

東海大學經濟學系

碩士論文

台灣科學園區發展趨勢動態模擬

The Dynamic Simulation of the Development Trends for the
Science Parks in Taiwan

指導教授： 蕭志同 博士

劉仲戎 博士

研究生： 施杏姿 撰

中華民國一百零五年七月

東海大學經濟學系碩士班

施杏姿所撰之碩士論文

台灣科學園區發展趨勢動態模擬

業經本委員會審議通過

論文口試委員會委員：

劉仲成 羅志同

李壽林

王瑞德

論文指導教授：

劉仲成 羅志同

經濟系系主任：

賀惠玲

中華民國 105 年 6 月 28 日

台灣科學園區發展趨勢動態模擬

摘要

從 1949 年政府撤退來台至 1970 年代以前，台灣產業結構以勞動密集工業為主。由於工資上漲與能源危機等問題，逐漸面臨發展瓶頸，為了讓經濟持續成長，改善產業結構，政府於 1980 年設立科學園區，將台灣製造業由勞力密集轉型為技術密集的結構。新竹科學園區成功的發展，確實為台灣帶來龐大的經濟效益與就業機會；然而科學園區的發展需要廣大的土地、充沛的勞動力、水電資源等投入，因此上述許多因素若遇到困境時，恐造成其成長的上限。本研究利用系統動態學，探討台灣科學園區發展的系統結構與發展趨勢；並且模擬人口出生率降低與人力外流，加上景氣變動、水電資源上限之影響效果。最後本研究進行相關因素的動態模擬與討論。

關鍵字：人力資源、自然資源、科學園區、系統動態學



The Dynamic Simulation of the Development Trends for the Science Parks in Taiwan

Abstract

Before the 1970s, labor-intensive industries were the key to the successful economic development in Taiwan. However, rising wages and oil crises had hindered the further development of Taiwan's economy. In order to improve the industrial structure and pursue continual growth of the economy, the Taiwanese government decided to establish the science parks in 1980. The success of developing the Hsinchu Science Park did bring huge economic benefits and employment opportunities for Taiwan. Whereas, the development of science parks requires vast land, labors, water and electricity resources. When some of the factors above encounter the barrier of expansion, it can lead to the limits to the growth of science parks. This study uses system dynamics to explore the development trends of the science parks in Taiwan. In addition, effects about the decline of the birth rate, the outflow of skilled manpower coupled with economic fluctuations are simulated and discussed.

Keyword: human resources, natural resources, science park, system dynamics

誌謝

光陰似箭，在東海大學求學的日子也即將告一段落，從大學生活一路走向研究所的學習過程，使我成長不少，在這五年中，要感謝所有教導我的師長與陪伴鼓勵我的同學、朋友們。首先要感謝我的兩位指導老師，蕭志同老師以及劉仲戎老師，兩位老師在課業、研究上的悉心教導，給予系統思考的薰陶，除此之外也教導我待人處事的道理，同時，感謝劉佳怡老師與陳俊成學長經常參與我的論文討論，給予許多建議與鼓勵。此外，深切的感謝口試委員王瑞德老師、李亭林老師提供寶貴意見，讓本文能夠更完整的呈現。

在模型建構與論文撰寫的過程中，遇過諸多挫折、難題，但也有無數的美好回憶，感謝系上所有老師在學業上的諄諄教誨，以及系上助理、助教們對於論文與平日事務的輔助。謝謝研究所同學政毅、筠昕、子閔、羽真、怡婷、庭毅、楷浚、郁晴、建偉在課業學習上，互相勉勵、學習，以及大學好友金澈、詩媛、宇辰、穎萱、玟穎、韋志平日的陪伴與鼓勵，陪我度過低潮，偶爾的聚會都讓我放鬆不少，也讓我的碩班生活更加多采多姿。

最後，要感謝我的爸爸媽媽與文永叔叔、雅媚阿姨一家人一路支持鼓勵我繼續鑽研碩士學程，您們無私的栽培與關愛，讓我在求學這條路更踏實的走著，謝謝您們，我愛您們！

施杏姿 謹誌

東海大學經濟學系

中華民國一百零五年七月

目錄

摘要.....	I
Abstract	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機與背景.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究流程.....	3
1.4 論文架構.....	4
第二章 文獻探討與台灣科學園區發展歷程、特性.....	5
2.1 科學園區定義的相關文獻.....	5
2.2 科學園區發展所需之要素.....	6
2.3 台灣科學園區的發展歷程.....	7
2.4 台灣科學園區面臨的問題.....	11
2.5 科學園區的一般性與台灣的特性.....	14
第三章 研究方法.....	16
3.1 系統動態學的發展與應用.....	16
3.2 系統動態學的研究步驟.....	17
3.3 系統動態學模式效度.....	17
3.4 系統動態學的符號說明.....	18
第四章 模型建構與結果分析.....	20
4.1 質性模型建構.....	20
4.2 量化模型建構.....	25
4.3 模擬結果.....	28

4.4	系統環境情境.....	31
4.5	討論.....	34
第五章	結論與建議.....	35
5.1	結論.....	35
5.2	建議.....	35
參考文獻	37
附錄	41



圖目錄

圖 1-1	研究流程	3
圖 2-1	台灣科學園區 1983~2015 年之營業額	9
圖 2-2	台灣科學園區 1984~2015 年之營業額成長率	9
圖 2-3	台灣歷年出生率	13
圖 2-4	台灣工作年齡人口變動趨勢圖	13
圖 4-1	園區開發與環保抗爭之因果環路圖	21
圖 4-2	人力資源、固定資本與產出之因果環路圖	22
圖 4-3	產值、固定資本與資金之因果環路圖	22
圖 4-4	台灣科學園區發展之因果環路圖	24
圖 4-5	工程師人數累積之動態流程圖	25
圖 4-6	固定資本累積之動態流程圖	26
圖 4-7	資金累積之動態流程圖	26
圖 4-8	台灣科學園區動態流程圖	27
圖 4-9	產值之歷史值與模擬值	28
圖 4-10	工程師人數之歷史值與模擬值	29
圖 4-11	固定資本之歷史值與模擬值	30
圖 4-12	資金之歷史值與模擬值	30
圖 4-13	在供水限制下產值之變動模擬	31
圖 4-14	在供電限制下產值之變動模擬	32
圖 4-15	在景氣變動下產值之變動模擬	33
圖 4-16	在少子化影響下產值之變動模擬	33
圖 4-17	在工程師離職率上升時產值之變動模擬	34

表目錄

表 2-1	科學園區相關定義	5
表 2-2	台灣科學園區的發展階段	10
表 3-1	系統動態學符號與說明	18



第一章 緒論

1.1 研究動機與背景

台灣在 1970 年代以前經濟發展結構以勞動密集工業為主，政府鼓勵出口導向，設立加工出口區，因此台灣製造業迅速發展，面臨勞動成本增加的問題，且兩次石油危機的發生，導致原物料成本提高，為了突破勞力密集的瓶頸，國科會提出成立科學工業園區，將台灣製造業由勞力密集轉型為技術密集，於 1980 年設置了台灣第一座科學園區-新竹科學工業園區(Hsinchu Science Park)，簡稱竹科(竹科二十週年專刊，2000)。

科學園區為台灣帶來龐大的經濟效益與就業機會。以新竹科學園區的營業額來看，從 1983 年的 30 億新台幣成長到 2015 年的 1.1 兆新台幣，竹科成功的發展吸引更多廠商加入，從 1983 年的 37 家廠商增加到 2015 年的 521 家廠商，導致園區逐漸飽和，政府為了滿足廠商需求與南北均衡發展，於 1995 年成立南部科學工業園區(Southern Taiwan Science Park；簡稱南科)，營業額從 1998 年的 1.1 億新台幣成長至 2015 年的 7151 億新台幣，廠商數由 1998 年的 2 家增加至 2015 年的 204 家。而後政府又於 2002 年決議開發中部科學工業園區(Central Taiwan Science Park；簡稱中科)，營業額從 2005 年的 608.91 億新台幣成長至 2014 年的 4921 億新台幣，廠商數從 2004 年的 38 家增加至 2015 年的 180 家。

科學園區的發展是一個動態且複雜的系統，其發展需要廣大的土地、足夠的水電資源與良好的交通網絡，因此，中央與地方政府建設水電基礎設施與交通建設幫助科學園區發展，另外，政府亦提供多項租稅優惠政策輔助園區。科學園區周邊環境有許多學術研究機構，與園區廠商互相配合研究新技術，並進行技術移轉，培養無數專業人才進入科學園區。科學園區設有管理單位，對園區進行管理，但每個科學園區的發展過程與結果不盡相同，例如，美國史丹佛研究園區由大學

管理、以研發為主，台灣科學園區則是由科學園區管理局進行管理、以量產為主(葉秀婉，2007)。

台灣科學園區成功的發展，吸引眾多廠商入駐，但園區土地有限，面臨園區飽和的情形，因此政府開發更多園區讓廠商加入，進而達到經濟成長，但科學園區勢必帶來汙水及廢氣，導致民眾與環保團體進行抗爭(李玉鈴，2013)。人力資源對於經濟發展亦是相當重要的要素，然而台灣人口出生率逐年降低、人才嚴重外移，未來將面臨勞動力不足的問題。科學園區的快速發展，使用之水電資源也增加快速，更造成汙染問題，引發民眾抗爭。從上述說明更加了解科學園區的發展動態且複雜，也面臨相當多問題，因此，需要以整體觀的角度再更深入探討科學園區的發展。

1.2 研究目的

由上述的動機可知，台灣科學園區的發展已經面臨土地有限、勞動力與水電短缺、汙染等問題，本研究的研究目的主要有以下三項：

1. 探討科學園區的一般性及台灣科學園區的特性。
2. 建構台灣科學園區發展的系統結構模式，探究台灣科學園區的發展是否已經面臨可能的極限，並探討背後原因。
3. 探討台灣科學園區未來可能的發展趨勢，並對變數進行情境模擬。

