平均收入較高，建商推家時也會朝較高品質的方向興建住宅，存量的需求與質的提升雙重效應下，住宅價格亦將增加。

### 3-2.4 環境污染系統模式

科學城之環境污染系統經篩選後的重要指標共有三項，分別為：每人污水排放量、每人每日垃圾產量以及公害陳情案件數。由篩選出之指標可發現，本系統主要以水污染及廢棄物污染等兩個項目來探討科學城環境污染的變化。環境污染系統之動態模擬模式如圖 6。



- |                          |         |                                 |          |
|--------------------------|---------|---------------------------------|----------|
| refuse_pollution         | 廢棄物污染   | person_water_expense            | 每人用水量    |
| refuse_increase          | 廢棄物增加數  | purge_population                | 清運人口數    |
| refuse_decrease          | 廢棄物減少數  | purge_rate                      | 清運率      |
| water_pollution          | 水污染     | refuse_amount                   | 廢棄物總量    |
| water_pollution_increase | 水污染增加數  | refuse_disposal_amount          | 廢棄物處理總量  |
| water_pollution_decrease | 水污染減少數  | SP_industry_area                | 科學園區面積   |
| dispose_modulus          | 污水處理模數  | SP_industry_sewage              | 科學園區污水量  |
| industry_land_area       | 工業用地面積  | SP_industry_sewage_modulus      | 科學園區污水模數 |
| industry_sewage          | 工業污水量   | SP_industry_water_expense       | 科學園區用水量  |
| industry_sewage_modulus  | 工業污水模數  | total_industry_sewage           | 產業總污水量   |
| industry_water_expense   | 工業用水量   | total_industry_water_expense    | 產業總用水量   |
| max_dispose_of_sewage    | 最大污水處理量 | total_person_water_expense      | 人口總用水量   |
| personal_refuse          | 每人廢棄物量  | total_SP_industry_water_expense | 園區總用水量   |
| person_sewage            | 每人污水量   | water_supply_population         | 供水人口數    |
| person_sewage_modulus    | 每人污水模數  |                                 |          |

圖 6 環境污染系統動態模擬模式圖



環境污染子系統共包含 2 個存量方程式，2 個初值方程式，4 個流量方程式，14 個輔助方程式與 9 個常數方程式。與其他子系統不同之處在於，本子系統分為兩個不同的次系統結構，分別為水污染以及廢棄物污染，而不同污染源之計量單位不同，故無法將其存量加總。因此，本子系統內區分為兩個次系統，分別以水物污染總量及廢棄物污染總量為系統存量，污水之增減數及廢棄物之增減數則分別為系統流量。

新竹科學城之污水來源主要為家庭污水及工業污水兩者。污水處理方面，以新竹市污水處理廠為最大處理量，可作為本系統主要之調節流量。家庭用水方面，除新竹市既有人口造成之污染外，由於部份園區員工亦生活於新竹市，故本子系統也將其列入模擬範圍。工業用水方面，以新竹市之二級產業為主要污染源，然而科學園區本身雖設有污水處理廠處理園區內污水，但偶有園區污水不慎放流至新竹市之個案發生，故本子系統亦設定科學園區水污染係數，將園區污水一并納入模擬。

廢棄物污染的主要來源為一般垃圾，而營建廢棄物亦是一項重要污染源，但由於其資料之正確度頗受爭議，舊模式結構時若以不正確之資料進行模擬，則未來預測的準確度將受其影響而失去參考價值，故本子系統只以垃圾總量之變化進行模式的模擬。廢棄物的組成部分，以新竹市人口及科學園區員工每人每日之垃圾量估算求得；廢棄物處理方面，新竹市主要採用掩埋及焚化兩種方式處理，由於此兩者計量單位相同，故本子系統將其合併計算，避免系統結構過於複雜。

### 3-2.5 都市經濟子系統模式

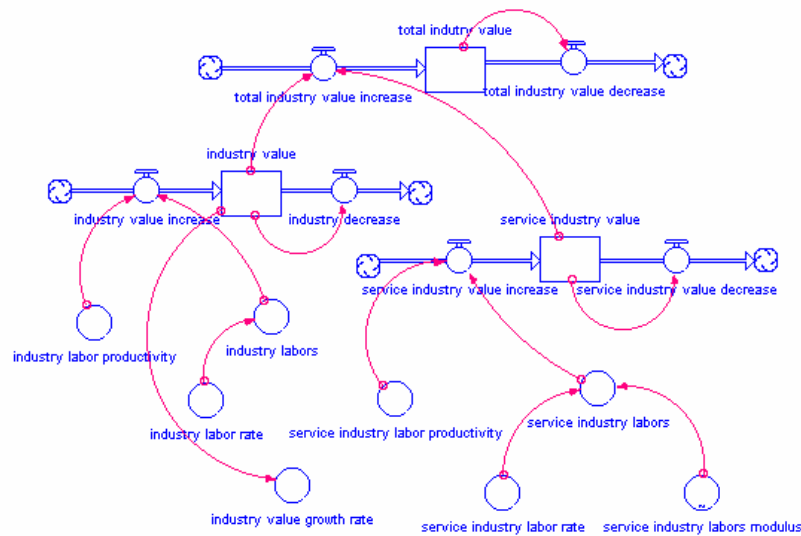
科學城之都市經濟子系統經篩選後的重要指標共有五項，分別為：產業產值、勞動生產力、平均每月儲蓄額、家庭全年經常性收入以及失業率。由於本子系統模擬之主要目的在於都市內二、三級產業發展之狀態，故此將不探討關於儲蓄額、家庭收入、失業率等個人經濟方面之相關指標。都市經濟子系統動態模擬模式如圖 7。

都市經濟子系統共包含 3 個存量方程式，3 個初值方程式，6 個流量方程式，7 個輔助方程式與 1 個圖形方程式。由於新竹市之產業主要以二級產業為主，三級產業亦有逐年增加的趨勢，故本研究將由工業（二級產業）與服務業（三級產業）等二者進行都市經濟子系統的建構。而因其計量單位相同，故本子系統以產業產值為系統存量，亦即產業產值來自於工業產值與服務業產值之加總，並以產值的增加與減少作為系統流量。