1.3 研究流程

根據研究目的，本論文之研究流程圖如下：

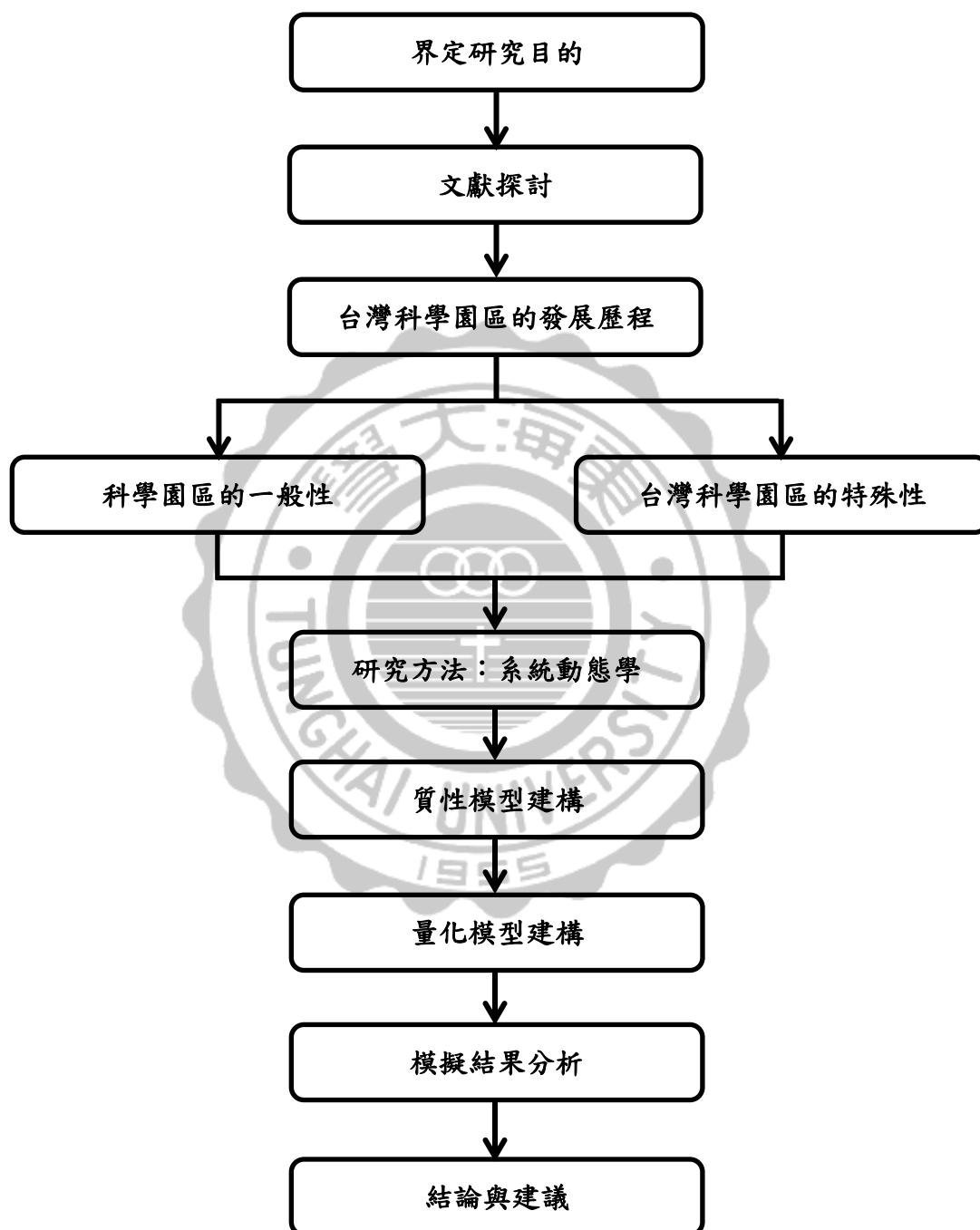


圖 1-1 研究流程

1.4 論文架構

本研究使用系統動態學為研究方法，先探討台灣科學園區的發展過程，再整理出其特性，進而了解科學園區系統的結構，並模擬園區未來發展的趨勢及問題之解決策略，論文共分成七章：

第一章緒論，主要陳述研究動機、研究目的、研究流程、論文架構。

第二章文獻探討與台灣科學園區發展歷程、特性，將文獻整理成五個部分：第一部分為科學園區定義的相關文獻；第二部分為科學園區發展的要素之相關文獻；第三部分為闡述台灣科學園區的發展歷程；第四部分則說明台灣科學園區面臨的問題之相關文獻；第五部分則是根據文獻，歸納出科學園區的一般性及台灣科學園區的特性。

第三章研究方法，介紹系統動態學的發展與應用、研究步驟、效度檢驗、符號說明。

第四章模型建構與結果分析，包含質性模型與量化模型的建構及方程式的說明，並提出七個關鍵環路，並對台灣科學園區未來可能的情況進行模擬，針對目前或是即將面臨到的問題尋找解決之道。

第五章結論與建議，針對研究結果做說明，並且提出未來研究的建議。

第二章 文獻探討與台灣科學園區發展歷程、特性

本章第一節為回顧科學園區定義的相關文獻，第二節則是透過文獻了解科學園區發展所需的資源及要素，第三節為論述台灣科學園區的發展歷程，第四節乃藉由文獻了解台灣科學園區發展至今所面臨的問題，最後第五節則是根據文獻，歸納科學園區的一般性與台灣科學園區的特性。

2.1 科學園區定義的相關文獻

世界第一個科學園區為美國的史丹佛研究園區，其成功的發展吸引諸多廠商加入，形成產業聚落，逐漸發展成著名的矽谷，之後其他國家也陸續成立科學園區。到目前為止有許多學者及研究協會對科學園區進行相關定義，本研究整理如表 2-1 所示。

表 2-1 科學園區相關定義

學者及相關協會	定義
世界科學園區協會 (International Association of Science Parks, IASP)	由專業人員組成並管理科學園區，目的是增進產業競爭力及社區整體財富，為了達成目標會與學術研究組織交流。
英國科學園區協會 (The United Kingdom Science Park Association, UKSPA)	科學園區提供一個良好的環境讓廠商發展，鼓勵廠商創新，並與大學、研究機構等知識中心進行交流。
美國大學研究園區協會 (Association of University Research Parks, AURP)	科學園區扶持新公司的成長，並且能夠移轉技術，與大學和研究機構建立夥伴關係，驅動技術導向的經濟發展。
Albert N. Link & John T. Scott(2002)	科學園區需要有土地的開發，與政府、學術機構及民營公司有合作關係，並且會有技術移轉。
我國「科學工業園區設置管理條例」	為引進高級技術工業及科學技術人才，以激勵國內工業技術之研究創新，並促進高級技術工業之發展。

資料來源:世界科學園區協會網站(2015)、英國科學園區協會網站(2015)、美國大學研究園區協會網站(2015)、Albert N. Link & John T. Scott(2002)

葉秀婉(2007)研究世界各國科學園區的發展，從每個科學園區的發展中可以發現園區都有一定的管理體制，並歸納出四種管理體制，第一種是政府管理型，由政府設立專門的管理機構，這類型的科學園區有日本筑波科學城(Tsukuba Science City)；第二種為大學管理型，由大學設立管理機構，例如：美國的史丹佛科學園區；第三種為基金管理型，由政府、銀行、企業、大學等機構成立基金會，並且共同分擔管理機制，此類型的科學園區有美國的北卡羅萊納三角研究園區等；第四種則是公司管理型，以設置董事會的方式，將科學園區視為獨立經營的公司來管理。

陳厚銘(2007)的研究指出科學園區為台灣帶來許多貢獻，除了增加當地的就業機會與國民所得，也帶動區域及整個國家的產業發展，新竹科學園區甚有「台灣的矽谷」之美稱。王樹嵩(2003)將台灣科學園區的發展分成兩個階段，第一階段為 1970 年代初期的工業轉型時期，第二階段則是 1980 年代後期的促進產業升級。台灣科學園區的發展主要是以政府政策先推動，透過科技與研究機構的結合不斷創新，且配合國際趨勢調整政策，與日本科學園區的發展過程較相似。美國科學園區的成立則是因為史丹佛大學周邊的地理優勢，並且能與大學取得技術支援，吸引廠商進駐，形成產業聚落。

從以上文獻可以發現，科學園區的發展有一些不可或缺的要素，因此，下一節為從文獻中歸納重要的發展因素，了解科學園區的發展過程中，需要累積哪些重要的要素，才能讓園區成功的發展。

2.2 科學園區發展所需之要素

Castells and Hall(1994)研究矽谷的發展，並說明成立科學園區需要有三大大要素，一是果斷決策的政府，第二是一群能夠帶領創新的人或團隊，最後則是需要革新的環境。黃金成(2001)以 DEA(Data Envelopment Analysis)與 AHP(Analytic Hierarchy Process)兩種方法來分析科學園區資源投入的產出效率，投入變數有就業員工數、園區實收資本額、研發經費、土地面積，產出變數有營業額及專利核

准數，並利用以上變數觀察園區六大產業(積體電路、電腦及週邊、通訊、光電、精密機械、生物技術)的重要變數，從研究結果可以發現研發經費和專利核准數對於產業發展相當重要，及就業員工數與研發經費的投入對營業額也有不小的影響。

沈宏谷(2002)以電腦及週邊、通訊、IC 設計、軟體四類廠商來分析廠商區位的選擇，其研究結果顯示營運成本是廠商選擇區位的第一考量，其次為人力供給、政府政策、技術取得、基地位置及公共設施，但這六項要素對廠商確實都有影響力。何珮瑛(2005)研究台灣與中國的科學園區，不論是台灣或是中國，其園區位置附近皆有交通建設，能夠方便運輸產品；台灣科學園區的人力是來自大學與研究機構，而中國科學園區則會有研發中心與研究院進駐園區內，提供人力資源。

湯于瑩(2013)探討新竹科學工業園區的發展與人口的關係，利用人口成長率和地理空間的關係，觀察新竹地區人口歷年的變化，研究結果顯示新竹科學園區成立約十年後，人口才開始急遽增加，因此可知科學園區創造的就業機會與商機會慢慢吸引人口進駐，也為園區帶來許多專業人才，另外因為人口的湧進，週邊的公共建設也會隨之增加，提高當地的生活品質，但也人口的增加。

台灣智庫(2014)分析台灣科學園區成功的主要因素是地理區位的鄰近性，並且能夠連結廠商、供應商、製造商與學術研究機構等，形成產業群聚，且科學園區能夠帶動創新與技術移轉、提升人力資源水準、促進新公司成立與發展；另外，台灣科學園區生產之產品以出口為主，因此全球經濟景氣會直接影響科學園區的績效。

2.3 台灣科學園區的發展歷程

台灣成立科學園區的構想始於 1968 年的經濟部長李國鼎先生在美國的一次科技會談；1976 年時，清華大學校長兼國科會主委徐賢修先生建議在新竹地區設立科學園區，並認為清華大學、交通大學及週邊的學術研究機構能夠輔助科學園區的發展，與行政院長蔣經國先生經過多次討論後，於該年將科學園區的設置

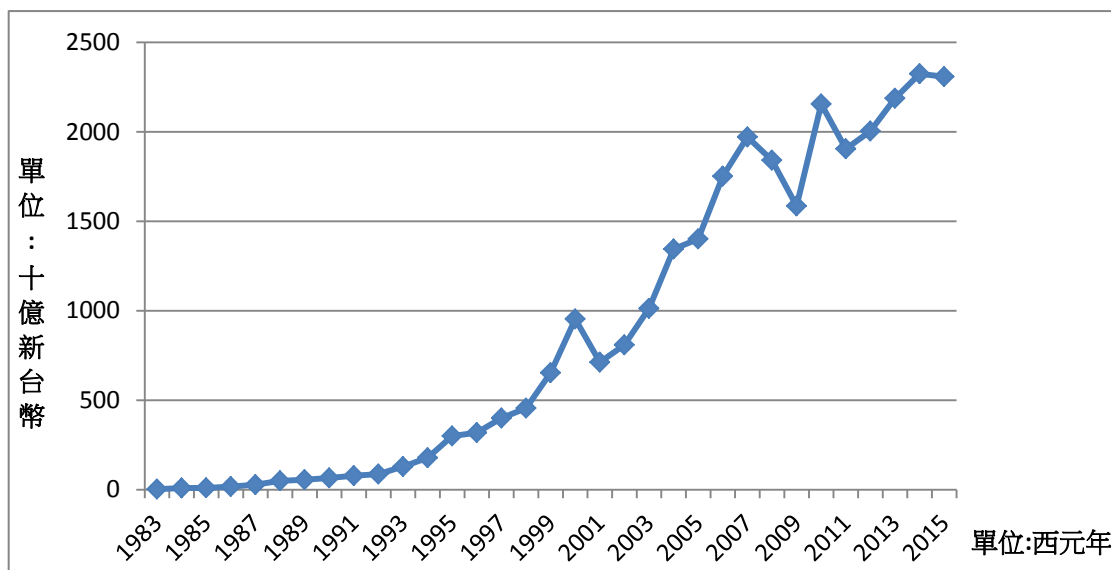
納入六年經建計劃。1979 年，立法院通過科學工業園區設置管理條例及成立竹科管理局籌備處；最後在 1980 年成立新竹科學工業園區。

雖然科學園區正式成立，但海外人才擔憂回台後子女的就學問題，於是政府在 1983 年設立了國立科學工業園區實驗高級中學，成功解決問題，也吸引更多海外人才回國。政府發布了促進產業升級條例與科學工業園區設置管理條例，給予竹科許多租稅優惠，其中包含五年免徵營利事業所得稅、園區內屬於保稅區等，也吸引眾多廠商入駐。

1991 年竹科管理局與法國圖耳(Tours)科學城簽訂了科技園區聯盟草約，是台灣第一次與國外科學園區結盟，之後也陸續與其他園區簽訂合作協定。1993 年以前，竹科的營業額是以電腦及周邊產業為第一，1993 年因為積體電路產業的興起，使竹科的營業額首度突破 1000 億新台幣，也從該年開始至今，積體電路產業之營業額始終居於園區之冠。竹科蓬勃的發展吸引更多廠商入駐，使園區土地逐漸飽和，當時又迎上半導體產業發展，政府為了滿足廠商需求及南北均衡發展，於 1995 年決定設置南部科學工業園區。

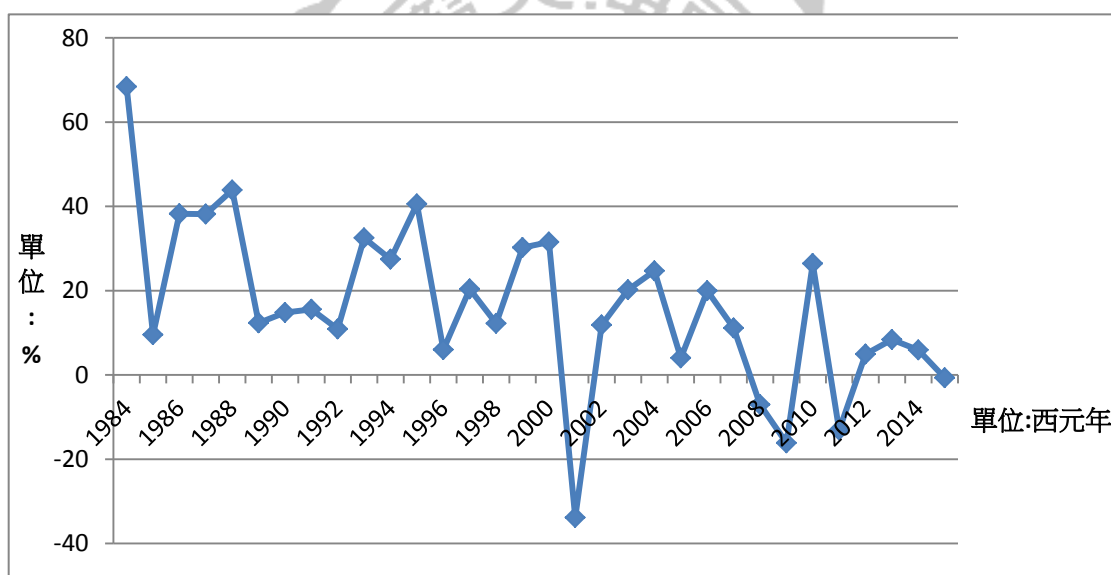
2000 年，台灣出現第一次政黨輪替，造成政策、政治的不確定性，加上 2001 年時因為美國網路經濟泡沫化導致全球經濟衰退，使台灣科學園區的營業額首度出現衰退(圖 2-1)，之後政府有意再開發台灣第三座科學園區，並認為台中擁有良好的地理區位、生活機能及交通運輸，經過多次研究評估，中部科學工業園區的開發於 2002 年定案。

2008 年由於金融海嘯，使台灣科學工業園區營業額驟降(圖 2-1)，當時國科會為了幫助科學園區度過危機，決定減收園區管理費，並鼓勵產學合作與研發投入，2011 年由於美國經濟復甦緩慢，加上歐洲部分國家在金融海嘯時借貸過多，龐大的債務危機蔓延導致全球經濟不穩定以及日本 311 大地震對資訊產業及半導體產業零件的供應造成影響，導致半導體產業成長衰退(圖 2-1)，由此可以發現台灣科學園區的產業太過於以半導體產業為主，一旦半導體產業出現問題，對台灣經濟將會造成莫大影響。



資料來源:本研究整理自竹科官網¹、中科官網²、南科官網³

圖 2-1 台灣科學園區 1983~2015 年之營業額



資料來源:本研究整理自竹科官網¹、中科官網²、南科官網³

圖 2-2 台灣科學園區 1984~2015 年之營業額成長率

根據王雅恂(2004)、賈秉靜(2007)以及台灣科學園區的發展歷程，可以將台灣科學園區的發展分成四個階段(如表 2-2)：

¹ <http://www.sipa.gov.tw/>

² <http://www.ctsp.gov.tw/>

³ <http://www.stsipa.gov.tw/>

表 2-2 台灣科學園區的發展階段

階段	時間	發展情況
第一階段	1980~1990 年	<ol style="list-style-type: none"> 1. 政府扶持新竹科學園區的發展，提供多項租稅優惠(產業升級條例、科學工業園區設置管理條例等)。 2. 新竹科學工業園區成立管理局作為單一窗口，成為廠商及政府間的橋樑。 3. 為吸引國外人才回國，新竹科學園區於 1983 年成立科學工業園區實驗高中，解決國外人才的子女就學之問題。
第二階段	1991~1999 年	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1991 年新竹科學工業園區管理局與法國圖耳(Tours)科學城簽訂科技園區聯盟草約，為台灣第一次與國外科學園區結盟，之後也陸續跟其他園區簽訂合作協定。 2. 1993 年，新竹科學工業園區營業額首度突破 1000 億新台幣，且積體電路產業成為科學園區的第一大產業。 3. 1995 年政府決定設立南部科學工業園區。
第三階段	2000~2013 年	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2000 年時，台灣出現第一次政黨輪替，造成政策與政治上的不確定性，2001 年美國發生網路經濟泡沫化，影響全球經濟，因此使台灣科學園區營業額首度出現衰退的情形。 2. 2002 年政府決議開發中部科學工業園區。 3. 2008 年發生金融海嘯，台灣科學園區的營業額再次下降，許多廠商實施無薪假。 4. 2011 年，由於美國經濟復甦緩慢、歐洲債信問題對全球景氣造成衰退，以及日本 311 大地震，影響半導體產業零件之供應。
第四階段	2014 年至今	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2014 年，中國發布「國家集成電路產業發展推進綱要」，積極推動半導體產業，台灣科學園區面臨挑戰。 2. 2016 年 2 月投資審議委員會核准台積電在中國設廠。

資料來源:竹科二十週年專刊(2000)、竹科三十週年專刊(2010)、王雅恂(2004)、賈秉靜(2007)

2.4 台灣科學園區面臨的問題

從上節可知，學術研究機構、人才、政策、土地等因素對於科學園區是不可或缺的要素，在科學園區長期的發展下，這些要素長期的變化也使科學園區逐漸浮現問題，因此本節為討論科學園區面臨的問題之相關文獻。

王樹嵩(2003)以產業、人口、住宅土地、環境及經濟五大主題來探討科學園區的發展與問題，其中科學園區的發展雖然帶來區域發展及人才，但人口的增加卻也造成環境污染的問題。何珮瑛(2005)也提到新竹科學園區快速的發展，導致園區的土地、水電不足以提供給廠商使用，以及污染的問題，其原因在於科學園區擴張速度太快，導致園區和廠商步調無法配合。另外，近年來中國的崛起，也對台灣造成許多影響，例如中國成本低廉，且政府提供許多優惠措施，吸引台商外移，使得人才逐漸流失等。

由於全球環保意識提升且為了顧及環境，因此有時無法達到原本預定的經濟目標，李玉鈴(2013)說明透過擴張園區面積來增加廠商進駐是最容易讓科學園區達到經濟成長的方法，所以政府不斷開發科學園區土地，卻出現諸多問題，以中科二林園區為例，由於水源、汙水排放等疑慮，導致民眾與環保團體進行抗爭，最後政府將二林園區轉型成精密機械園區，但彰化縣政府早已在鄰近地區開發了二林精密科技園區，導致廠商入駐情形不盡理想，出現廠房、土地閒置的問題。

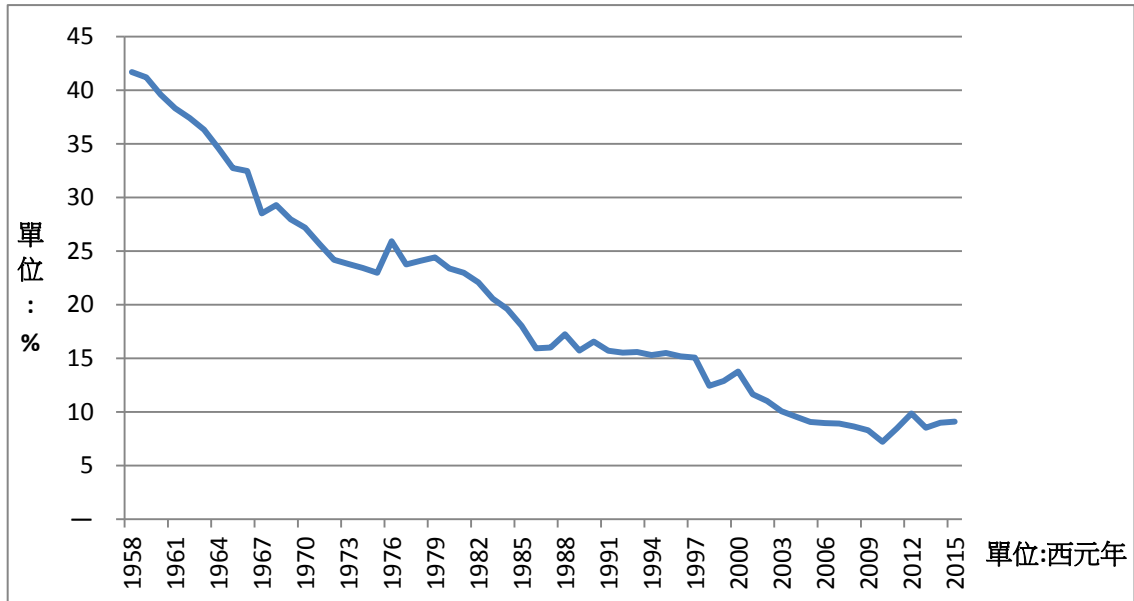
台灣智庫(2014)提到由於台灣科學園區所生產之產品是以出口為主，因此國際經濟景氣直接影響了科學園區的績效。園區的開發經費是來自作業基金，但政府沒有謹慎的了解廠商進駐意願與市場供需就開發土地，造成土地閒置、招商困難等問題，也使作業基金嚴重負債。