產業產值的增加主要為勞工數與勞動生產力之乘積，勞工數與人口成比例關係，勞動生產力則呈現逐年增高的趨勢。而科學園區的發展，將帶動地方服務業的需求，故本系統在服務業勞工數的部分帶入一服務業勞工係數，與園區產值子系統相連結。此外，工業產值之成長將對環境污染產生影響，故藉由工業產值成長率與工業用水污染係數之關係，可與環境污染子系統相互連結。

系統模式是基於數學邏輯模式，系統存量與流量的選取將影響系統架構的建構方向，而變數間的計量關係是建構相同單位或不同單位的換算之計 [11]。因此，從模式的整體架構來看，本研究所建構之科學城永續發展系統內，五個子系統中係以園區產業及都市人口為核心，向外散發影響其他子系統；其中園區產業子系統又對都市人口子系統有所影響。整體而言，科學園區產業對科學城之都市人口、住宅土地、環境污染及都市經濟等層面造成影響；而科學城之住宅土地、環境污染及都市經濟等層面則另外受到都市人口變化的影響；此外科學城都市經濟之發展亦對其環境污染層面產生影響。

經由系統因果關係之探討，以及系統模式相同單位量化之程式轉換，建構出新竹科學城永續發展系統動態模擬圖，利用 STELLA(2000)語言撰寫模式。模式中只有 80 個變數，90 個方程式，其中有 10 個存量方程式，10 個初值方程式，18 個流量方程式（包含 2 個雙向流量方程式），32 個輔助方程式，15 個常數方程式與 5 個圖形方程式，進而以電腦模擬與分析新竹科學城永續發展的策略。



industry\_value 工業產值

industry\_value\_increase 工業產值增加數

industry\_decrease 工業產值減少數

service\_industry\_value 服務業產值

service\_industry\_value\_increase 服務業產值增加數

service\_industry\_value\_decrease 服務業產值減少數

total\_industry\_value 產業總產值

total\_industry\_value\_increase 產業總產值增加數

total\_industry\_value\_decrease 產業總產值減少數

industry\_labors 工業勞工數

industry\_labor\_productivity 工業勞動生產力

industry\_labor\_rate 工業勞工比率

industry\_value\_growth\_rate 工業產值成長率

service\_industry\_labors 服務業勞工數

service\_industry\_labor\_productivity 服務業勞動生產力

service\_industry\_labor\_rate 服務業勞工比率

service\_industry\_labors\_modulus 服務業勞工模數

圖 7 都市經濟系統動態模擬圖

## 四、新竹科學城永續發展模式策略模擬

### 4-1 新竹科學城永續發展系統動態模擬模式檢驗

模式效度之高低將影響系統模式的模擬期限，而成爲評估系統模式模擬可行性時的一個重要依據。本模式效度的驗證採用新竹市及新竹科學園區 1986 年至 2000 年之歷史資料數據，依循謝長宏[11]所提出的方法：穩定性、震盪的型態、時相關係與週期的長短，從歷史數據資料的觀察值，與模式模擬的模擬值兩者間之變化趨勢予以相互比較，以判斷模式效度之高低。模擬結果顯示(表 3)，本模式在時相關係與振盪型態兩方面，雖然受到系統本身時滯的影響，但模擬值與歷史值的趨勢一致，各子系統中存量與輔助變數之模擬值亦皆與歷史值近似。其中平均誤差最小爲產業總產值存量，僅 0.5%；平均誤差最高爲園區員工數存量的 8.96%。模式各存量之最高誤差不超過 9%，整體平均誤差則僅有 3.2%。由上述論點推斷，本模式可作爲新竹科學城永續發展系統動態模擬模式之代表。

### 4-2 敏感性變數分析

模式整體係由多個變數所組成，其因果關係極爲複雜，本研究將透過敏感性變數的計算與分析，找出影響系統變化最鉅的變數，以了解系統狀態變化的主要原因。本研究對於變數間之相對影響關係，以衝擊矩陣的方式來表現，將變數區分爲主動集與被動集，以「影響—響應矩陣」[6]進行篩選。當主動集

表 3 新竹科學城永續發展系統歷史值與模擬值比較表

項目	時期	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	誤差 %
		園區員工數 (百人)	歷史值	83	122	165	191	224	233	252	284	335	423	548	684	726	
	模擬值	83	83	128	128	174	189	262	304	413	481	616	698	841	924	1055	
園區產值 (億)	歷史值	170	277	490	559	656	777	870	1290	1778	2992	3182	3997	4550	6509	7293	6.46
	模擬值	170	312	312	482	543	864	1074	1655	2065	2945	3540	4635	5329	6477	7161	
總人口數 (千人)	歷史值	306	310	315	319	324	329	333	336	338	340	346	352	356	362	368	1.83
	模擬值	306	309	318	322	328	332	339	343	349	353	358	362	366	369	373	
總戶數 (百戶)	歷史值	686	712	737	759	782	804	824	857	888	932	969	1001	1049	1091	1122	0.94
	模擬值	686	702	745	762	796	817	857	883	923	949	985	1009	1041	1065	1093	
住宅單位總數 (百戶)	歷史值	806	816	836	853	867	888	907	958	1028	1097	1132	1158	1232	1272	1314	3.65
	模擬值	806	821	878	894	942	964	1017	1048	1102	1135	1184	1213	1254	1280	1311	
廢污水總量 (千立方公尺)	歷史值	110	116	121	140	140	145	123	131	127	134	145	144	154	162	174	2.23
	模擬值	104	105	108	114	123	129	137	142	148	152	158	162	168	172	177	
廢棄物總量 (公噸)	歷史值	330	338	361	369	413	398	394	378	375	363	437	403	430	461	460	1.03
	模擬值	330	333	347	351	363	368	383	392	410	421	441	453	473	485	502	
產業總產值 (億)	歷史值	511	513	514	515	516	517	895	1273	1652	2030	2408	2580	2753	2925	3098	0.50
	模擬值	511	511	516	540	536	685	928	1259	1575	1912	2181	2443	2642	2821	2958	

的每一個變數發生變化時，被動集中的變數亦會相對應的出現變化，如此可將篩選「對系統整體影響較大的變數」轉化為尋找「被動集中影響較大的變數」，亦可透過計算機的計算尋求結果，探討模式中各變數之間的影响關係。本模式選取主動集 15 個輔助變數，被動集 13 個專家回饋之指標變數；測試時將主動集中每個變數增加 10% 進行試驗，如此共有 15 次的變化，而每一次變化都會造成被動集內的 13 個變數發生相對應的變化，最後共得到 195 條曲線，由各曲線可計算出該變數之變化幅度值。

由於變化幅度值可能呈現正值的正性影響或負值的負性影響，故本研究以各項指標變數變化幅度值的算數平均數與平均差為標準，進行標準化的工作，其結果區分為：1.無變化者 0 分，2.影響程度低者（低於平均差範圍）1 分，3.中度影響者（平均差範圍之內）2 分，4.影響程度高者（高於平均差範圍）3 分。以此判斷變數間之相關程度，並計算其影響值與響應值(表 4)。分析結果顯示主動集內影響程度較大之輔助變數有園區員工模數、園區勞動生產力模數以及研發經費比率等 3 項；影響程度次高者則為出生率與死亡率。被動集內最敏感之指標變數為廢污水總量，其次則為產業總產值。敏感度越高者，表示其受影響之層面越複雜，以廢污水總量為例，其內容包含生活廢污水以及事業廢污水，生活廢污水受到總人口數與園區員工數變化的影響；事業廢污水方面則包含地方工業廢污水與園區產業廢污水，分別受到工業產值與園區產值的影響，因此其具有較高之敏感度。

### 4-3 策略模擬

由模式模擬結果顯示，1986 年至 2021 年新竹科學城的發展趨勢仍是增長的，無論在園區產值、總人口數、空屋率、廢污水總量、廢棄物總量以及產業總產值等都處於增長階段。

永續發展的目的在達成環境、經濟與社會三面向的平衡。本研究研擬下列三項策略：1.促進科學園區高科技產業的成長，全力發展產業經濟，以經濟導向塑造出繁榮的科學城；2.以環境保育為優先，限制科學園區產業成長與發展的數量，維持環境的承受力，注重社會公平，避免科學城生活環境品質的惡化；3.維持園區產業成長，減少環境污染量，經由良好的管理與適度的成長，塑造優質的科學城生活環境品質。茲將相關策略的模擬結果說明如下：

表 4 新竹科學城永續發展系統變數影響—響應矩陣表

主動變數	被動變數	指標變數												
		SPP	SPIV	P	NAP	H	HU	UHU	RI	WPI	IV	SIV	TIV	AS
輔助變數	SPPM	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26
	SPPPM	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	28
	RDER	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26
	ILR	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	6
	ILP	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	3	8
	SILR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
	SILP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5
	BR	0	0	2	3	2	2	0	2	2	2	2	2	19
	DR	0	0	2	1	2	2	0	2	2	2	2	2	17
	HM	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
	HUM	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	4
	PR	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
	PWE	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
	IWE	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
	PS	9	9	10	10	11	14	9	13	20	15	15	19	—

註：1.AS：影響值， $AS = \sum$ 列值，表示變數主動影響之加總值。

2.PS：響應值， $PS = \sum$ 行值，表示變數被動影響之加總值。

#### 4-3.1 促進科學園區產業成長策略

以科學園區為核心之科學城而言，維持園區高科技產業的發展甚為重要。若園區高科技產業無法維持不斷的創新與發展，則今日之高科技產業將成為明日之傳統產業，科學園區亦將步入台灣諸多工業區閒置而不永續的後塵。科學城計畫係因應科學園區的發展而產生，一旦園區的發展停滯，甚至衰退，則配合園區發展而共同規劃的科學城計畫亦失去其意義。因此，本研究假設發展科學城將帶動科學城之繁榮與永續，提出促進科學園區高科技產業成長之策略，以提昇科學園區勞動生產力以及投入研發經費比率為手段，觀察此策略對科學城未來發展的影響，進而發掘可能遭遇的相關問題。

觀察科學園區過去的統計資料，園區之勞動生產力最高為 2000 年，每人每年 904 萬元，而過去 16 年之平均則為每人每年 491 萬元；園區勞動生產力呈現逐年成長的趨勢，平均年成長率為 10.97%，惟 2001 年受全球景氣不景影響，勞動生產力較 2000 年衰退。由於經濟景氣相關層面太過複雜，本研究在此暫不考慮大環境景氣造成的影響，由 2001 年開始，維持勞動生產力每年 5% 之穩定成長，並參考歷史值高點，設定每人每年 1000 萬元為勞動生產力之極限。

此外，在投入研發經費比率方面，過去 16 年皆維持穩定緩慢的成長，由最初佔總營業額的 4% 成長至近年來 6% 左右的水準，最高則為 1998 年的 7%，平均值為 5%。因此，本研究假設科學園區廠商投入研發經費之比率維持固定成長速率，至 2016 年達到研發經費佔總營業額 9% 的水準，並以此為極限，模擬整體發展並與基本模擬比較，觀察其影響。本策略模擬結果顯示(圖 8-13)，自 2001 年開始執行策略，提昇勞動生產力並增加研發經費比率，科學園區產值自 5 年後(2006 年)開始出現顯著的成長，2021 年之產值將高出原始模擬結果 2 倍以上；人口總數及產業總產值皆呈現小幅度成長，顯示園區產業的成長對帶動地方繁榮有一定的影響；空屋率則增加至 20%，較基本模擬之 18% 升高 2%，顯示此策略將間接造成房屋之超額供給，但過於求導致空屋率升高；廢污水總量與廢棄物總量亦皆較基本模擬值增加，顯示過度發展產業將加重環境污染程度。