台灣缺乏自然資源，雖然台灣的年降雨量為世界平均的 2.5 倍，但每人年平均分配到的雨水量卻只有世界平均的五分之一，主因是台灣地勢不易集水且雨勢集中在夏秋季，秋冬季的降雨量時常不足，導致全台缺水的危機(倪福成，2015)；科學園區需要使用大量的水資源，因此園區曾召開多次會議討論缺水問題，目前

科學園區主要以進行節水輔導作業以及回收水利用節省並且更有效率的使用水資源。

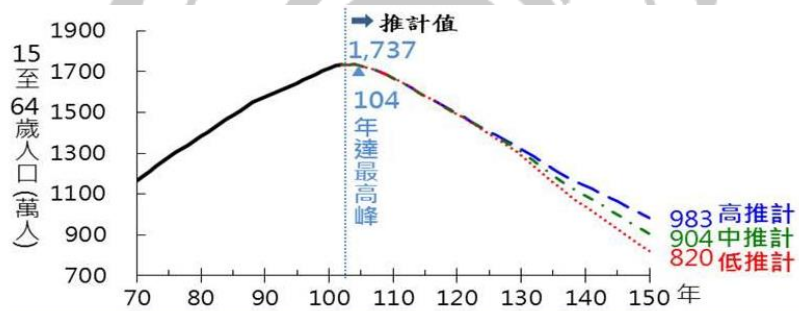
科學園區亦需耗用相當多的電力資源，何秀玲(2003)指出高科技產業對於供電可靠度及電力品質的要求相當高，並整理出四個高科技產業的用電特性：連續性的生產流程(以半導體產業為例，機器需要 24 小時運轉生產)、製造環境要求嚴格(對電力的品質要求高)、高效率生產用電(用電量高)、用電之產值高(能源密集度低)。另外，政府試圖透過擴張科學園區土地讓更多廠商進駐，進而達到經濟成長，但土地資源有限(李玉鈴，2013)，從前面圖 2-2 更可看出台灣科學園區之營業額成長率已經趨緩，似乎面臨到成長的瓶頸，不單只是資源缺乏造成，勞動力不足的也是一大問題。

科學園區的發展帶來許多就業機會，因此吸引大量人才到當地就業且定居，而人口增加逐漸造成交通壅擠的問題。近年來，人才受到中國實施的優惠措施及發展空間吸引而外移，造成台灣人才缺乏，且台灣技職體系越來越多轉為大學，導致學生所學無法馬上運用，需要經過廠商長時間訓練才能成為專業人才。另一個人力問題則是台灣的出生率逐年下滑(圖 2-3)，洪懿妍(2014)引用國家發展委員會的估計，2015 年時，15~64 歲的勞動力為歷年來的最高峰，之後便逐年下降(圖 2-4)，英國牛津經濟研究院(Oxford Economics)的全球人才 2021(Global Talent 2021)報告中預測，在 2021 年時，台灣會是全球最缺乏人才的國家，主因是人才嚴重外流，也招攬不到國際人才。



資料來源：內政部戶政司/本研究整理

圖 2-3 台灣歷年出生率



年齡組	15-64歲工作年齡人口年齡結構 (%)				
	70年年底	103年年底	150年年底		
			高推計	中推計	低推計
15-24歲	33.9	18.1	15.8	13.7	11.3
25-44歲	42.2	42.3	39.2	37.5	35.1
45-64歲	23.9	39.7	45.0	48.8	53.6

資料來源：國家發展委員會(2010)

圖 2-4 台灣工作年齡人口變動趨勢圖

根據上述說明可以了解，台灣科學園區已經面臨到諸多問題及瓶頸，但先前的文獻大多只探討竹科、中科或南科其中一個科學園區的問題，鮮少有文獻研究台灣科學園區的整體發展，因此本研究將以系統動態學來分析台灣科學園區的發展趨勢及問題。

2.5 科學園區的一般性與台灣的特性

2.5.1 科學園區的一般性

一、科學園區周邊需要有學術研究機構，進行技術、人才的交流

從世界各個科學園區的發展歷程可以發現，許多科學園區是由大學設立管理單位，對科學園區進行管理，例如：英國劍橋科學園區(Cambridge Science Park)、美國史丹佛研究園區等，其他科學園區則是由政府或者聯合其他企業、銀行等，建立管理單位，如：台灣的科學園區、北卡羅萊納研究三角園區等，這些園區周邊幾乎也都有大學與研究機構(葉秀婉，2007)，而這些學術研究單位能夠提供高技術、知識人才給科學園區，而且還能進行技術移轉與技術交流，輔助科學園區的發展。

二、中央及地方政府提供基礎公共建設扶持科學園區發展

科學園區的發展需要廣大的土地及良好的交通網絡，因此須經過中央與地方政府徵地與規劃，才能開發園區，交通方面也需要透過政府開發道路，才能讓廠商方便進出入園區，且便於出口產品。另外，科學園區內會提供公共服務與水電設施，讓廠商能夠在良好的狀態下發展。

三、科學園區有明確的發展定位

各國科學園區皆有發展的重點產業，例如：美國北卡羅萊納研究三角園區以生物科技、環境保護、醫療、通訊產業為主、台灣科學園區發展六大產業(積體電路、光電、電腦與周邊、通訊、精密機械、生物科技)、新加坡科學園區發展電信、英國劍橋科學園區以生命科學為主、上海張江高科技園區則發展積體電路、生物醫學、軟體、汽車及零組件，這些發展的產業等於園區的發展定位，一方面能夠成為園區管理單位篩選廠商的指標，另一方面則是能成為未來發展策略的方向(朱博湧等，1999)。

2.5.2 台灣科學園區的特性

一、以量產為主，研發為輔

台灣科學園區以大量生產製造為主，但為了產業需要，仍有一部分的製程研發。徐作聖(2001)將台灣科學園區定位為量產導向與製程創新導向，但較偏於量產導向，其特色為對土地需求、交通建設較重視，而製程創新導向的特色為鼓勵技術移轉，尤其是學術研究機構所提供的技術及產學合作等。

二、台灣產業聚落的發展與形成較完整

由於台灣面積狹小，因此科學園區在地理上有相當高的鄰近性優勢，能夠連結產業廠商與學術研究機構等，發展出完整的產業聚落(台灣智庫，2014)，根據世界經濟論壇(World Economic Forum，簡稱 WEF)評比，台灣的產業聚落在 2012 年~2013 年為世界第一，2014 年為世界第二名，2015 年為第五名，從 WEF 報告中更加確認台灣的產業聚落發展相當完整。

三、政府提供給廠商很好的誘因加入科學園區

台灣科學園區屬於保稅區，因此向國外購買原料、機器設備等，不需課徵進口稅、貨物稅、營業稅。另外，在 2010 年前，政府實施的促進產業升級條例中，高科技廠商投資享有五年免徵營利事業所得稅等優惠，而目前的產業創新條例則規定，廠商在三年內，若無違反環境保護、勞工或食品安全衛生相關法律，則公司於研究發展的支出，可以減少應納的營利事業所得稅。而台灣科學園區設有管理局做為單一窗口，統一處理廠商與政府間的事宜。

第三章 研究方法

3.1 系統動態學的發展與應用

系統動態學(System Dynamics；簡稱SD)是由美國麻省理工史隆管理學院的Forrester教授於1950年代所提出。系統動態學結合了資訊理論、伺服機構學、控制論、情報控制回饋理論等，並使用電腦進行模擬與應用；謝長宏(1980)指出系統動態學的目標在於呈現整個企業系統的特性，而不是預測事件的發生，並說明任何一個管理上的決策，都是來自於一個情報回饋系統，決策的目的是為了實現目標，再根據目標和現況的差距，決定策略的內容與強度，其企業系統的結構為動態性、回饋性以及高複雜性；屠益民、張良政(2010)則說明系統動態學具有四大特性，第一是長期性與週期性的問題適合使用系統動態學處理，第二則是對於缺乏數據的研究，可以利用軟性變數及因果關係來分析，第三，非線性的動態性複雜問題適合用系統動態學處理，最後則是系統動態學能夠進行預測與模擬。

Peter M. Senge於1990年出版的「第五項修練(The Fifth Discipline)」，將SD運用在學習型組織，以系統思考解決現實生活中常見的問題，並建立9種基模，說明問題的事由，從複雜的系統中找到最根本的因果關係，提出解決之道。2004年Meadows等人出版「成長的極限:三十週年增訂版(Limits to Growth: The 30-Year Update)」一書，也運用SD方法探討地球永續發展的議題，分析全球經濟、社會、環境的問題，了解複雜系統背後最根本的因與果。

根據上述說明可知系統動態學發展已逾半個世紀，且被應用在各個領域。在講求專業分工的現代，使得專家的眼界越來越狹小，以醫學為例，由於人體奧妙、複雜性高，因此醫學被分為好幾類，如:心臟科被分成心臟內科和心臟外科、胸腔科也被分為外科和內科等等，當2003年SARS病毒出現時，卻出現專科醫生們無法以整體觀的方式來對抗病毒，使全球陷入恐慌，然而我們需要一個能夠整

合專業的方法，也就是系統動態學，能夠以宏觀的角度來分析問題(蕭志同等，2010)。目前國內有許多研究科學園區的文獻，大多探討竹科、中科或南科其中一個科學園區的議題，但少有學者使用 SD 方法，以整體觀的角度研究科學園區整體的發展，此亦為本研究的源起之一。

3.2 系統動態學的研究步驟

謝長宏(1980)認為系統動態學的操作步驟有七個，第一，須先確立研究目標與欲解決的問題，第二步為說明系統現況，解釋各個變數之間的因果關係，第三，利用數學模式表達變數間的因果關係，第四步驟為對模式進行模擬，第五步驟則解釋模擬結果，能夠藉由模擬更加了解未來可能發展的情形，第六步驟進行系統的修訂，讓系統結構能夠更符合真實世界，最後則是重複實驗，讓系統能更加實際運用。

Coyle(1961)說明系統動態學操作有五個步驟，第一步驟必須確定研究問題，且為什麼研究這項問題以及有那裡人關心這個議題，第二步驟為利用質性因果環路圖描述系統，第三步驟則是加以檢視第二步驟建立的質性模型，更加了解問題，有時便能在此階段解決問題，若無法解決則在進行下一步驟，第四步驟為建立量化模型，最後一步則是運用量化模型，進行敏感度分析，並尋找問題之解答。

根據上述文獻可知，系統動態學的研究步驟嚴謹，並且使用電腦對模型與政策進行模擬分析，能夠供以決策者參考。

3.3 系統動態學模式效度

謝長宏(1980)指出一個動態模型具有四個特性，第一，模型變數的結構關係應與真實世界相對應，第二，模型所做的預測能在真實世界中也能對應操作，第三，模型的結構必須與真實世界一致，第四，模型的輸出與真實世界的行為有相同的趨勢，只要模型具有以上四個特性，其效度便為可信的。若加以具備下述三點，將能提高模型的效度:

1. 系統邊界:模型的系統邊界是否與真實世界的邊界相符合。
2. 變數選擇與變數間關係之確認:系統動態學的變數有積量、率量與輔助變數，率量屬於政策性的變數，為變數中最重要，因此模型效度之檢驗可藉由檢查構成率量方程式的所有變，其彼此間的關係是否符合真實世界。
3. 參數數值的設定:參數屬於政策因素，其數字會影響到模擬結果，因此參數應運用問卷、訪談或統計分析方法來估計。