全力發展高科技產業的策略，確實帶來充分的經濟效應，但也相對造成環境污染惡化、房屋供需失衡等現象；獨重經濟面向發展的結果，導致永續發展理論中環境與社會面向的不平衡。因此，吾人應思考科學園區產業發展的限制，並兼顧環境及社會面向的平衡，方能使科學城之未來發展符合永續發展的精神。



圖 8 促進園區產業成長策略－園區產值模擬比較圖

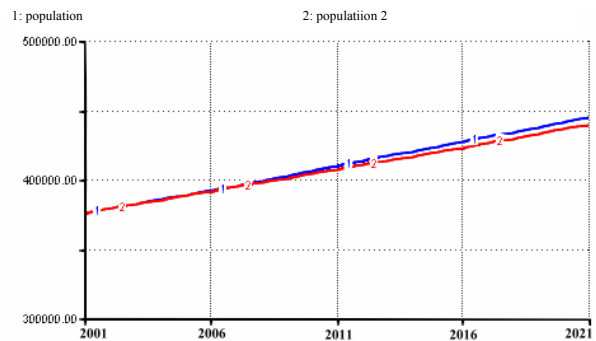


圖 9 促進園區產業成長策略－人口總數模擬比較圖

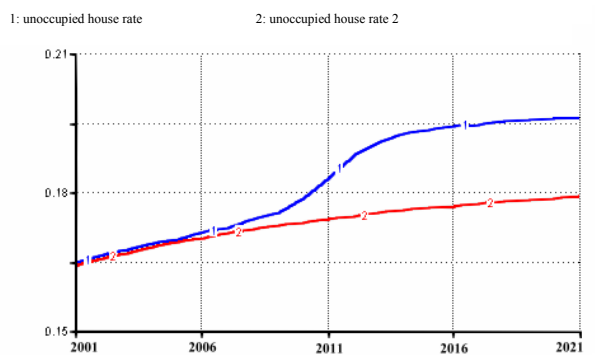


圖 10 促進園區產業成長策略－空屋率模擬比較圖

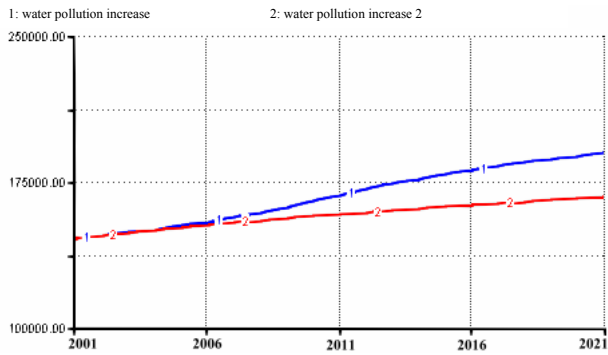


圖 11 促進園區產業成長策略－廢污水總量模擬比較圖

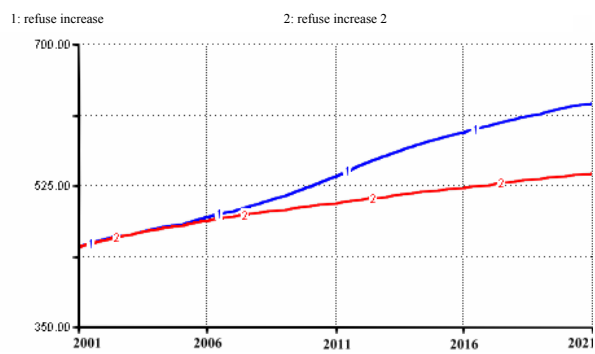


圖 12 促進園區產業成長策略－廢棄物總量模擬比較圖

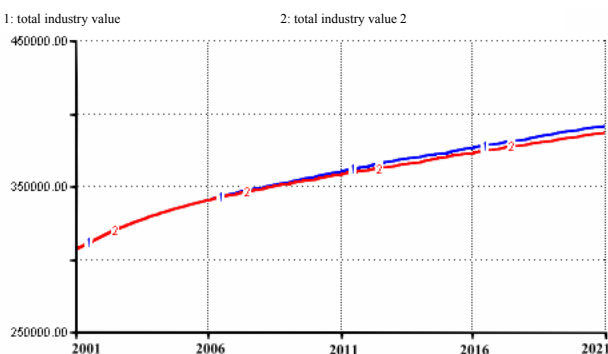


圖 13 促進園區產業成長策略－產值總產值模擬比較圖

#### 4-3.2 維持環境承载力策略

永續發展理論多以生態環境的保育為優先目標，注重環境承载力的觀念，在不破壞生態環境與最小資源消耗的原則下，適度發展產業經濟。本研究以永續發展理論為基礎，將環境保育視為優先目標，在不增加環境承载力負擔、維持社會公平的前提下，有限的發展產業經濟，塑造重視生態環境與生活品質的永續性科學城。因此以控制科學園區勞動生产力與員工人數為主要手段，觀察此策略對科學城未來發展之影響。

科學園區劳动生产力之相關歷史數據詳見策略一之敘述，在促進科學園區產業成長策略中提及，2001 年受全球景氣衰退影響，劳动生产力較 2000 年衰退；本研究假設未來高科技產業景氣未見好轉，科學園區劳动生产力由 2000 年之高峰開始逐年緩慢降低，至 2011 年達到每人每年 600 萬元的水準，此後維持

不變；研發經費亦不再增加投入比率，維持原始模式之設定。

科學園區員工數方面，分析歷史數據可知，員工總數自1986年之8275人成長至2001年96,293人，平均年成長率18%，但2001年之員工數較2000年減少349人，是歷年首見負成長的現象。由於本研究原始模式的設定中，即包含園區產值成長率對園區員工增加率的影響，當產值呈現負成長時，園區員工亦會相對減少，故在此不須另外改變相關設定。本策略模擬結果顯示(圖14-19)，自2001年開始執行維持環境承载力策略，控制科學園區勞動生產力並精簡園區員工數，科學園區產值由2006年開始較基本模擬明顯減少，2016年以後趨向平穩，基本模擬中，2021年之園區產值約1兆2,000億，策略模擬則約為8,000億，較基本模擬減少三分之一；人口總數及產業總產值與基本模擬大致相同，僅出現極小幅度的減少，所影響不大；空屋率方面獲得有效的控制，2021年空屋率為16%，較基本模擬之18%降低2%；廢污水總量與廢棄物總量自2006年開始逐步減少，惟降低幅度不大，但與基本模擬相比，仍能獲得較佳之環境品質。

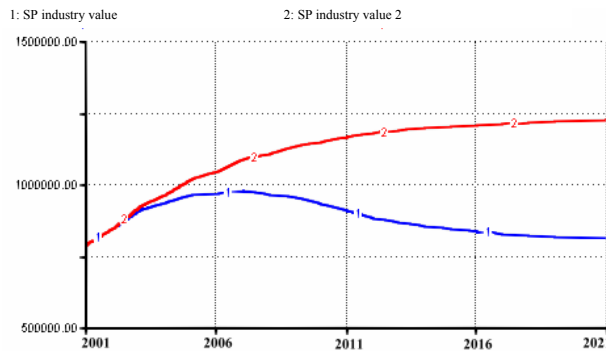


圖 14 維持環境承载力策略—園區產值模擬比較圖

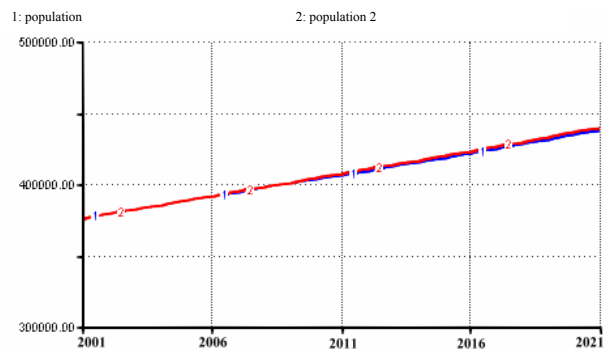


圖 15 維持環境承载力策略—人口總數模擬比較圖

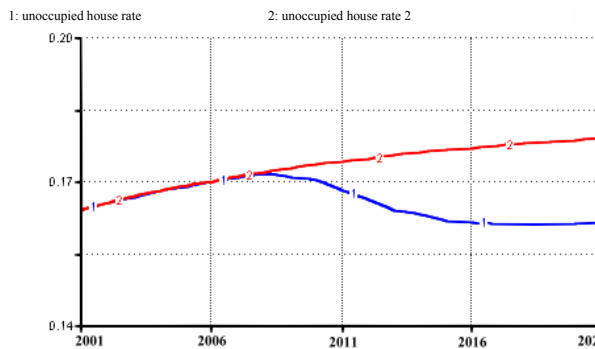


圖 16 維持環境承载力策略—空屋率模擬比較圖

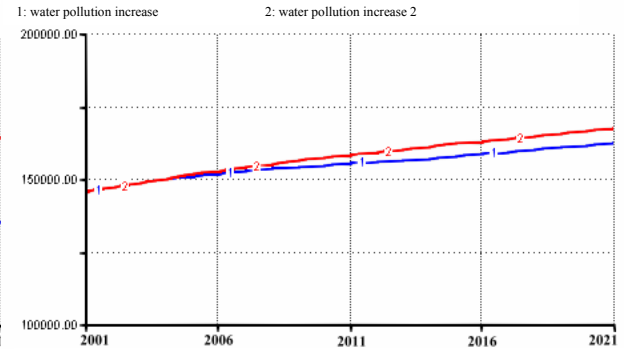


圖 17 維持環境承载力策略—廢污水總量模擬比較圖

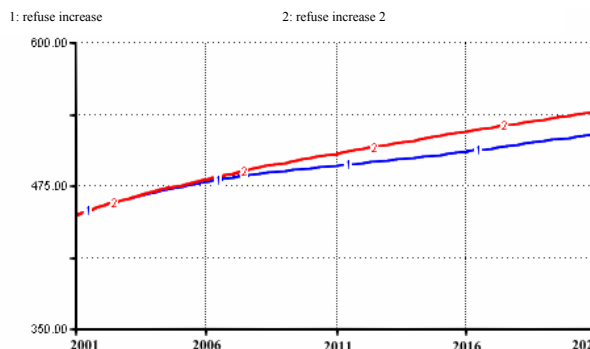


圖 18 維持環境承载力策略—廢棄物總量模擬比較圖

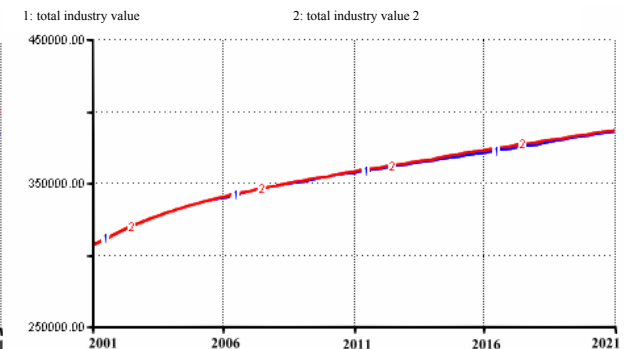


圖 19 維持環境承载力策略—產值總產值模擬比較圖

以環境保護及社會公平為前提，控制科學園區產業發展以維持環境承受力的策略，在空屋率、水污染及廢棄物污染等各方面，皆能得到一定程度的改善；對於都市人口與產業的發展，亦不至於造成較大的影響。但此策略造成 15 年後園區高科技產業產值減少三分之一，每月營業額減少約 4,000 億元，對於經濟層面之影響甚鉅。顧及環境及社會面向，卻造成經濟面向之損失，也是另一種不永續的現象，尤其對於以園區產業為核心之科學城而言，更應維持園區產業之穩定發展，至少使其不致走向衰退。因此，未來應設法在永續發展的三面向間找出平衡點，以達到發展園區產業、降低環境污染與維護社會公平等三個主要目標。