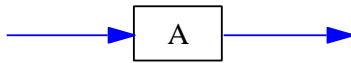
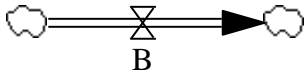
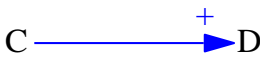

屠益民、張良政(2010)認為沒有一個模型能夠完全的契合並預測真實世界，因此對於決策者最重要的即是能透過一個模式進行決策，而系統動態學正是能提供決策支援的方法。系統動態學之效度則為以下兩點:

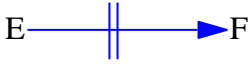
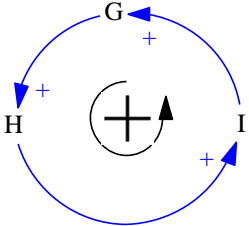
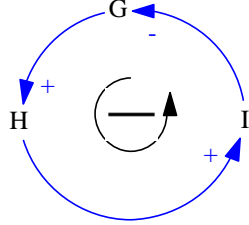
1. 模型是否符合其研究目的與將研究的問題:代表模型的實用性。
2. 模型是否與真實世界反映的事實符合:代表模型的一致性。

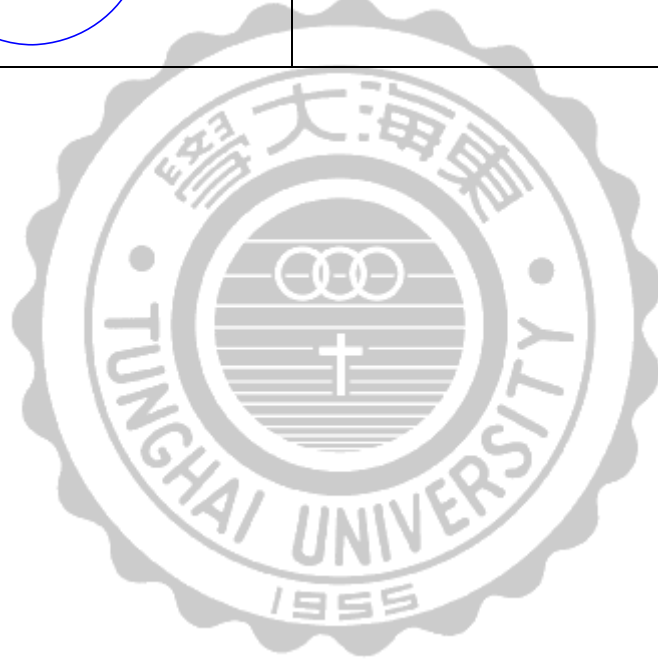
3.4 系統動態學的符號說明

下表為介紹系統動態學的符號意義與使用。

表 3-1 系統動態學符號與說明

符號	說明
	積量:A 變數能夠隨著時間累積的事物，代表系統的狀態。
	率量:B 變數為積量的控制，代表流入或流出的速率。
	正性因果鏈:表示 C 變數與 D 變數為同方向變動的關係。
	負性因果鏈:表示 C 變數與 D 變數為反方向變動關係。

	<p>時間遞延關係: E 變數發生後, 經過一期後, F 變數才會受到影響。</p>
	<p>正性回饋環路: 任一變數的變動, 會使整個環路有同方向的加強效果, 當環路中皆為「+」號或環路中的「-」號為複數個時, 稱為正性回饋環路, 又稱為滾雪球環路、增強環路, 能使整個環路越來越好或惡化。</p>
	<p>負性回饋環路: 任一變數的變動, 會使整個環路有反方向的加強效果, 當環路中的「-」號為基數個時, 稱為負性回饋環路, 又稱為調節環路、穩定環路, 具有調節之作用。</p>



第四章 模型建構與結果分析

4.1 質性模型建構

根據第二章文獻探討與台灣科學園區發展歷程、特性可知，科學園區發展過程中有幾個相當重要的發展因素：已開發土地面積、工程師人數、資金、固定資本等，本研究使用系統動態學方法論中的 Group model building 方法及 Vensim 軟體建構科學園區的因果環路圖，並加以敘述其系統行為。

4.1.1 廠商投資產出、污染與環保抗爭之因果環路圖

圖 4-1 中科學園區的發展，需要有廣大的土地，才能讓廠商進入發展，但園區土地面積有限，經過一段時間後，園區的土地逐漸飽和，其它想進入科學園區的廠商無法再進駐，政府為了滿足廠商需求，於是開發新的園區土地，亦降低了園區土地的飽和程度，形成一個負性調解環路，而南科的成立，正是因為竹科土地已經飽和，在面臨廠商需求下，政府才決定開發的。園區開發後，會帶來許多污水以及廢氣，因此，當政府欲開發更多園區時，民眾與環保團體不斷抗爭，試圖阻止新園區的開發，形成一個負性環路，以中科二林園區為例，由於污水與廢氣排放的問題，導致民眾進行環保抗爭抵制園區開發，雖然最後還是成功開發了二林園區，但卻導致廠商入駐情形不盡理想，出現土地閒置的問題。

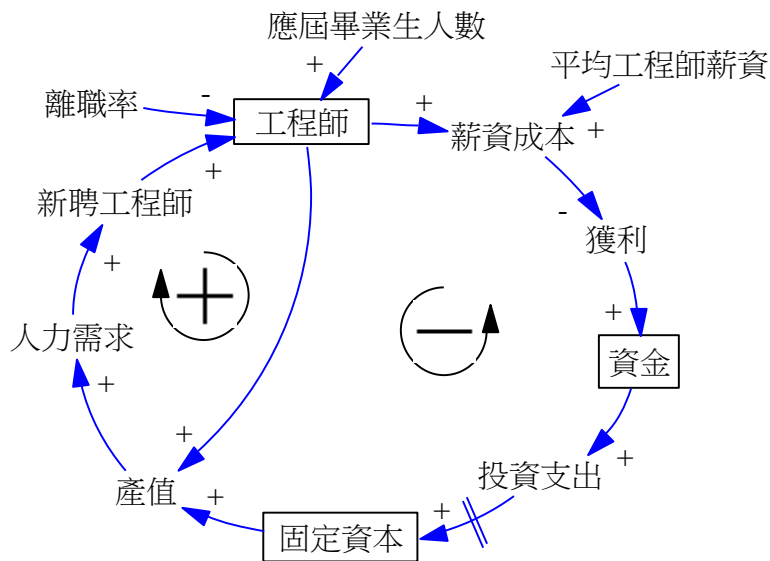


圖 4-2 人力資源、固定資本與產出之因果環路圖

4.1.3 產值、固定資本與資金之因果環路圖

科學園區的廠商進入園區時，需要先建置廠房與機器設備，才能開始生產運作。廠商收到訂單後，便會開始生產，進而增加產值，因此，園區廠商逐漸累積資金，科學園區良好的發展，也會吸引外資投資，因此廠商有了本身的資金與外資後，又可以擴大其廠房設備，形成一個正性環路，但廠房與機器設備會折舊，也需要維修，需要花費一筆折舊與維修成本，降低廠商的獲利，減少廠商建置產能的資金，形成一個負性環路，如圖 4-3。另外，台灣科學園區生產的產品主要以出口為主，所以相當容易受到全球景氣波動(台灣智庫，2014)，因此，2008 年的金融海嘯，使台灣科學園區的營業額下降，在 2011 年時，也受到歐洲債信及日本 311 大地震的影響，營業額再次下降。

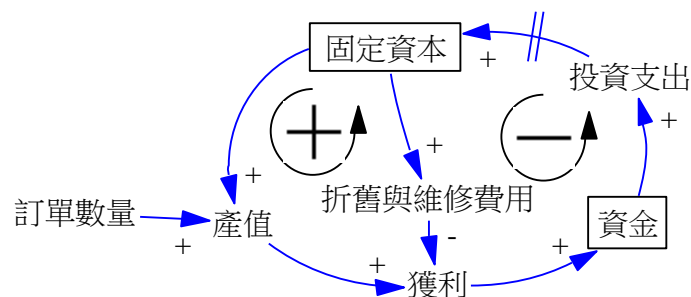


圖 4-3 產值、固定資本與資金之因果環路圖

4.1.4 整體質性模型

根據上述的七個關鍵環路可以了解，科學園區的發展受到已開發土地面積、工程師、固定資本、資金等因素組成，並與其他因素環環相扣、互為因果的互動下，形成台灣科學園區複雜且動態的系統結構。人力資源除了工程師以外，還需要有作業員，進行產品的大量生產，而聘請這些作業員需要花費作業員的薪資成本，使廠商獲利減少，也減少了資金，導致無法建置更多廠房，產出無法增加，產值也無法提升，廠商對於人力的需求就會下降，形成一個負性調解環路。因此，台灣科學園區在這些因素環環相扣互動下，慢慢發展出複雜的系統結構，如圖 4-4。