#### 4-4 綜合管理策略

由策略一與策略二的模擬可知，欲使科學城達到環境、經濟及社會等三面向之平衡發展，單獨以控制科學園區產業為手段並無法兩全其美。過度提高園區產值將導致環境污染惡化及空屋率升高；減少園區產值雖然降低了空屋率、減輕了污染量，但卻背離了科學城永續發展的首要目標——維持園區產業穩定成長。由此可知，欲達科學城之永續發展，除了以控制科學園區產業為手段之外，適當的環境管理策略將是必要的。因此，本研究在科學園區產業方面，將以控制員工總數、增加投入研發經費比率為策略；在都市相關層面部分，實施鼓勵民眾購屋、推動垃圾減量及節約用水等策略，進行綜合管理策略之模擬，觀察模擬結果並分析此策略對未來發展造成之影響。

在科學園區廠商投入研發經費比率方面，維持策略一之設定，維持固定成長速率，但不設定成長極限，至 2021 年模擬終止時，研發經費將佔園區總營業額的 10%。策略二中提到，自 1986 年以來，科學園區員工數平均每年成長 18%，至 2000 年達到接近 97 萬人之高點；但科學園區有其範圍上的限制，員工總數亦不可能無限制成長，故本研究設定 140 萬人為園區員工數的極限，當模擬之園區員工數達到 140 萬人時，模式將自動停止增加員工人數。

科學城相關面向部分，統計資料顯示戶量由 1986 年每戶平均 4.46 人逐年降低，至 2000 年每戶平均為 3.28 人，平均減少率為 2%；本研究設定未來住宅策略為鼓勵民眾購屋，戶量維持每年 2% 之比率持續降低，至 2011 年始維持固定水平。在資源與污染方面，歷史數據顯示每人每日用水量由 1986 年之 310 公升成長至 2000 年之 330 公升，每人每日垃圾量則由 1986 年之 1.05 公斤緩慢減少至 2000 年之 0.99 公斤；未來設定持續推動節約用水與垃圾減量策略，用水量依據「全國國土及水資源會議」中，訂定 2011 年每人每日平均用水量減至 250 公升為節約用水目標，並以此為策略目標；此外每人每日垃圾量則維持歷史資料之減少速率，至 2016 年達到每人每日垃圾量 0.96 公斤，此後固定不變。

綜合管理策略擬定後，模擬實施策略之發展，並與基本模擬比較，分析策略成效。本策略模擬結果顯示(圖 20-25)，自 2001 年開始執行綜合管理策略，科學園區產值較基本模擬小幅提昇，值得注意的是，園區員工數並未隨產值提昇而增加，反而較基本模擬略為減少，顯示限制總員工數並增加研發經費比率的策略頗為成功，實現產業高值化的目標；人口總數及產業總產值幾乎沒有變動，與基本模擬大致相同；空屋率在鼓勵購屋策略的控制下，成功減少至約 17%，較基本模擬之 18% 降低 1%；廢污水總量在節約用水策略的實施下，自 2001 年開始較基本模擬明顯下降，至 2011 年每人每日用水量固定後，污水總量始呈現緩慢增加，2021 年之污水總量降較基本模擬減低 20%；在廢棄物總量方面，實施垃圾減量策略後，廢棄物總量亦較基本模擬明顯減少，顯示相關策略對科學城污染減量有明顯的效果。

經由綜合管理策略的模擬，可得到園區產業高值化、降低都市空屋率、減少都市污染量等成效，並顧科學城環境、經濟與社會三面向之均衡，而達到科學城永續發展之目標。由此可知，欲達成科學城之永續，除保持園區產業適度成長之外，對於都市宏觀而全面的良管理策略也是不可缺少的。過去的經驗中，經濟發展與環境保護永遠是互相衝突的，然而透過科學園區產業的高值化，以及對產業用地、員



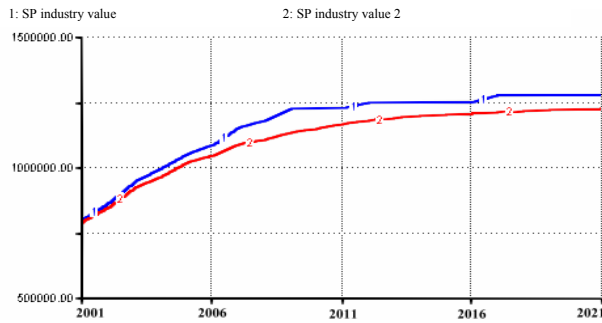


圖 20 綜合管理策略一區區產值模擬比較圖



圖 21 綜合管理策略一人口總數模擬比較圖

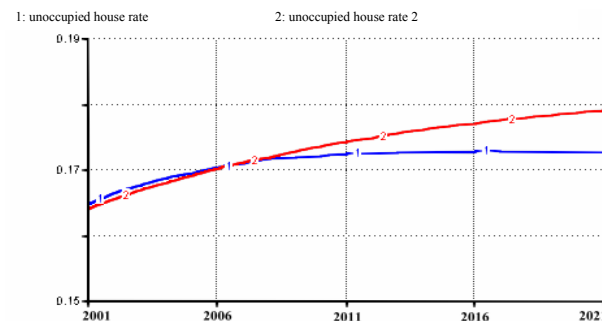


圖 22 綜合管理策略一空屋率模擬比較圖

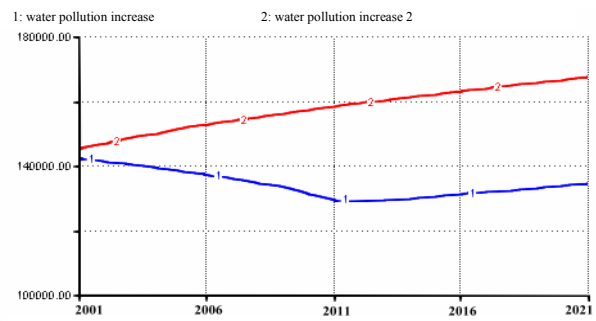


圖 23 綜合管理策略一廢污水總量模擬比較圖

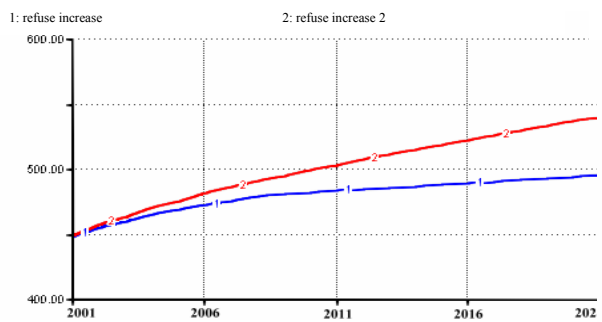


圖 24 綜合管理策略一廢棄物總量模擬比較圖



圖 25 綜合管理策略一產值總產值模擬比較圖

口人數的適當的總量控制，雖無法將經濟與環境的關係由衝突轉為互利，但卻可將衝突的影響降至最小；進而透過環境保護的相關策略，減少資源的消耗並加強對污染的處理，終將實現科學城永續發展的理想。因此，欲達成永續發展的理想，任何單一方向的策略是不夠的，一個全面性的綜合管理策略將是必要手段。

經由促進園區產業成長、維持環境承受力以及綜合管理等三種策略之模擬，可知不同策略之實施，所造成之模擬結果亦各不相同。至於孰優孰劣，則依根本目的之不同而難有定論；若就本研究之目的：科學城永續發展而言，則以綜合管理策略最為適當。整體而言，本模式模擬結果顯示：

#### 4-4.1 園區產值成長之假設

本研究係採用 1986 年至 2000 年之歷史資料數據，經模式運算求得相關變數之模擬值，並以這 15 年的實際資料為模擬效率之驗證對象。效率驗證之結果可信，模擬之發展趨勢符合歷史發展狀況。但這



15年間，正是新竹科學園區高科技產業蓬勃發展時期，產值逐年成長，及至2001年，產值出現竹科有史以來首見之負成長現象。未來之實際發展如何尚未可知，但若新竹科學園區高科技產業之發展已達極限（或面臨難以突破之瓶頸），是否仍應樂觀提出產值持續成長之相關策略，則有待進一步檢討。

#### 4-4.2 部分指標變動較小

三種不同策略的模擬結果顯示，人口總數與產業總產值之變動幅度皆不高。在敏感性變數分析中，都市人口子系統被動與相關指標之敏感性較低，因人口總數之變動主要受自然人口數影響，遷移人口數之影響較低，而本研究並未針對自然出生率及死亡率作控制，故其變動不太實屬合理。然而都市經濟子系統被動與相關指標之敏感性頗高，何以實際模擬之變動幅度偏低？其原因在於，本模式設定之都市經濟子系統，係受都市人口多寡之影響最為直接，而上述三項策略，皆未特別針對都市人口進行調整，也因此間接造成都市經濟子系統相關指標變動較小之現象。

#### 4-4.3 各子系統之反饋

本研究受限於時間及人力，模式之完整度尚有加強之空間。如模式中園區產業子系統直接影響其他子系統，但其他子系統卻缺乏對園區產業子系統之反饋。而各子系統之間，亦應製造更多之因果回饋關係，方能使科學城永續發展系統動態模擬模式更符合真實世界之運作狀況。

綜合基本模擬與相關策略模擬之結果，可知科學園區產業對科學城整體發展有舉足輕重的影響，而園區產業經濟的發展勢必對都市生態與社會環境造成衝擊與影響，且科學園區有其規模與範圍上的限制，不可能無限制的擴張與發展。因此，欲達科學城永續的理想，應在不超限發展的原則下，朝園區產業高值化的方向努力，將園區產業對都市環境的污染與破壞降至最低；並配合相關政策的實施，降低自然資源的消耗、減少環境污染、解決社會問題，方能建設一個生態、生態、生活面面俱到的永續性科學城。

## 五、結論與建議

### 5-1 結論

1. 本研究建構的科學城永續發展系統模擬模式可利用電腦，模擬各種不同管理策略對科學城未來發展之影響，進而尋求最佳的管理策略，建立的模式是科學的、可行的。
2. 科學城係以科學園區為核心，園區高科技產業的興衰將是影響科學城未來發展的根本因素，但園區產業對科學城未來之發展亦有正負兩面的影響，例如園區產值的成長帶動都市人口的成長與地方產業的發展，但卻也造成空屋率增加與環境品質惡化等問題。
3. 科學城之產業經濟與生態環境間具有衝突性與脆弱性，唯有在產業發展與環境保護這兩者間互相協調，從中取得平衡點，方能在不增加其他輔助策略的情況下，維持科學城之永續發展。
4. 本模式系統策略模擬結果，顯示達到科學城永續發展目標的可行策略有：

#### (1) 經濟面向策略

推動科學園區產業升級，側重於研發而非產量。量產產值的增加，僅提昇產量並引進大量員工，如此將造成都市污染與社會問題的增加；未來應朝研發園區轉型，增加研發經費投入，提昇單位產值而非產量，以實現產業高值化之理想，並將對都市之負面影響減至最小。