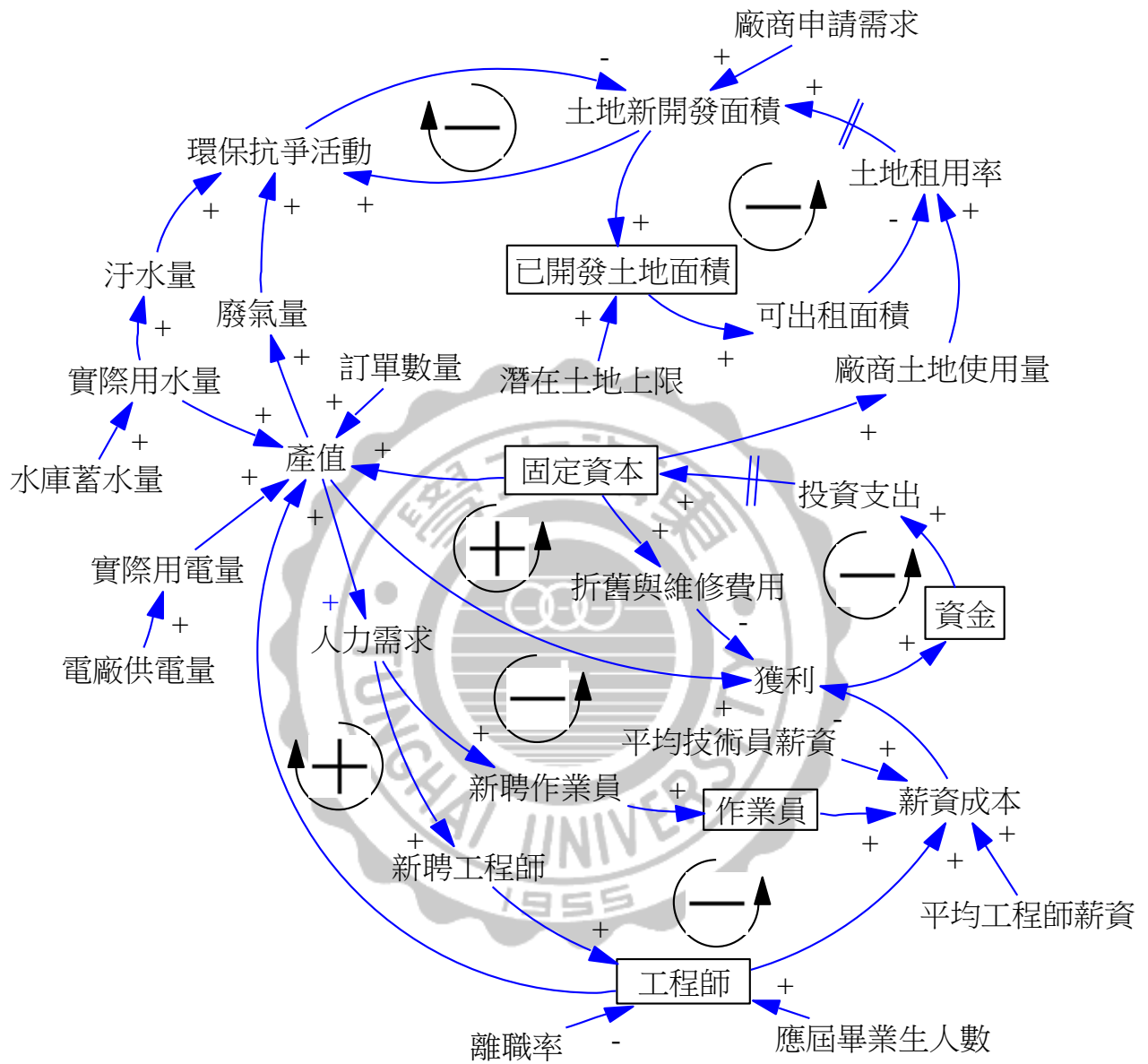


圖 4-4 台灣科學園區發展之因果環路圖

4.2 量化模型建構

本研究根據整體質性模型與科學園區相關資料建構量化模型，並使用 Vensim 軟體進行量化模擬。本研究模擬的起始時間為 1983 年，因竹科創立時間為 1980 年 12 月 15 日，當時政府仍在優化科學園區的管理與投資環境，且廠商也需要一段時間建置廠房機器設備等，直至 1983 年才開始有營業額。矽谷自 1951 年發展至今已達 65 年，依此模擬時間至 2040 年，總共模擬時間為 57 年。本研究之量化模型包含 26 條方程式與 4 個積量變數，其中重要積量變數的關係說明如下：

4.2.1 工程師人數的累積

廠商若要提高產出或產品品質，則需要擁有高知識、高技術的工程師，才有足夠的能力去研發對產出更佳的新製程及提升產品良率，由此，工程師的累積對於科學園區廠商之發展相當重要。工程師的累積為新聘人數減去離職人數(如圖 4-5)。新聘人數由合格工程師人數及人力需求決定，合格工程師人數代表能夠進入科學園區的人才，為供給面，人力需求則受到科學園區當年與前一年的產值所影響，決定廠商將聘請多少人才。離職率則是根據張志誠(2007)指出南科管理局表示間接人力離職率為 3-5%，本研究考量近年中國崛起，不斷吸引人才外移之因素，故使用 5% 作為工程師之離職率。根據經建會(2012)之研究顯示，台灣自 2012 年~2060 年的人口推估，約以每年 1~2% 的幅度下降，本研究依此設定 2016 年後工程師的人數，Vensim 之方程式設定請參考附錄一的 A 部分。

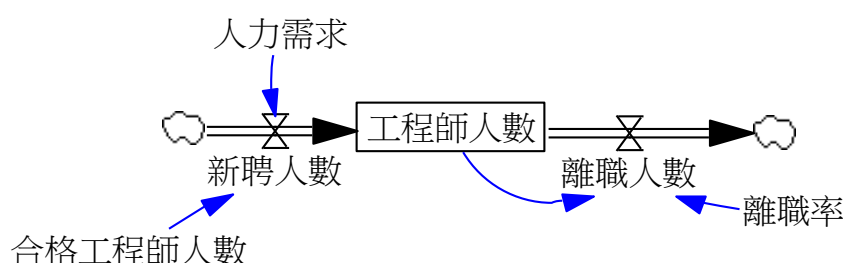


圖 4-5 工程師人數累積之動態流程圖

4.2.2 固定資本的累積

廠商必須建置足夠的廠房、機器設備，才能支持其產出，因此固定資本的設置對科學園區相當重要。固定資本的累積來自於新增固定資本減去固定資本減量(如圖 4-6)。新增固定資本主要來自於科學園區累積的資金所投資，根據經濟部統計處公布的歷年工廠校正及營運調查報告，計算出投資於固定資本之金額約占資金的 14%。固定資本減量主要來自折舊與維修費用，根據吳惠玲(2014)的研究計算出折舊與維修費用約占固定資本的 8.4%，Vensim 之方程式設定請參考附錄一的 B 部分。

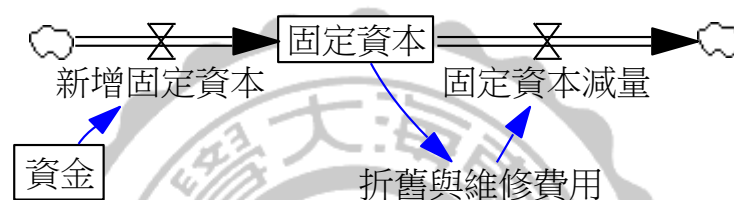


圖 4-6 固定資本累積之動態流程圖

4.2.3 資金的累積

科學園區資金的累積為利潤減去支出(如圖 4-7)。馬維揚(2016)依據民國 103 年與民國 104 年竹科上市櫃公司的財報資料，整理出竹科六大產業各別的毛利率，本研究依此計算出利潤占產值之 38%，而薪資成本則採用 1111 人力銀行薪資職能報告中查詢得到的工程師薪資，Vensim 之方程式設定請參考附錄一的 C 部分。

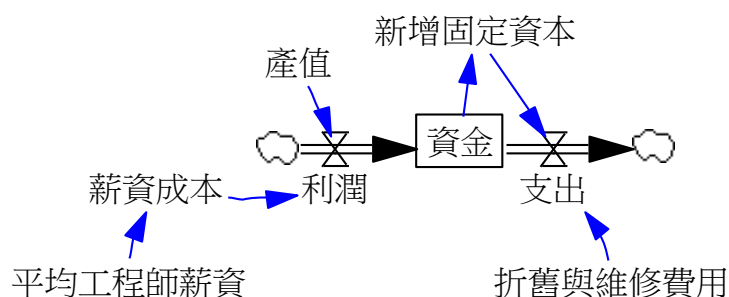


圖 4-7 資金累積之動態流程圖

4.2.4 整體量化模型

圖 4-8 為台灣科學園區的整體動態流程圖，經由工程師人數、固定資本、資金、已開發土地面積四個積量變數與其他變數構成。

4.3 模擬結果

根據台灣科學園區動態流程圖(圖 4-8)可以了解台灣科學園區係由已開發土地面積、工程師、資金、固定資本四個積量構成，並與其他變數環環相扣、互為因果的交互作用下發展出複雜的系統結構模式。本節利用量化模型進行模擬，並說明重要變數之模擬結果，確認系統結構是否能重現真實世界的系統行為，此亦為系統動態學的效度檢驗(Forrester & Senge, 1980)。

4.3.1 產值

圖 4-9 為產值的歷史值與模擬值，根據模擬趨勢可知產值模擬值與歷史值的趨勢大致相同，因此符合 Forrester & Senge (1980)與 Barlas & Carpenter (1990)效度的檢驗，亦即系統結構是否與真實世界的系統行為相符合；從圖中可以看到產值的幾個波動: 2001 年受到政黨輪替與美國網路經濟泡沫化影響，使產值首次出現衰退，2008 年金融海嘯的發生使產值下降，2011 年同樣受到全球景氣影響，產值再次衰退。

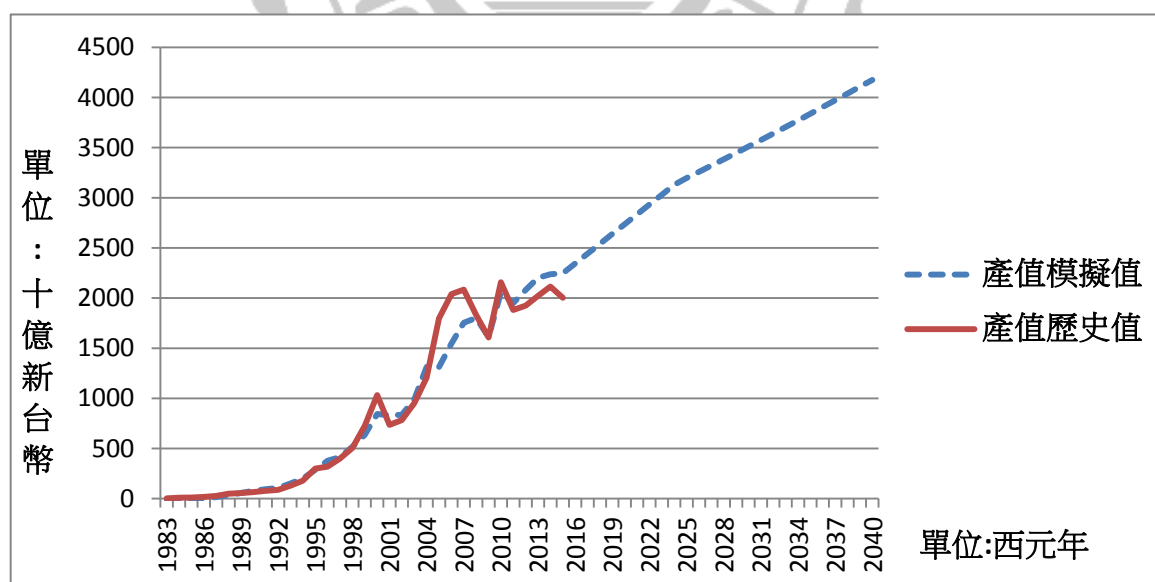


圖 4-9 產值之歷史值與模擬值

4.3.2 工程師人數

由圖 4-10 可知工程師人數之模擬結果大致上符合歷史值，亦相符外部效度的檢驗。主要說明 2016 年之後的工程師人數減低，原因與少子化有關，使新聘工程師人數減少。

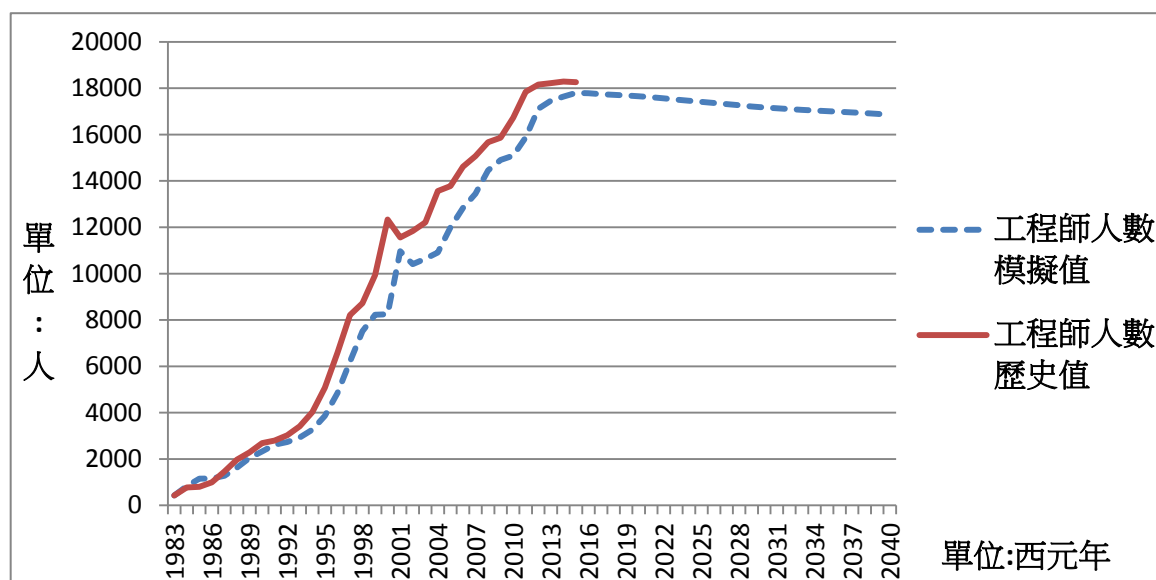


圖 4-10 工程師人數之歷史值與模擬值

4.3.3 固定資本

根據圖 4-11 所示，固定資本之模擬值與歷史值趨勢相符，亦合乎外部效度的檢驗。從圖中可看出廠商不斷建置其固定資本，主要目的是為了累積足夠的生產能力，以滿足國外訂單，使產值不斷提升，依據圖 4-9，也可以看到產值直至 2040 年確實持續增加。