#### (2) 環境面向策略

減少對自然資源的消耗，降低污染生成量的增加。宣導節約用水與垃圾減量等觀念，推動資源

的回收與再利用，增設污染處理設備（如垃圾焚化爐、污水處理廠），提高污染處理總量與效率，減少科學城之污染與公害問題。

### (3) 社會面向策略

高收入、高學歷的科學園區從業人員，將對都市居民造成一定程度的社會分化，也間接造成地區房價上漲，形成對都市居民的不公平；此外亦促使建商大量興建住宅，導致空屋率的上揚。未來除須針對園區員工總量管制，避免園區員工過度增加外，亦須持續推動購屋優惠政策，由政府提供低利貸款，使成家省有能力自行購屋，以有效消化餘屋，降低空屋率。

## 5-2 建議

1. 科學城本身即是一個持續變化的穩定系統，因此各子系統中，均有其調節環路以抑制系統的成長。因此，欲達到科學城永續發展的目標，對於系統內相關指標之評估與衡量，須有其合理的標準值，方能對系統加以修正或設限，促使模式的整體發展以及相關策略的模擬結果更加合理，更符合真實世界的發展情況。
2. 本研究遭遇到最大的困難，是相關資料不足，指標準則判斷不易。未來可依指標體系，建構新竹科學城永續發展資料庫，以及準則判斷機制，以利模式模擬。
3. 建議後續研究可針對單一子系統進行微觀且深入之探討，例如僅探討科學園區產業子系統，將園區內四大產業（光電、半導體、IC設計、通訊科技）對園區發展之影響納入模式中，建構完整且詳細之園區產業子系統。或可進一步深入探討兩子系統間之互相關係，如園區產業與環境污染之關係，加強兩子系統間之因果關係，建構更完善之回饋環路。
4. 本研究僅以與新竹科學園區關係最密切之新竹市作為代表，模擬科學城整體之發展。然而，除新竹市之外，與竹科接壤尚有竹東鎮與寶山鄉。以整體的觀點而言，不同的區域範圍，將形成科學城不同的次系統，各次系統皆有其獨特性與值得探討的問題，因此建議後續研究範圍可延伸至竹東鎮與寶山鄉，進行新竹科學區域城市永續發展的模擬。
5. 本研究策略模擬結果顯示，園區產值減少 4,000 億將可有效降低科學城環境污染，則應模擬以其他環保策略減少產量污染所需之成本，進而由兩者之間尋求經濟效益之最佳解，則有待進一步探討。

## 參考文獻

1. 田心德，1986，台北都會區住宅系統動態模型之研究，碩士論文，中興大學都市計畫研究所，台北。
2. 行政院經濟建設委員會，2001，綠色矽島建設藍圖暨相關政策方案，行政院。
3. 何友鋒、王 小璘、陸建浩，2002，台中市都市永續發展系統動態模擬模式之研究，建策學報，No. 41，pp.107-128。
4. 李永展、何紀芳，1998，土地資源永續利用指標架構之建立—以中部區域為例，土地經濟月刊，No. 9。
5. 科學工業園區管理局，1986，新竹科學城發展計畫，行政院國科會。
6. 狩野紀照，1990，拍陣圖：課題達成型有效的QC改善歷程方法，和昌出版社，pp. 46-48。
7. 陸建浩，2002，台中市都市防災系統動態模擬模式之研究，碩士論文，朝陽科技大學建築及都市設計研究所，台中，p. 82。
8. 梁心峰，1997a，系統動態方法應用於區域發展影響分析之研究—臺灣地區國科會綜合發展個案測試，碩士論文，成功大學都市計畫研究所，台南，pp. 1-9。
9. 黃書禮，1993，台灣地區都市生態系統之比較分析與永續性都市策略研議，國科會專題研究報告，台北。
10. 曾國雄，1994，都會區環境品質改善策略多評準決策模式之研究，國科會專題計畫。
11. 謝長弘，1987，系統動態學理論、方法與應用，中興管理顧問公司，台北。
12. 蕭新煌、林雲鵬、劉小如、蔣本基，永續台灣 2011 研究計畫，國科會專題研究報告，台北。
13. 嚴茂超，2001，生態經濟學新論：理論、方法與應用，中國致公出版社，pp. 77-82。
14. Forrester, J.W., 1974, Systems Analysis as a Tool for urban planning, in Nathaniel J. Mass, Readings in Urban Dynamics: Vol.1, pp.13-28.
15. Gulen, C., & Berköz, L., 1996, Dynamic Behavior of the City Center in Istanbul, Comput., Environ and Urban System, Vol.20 No.3.
16. Grant, W.E., & Paul, B.T., 1997, Integrated ecological models: simulation of Socio-cultural constraints on ecological dynamics, ecological Modelling No.100, pp.43-59.
17. HPS, 2000, STEILA and STELLA Research: An Introduction to Systems Thinking, High Performance Systems.
18. Nijkamp, P., & Perrels, A., 1994, Sustainable cities in Europe, Earthscan Publication Lit.

# Simulation and Analysis of the Sustainable Development Policies for Hsinchu Science City

Yu-Feng Ho\*    Shu-Song Wang\*\*

\* Department of Architecture, Chaoyang University of Technology  
e-mail:hyfarch@ms32.hinet.net

\*\* Department of Architecture, Chung Kuo Institute of Technology  
e-mail:edge0711@seed.net.tw

(Date Received : May 03, 2004; Date Accepted : December 04,2004)

## Abstract

Hsinchu Science Park is an example of developing high technology industry in Taiwan. Its rapid growth has resulted in the tremendous economic benefits. However, it also has produced social and environmental impacts. These impacts result in conflict between economic growth and sustainable development of the science city. The purpose of this study is to establish a system dynamic model of Hsinchu Science city with STELLA programming language to simulate the different development scenario of science city. The results of this study found that the development of the science city should comply with the objectives of (1) maximize the industry profits of the science park, (2) minimize the damages of the science park to its mother city, (3) decrease the consumption of natural resources, (4) reduce environmental pollution, and (5) attend to relevant social problems.

Keywords : Science city, Sustainable development, System dynamic, Dynamic simulation model.