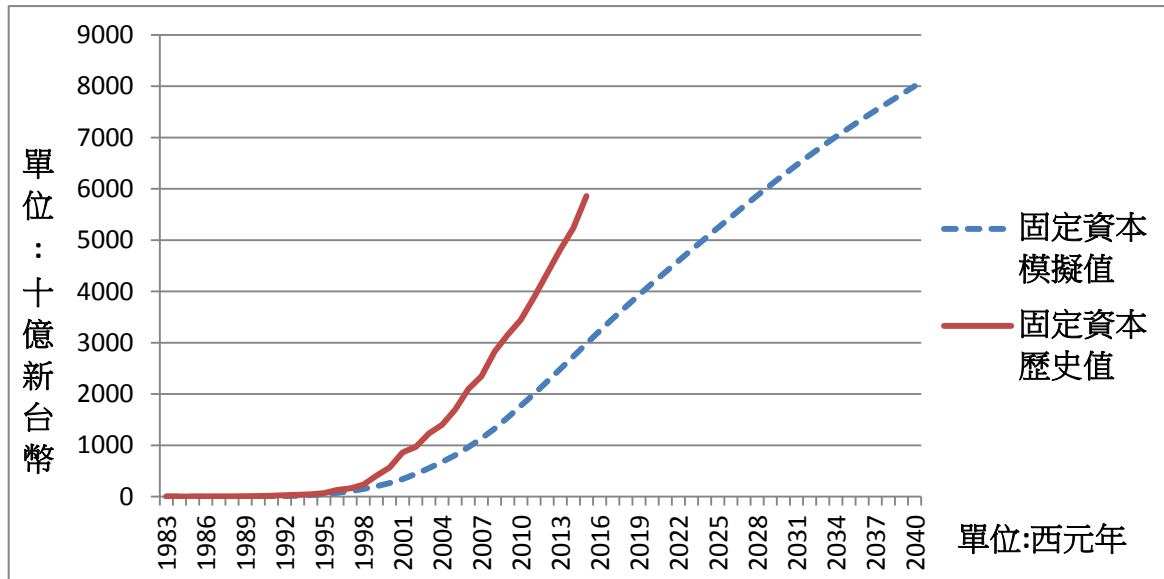


圖 4-11 固定資本之歷史值與模擬值

4.3.4 資金

科學園區累積之資金能為廠商投資更多固定資本，圖 4-12 為資金累積的歷史值與模擬值，從模擬趨勢發現可看到資金模擬值與歷史值的趨勢大致相同，因此符合外部效度的檢驗。

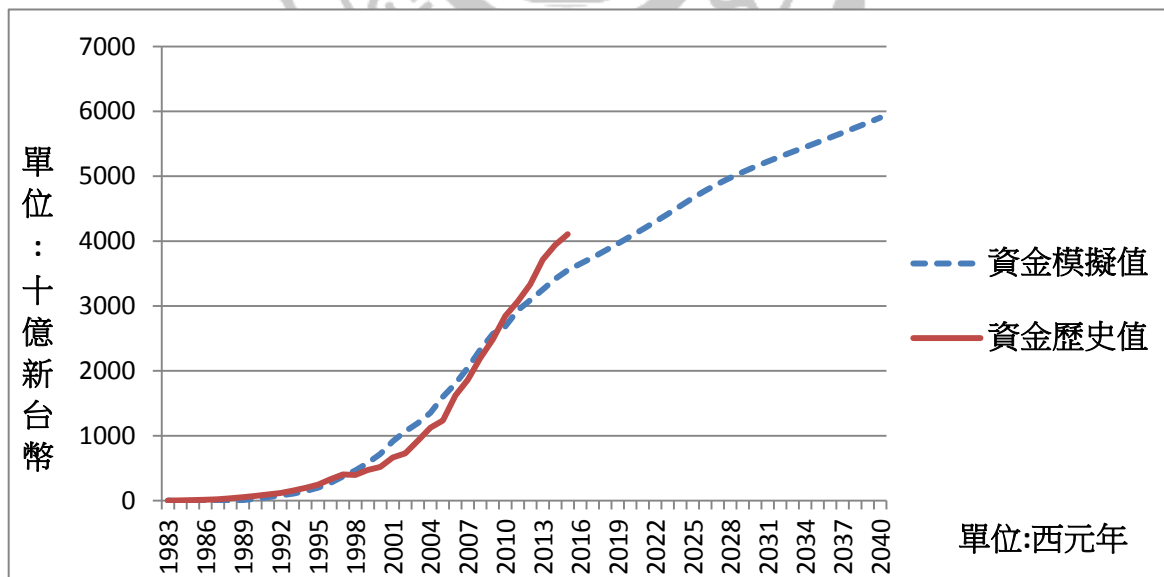


圖 4-12 資金之歷史值與模擬值

4.4 系統環境情境

本研究將利用量化模型與系統模擬結果，調整系統環境變數進行五個情境模擬並加以討論。

4.4.1 供水限制之情境模擬

根據黃嫻(2015)提到聯合國研究指出全球供水量至 2030 年將減少 40%，本研究考量台灣地勢不易集水、氣候變遷、水庫泥沙淤積等因素，依此假設科學園區供水量以每年 5% 為降幅的情境，模擬結果如圖 4-13，在供水減少時，科學園區產值於 2023 年開始呈現大幅度的下滑，直至 2040 年左右趨於平緩。

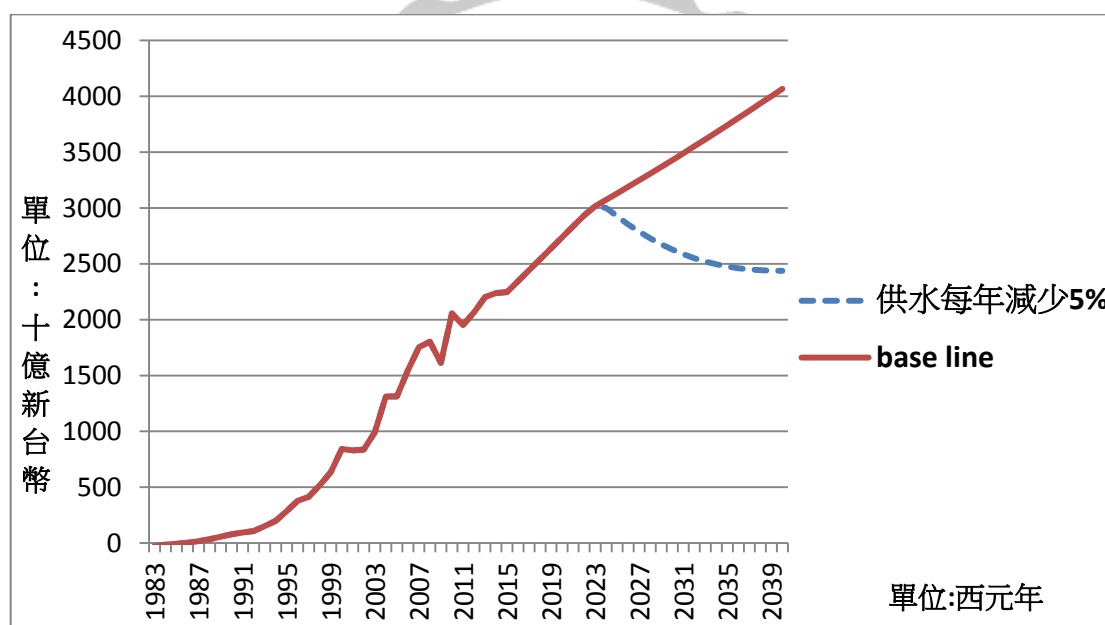


圖 4-13 在供水限制下產值之變動模擬

4.4.2 供電限制之情境模擬

2016 年蔡英文總統提出的其中一個政策為 2025 年達到非核家園的目標，根據台電官網顯示核能發電占全台灣發電量的 18.6%，且考量台灣用電量逐年增加以及發電設備折舊等，本研究假設科學園區供電量以每年 5% 的幅度下降，其模擬結果如圖 4-14，從圖中可看出當供電減少時，園區產值也受到影響而大幅度的衰退。

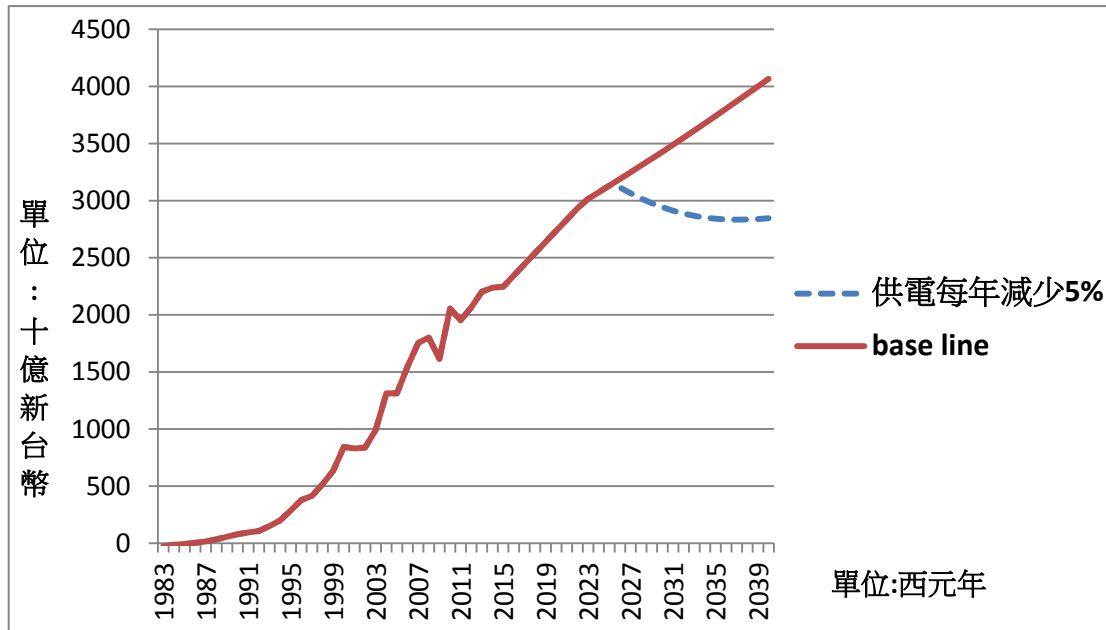


圖 4-14 在供電限制下產值之變動模擬

4.4.3 景氣變動之情境模擬

台灣智庫(2014)指出台灣科學園區生產的產品以出口為主，因此國際經濟景氣直接影響了科學園區的銷售，本研究針對景氣變動設定兩種情境，第一種情境為每年景氣狀況皆良好時，自 2016 年起，國外訂單逐年增加 10%，第二種情境則為每年景氣狀況皆低迷時，自 2016 年起，國外訂單逐年減少 10%，模擬結果如圖 4-15。從圖中可以看到，當國外訂單減少 10% 時，產值在 2016~2031 年期間，產值受訂單減少而降低，2032~2040 年產值走向卻與未改變時相同，這代表 2032 年後的固定資本、供水供電、工程師等因素的累積不足以提供訂單之需求。當國外訂單增加 10% 時，產值從 2016~2022 年比未改變情形的產值有所成長，但 2023 年之後，一樣遇到生產要素累積不足的問題。

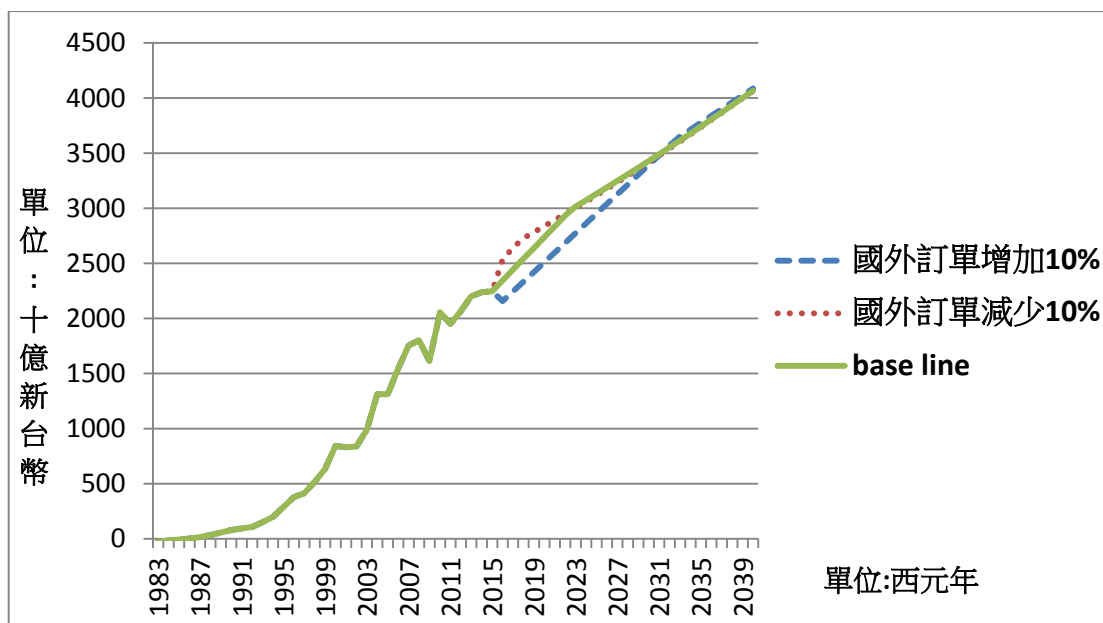


圖 4-15 在景氣變動下產值之變動模擬

4.4.4 少子化之情境模擬

由於台灣出生率逐年下滑，依照經建會(2012)的研究，出生率以每年 1~2% 為降幅，本研究假設少子化的情形更加嚴重下，模擬合格工程師人數每年減少 5% 下，對科學園區產生的影響，情境模擬結果如圖 4-16，並發現少子化的確會影響到園區廠商的生產，進而降低產值。

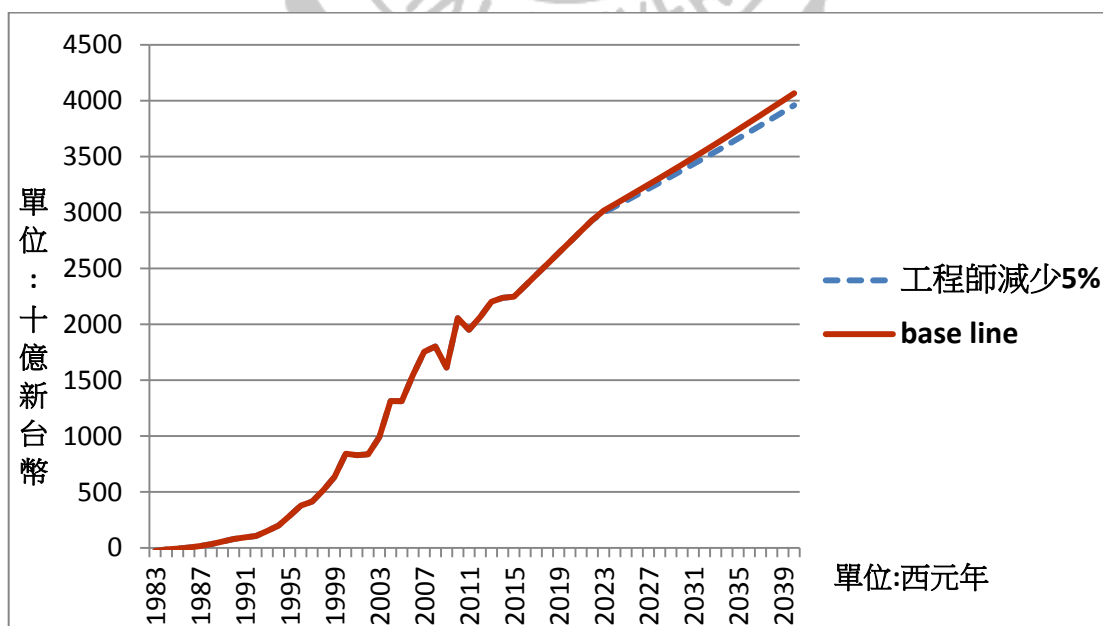


圖 4-16 在少子化影響下產值之變動模擬

4.4.5 離職率提升之情境模擬

中國於2015年發布國家集成電路產業發展推進綱要，極力推動半導體產業，吸引許多台商、人才外移，依此本研究假設離職率自2016年起增加至10%，圖4-17為情境模擬結果，從圖中可知離職率的增加，科學園區產值也有明顯的降低。

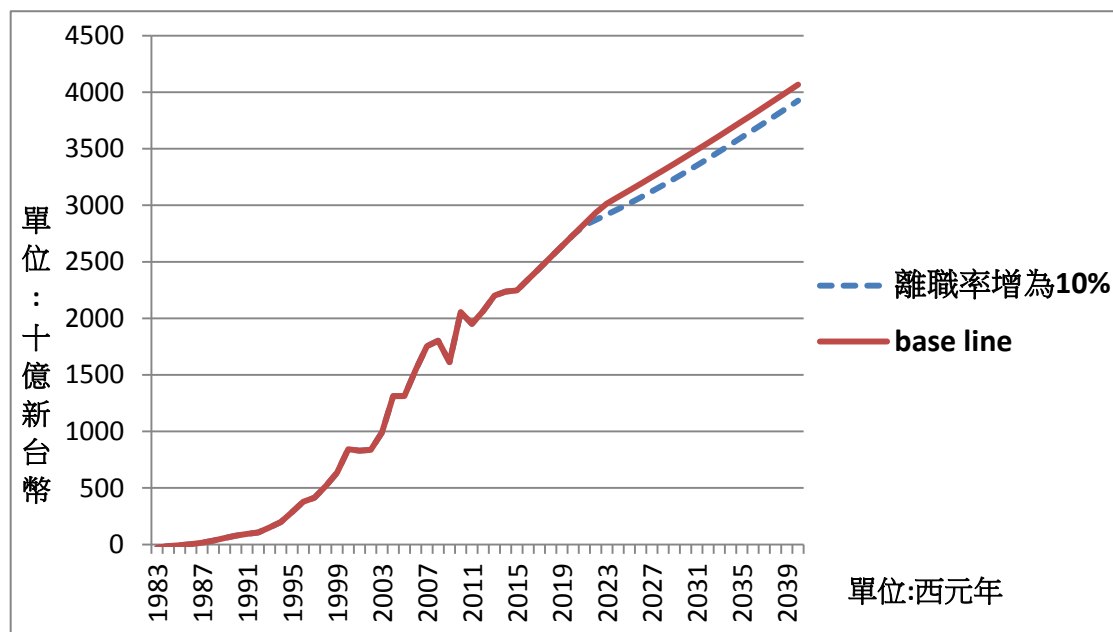


圖 4-17 在工程師離職率上升時產值之變動模擬

4.5 討論

由前一節之情境模擬中可以發現，當供水與供電出現限制時，科學園區產值會受到相當大的影響，因此，廠商應思考如何提高能源使用的效率與節能，政府亦需宣導、輔助廠商進行節能。少子化及人才外移的問題亦對產值造成影響，園區廠商應考慮是否將製程改以自動化生產取代部分勞力。另外，從景氣波動的情境模擬中，發現到科學園區約至2030年開始，將面臨到與前述情境模擬相同的困境，亦即生產要素不足的問題，廠商與政府應開始重視這些問題並加以解決，才能使科學園區永續經營。

第五章 結論與建議

5.1 結論

科學園區的發展是一個複雜且動態的過程，其發展初期因為有政府的扶植、學術研究機構提供人才與技術交流等因素，讓廠商在良好的環境下成功發展。先前文獻大多研究竹科、南科或中科的其中一個科學園區，因此本研究以宏觀的角度探討台灣科學園區整體的發展，歸納出科學園區的一般性與台灣科學園區的特性，並找到其系統結構中七個關鍵環路，更加了解台灣科學園區的系統行為，乃為本文的貢獻。

台灣科學園區於 1980 年設立以來的發展，累積了大量的土地面積、工程師人數、固定資本、資金等資源；並與其他因素互動下，發展出台灣特殊、複雜且動態的系統結構。由於未來之土地面積、水庫蓄水量、電廠供電量有開發的上限，以及台灣出生人數每況愈下與可能的人才外流嚴重，可能對科學園區的發展將產生成長的上限，從情境模擬中，可以了解供水、供電的瓶頸，將對產值有相當大的衝擊；少子化與人才流失也使科學園區產值明顯減少，因此廠商與政府應該思考如何節能、提高能源使用的效率，以及考量是否將製程改以自動化生產取代部分勞力，才能使科學園區永續經營。另外，上述土地、水電、人力等資源有限條件下，科學園區不可能、也不應再繼續擴展新園區，並且凸顯了水資源、能源與生態環境永續議題，已威脅科學園區的未來發展趨勢，更是政府、廠商未來面臨之嚴峻考驗。

5.2 建議

本研究利用系統動態學探討台灣科學園區發展的系統結構，可以增加對其發展系統行為之了解；也可以應用在其他國家(例如:中國大陸)科學園區發展結構之

研究，但每個國家的環境背景不同，所以各個科學園區的發展過程、結果也不全然相同，因此值得再深入研究。此外，SD 可應用在台灣工業區的發展或產業發展，例如：加工出口區、自行車產業、有機農業的發展或食安議題等之研究。

本研究之模擬結果乃假設科學園區可能面臨資源成長上限問題時的結果，因此從產值模擬結果的趨勢圖可以看到，科學園區未來也許會面臨成長極限的問題，但若遇見資源有開發的上限時，如：供水供電減少、人力缺乏等問題，從情境模擬中可發現，產值受到影響明顯下降，亦即面臨產值成長上限的困境。然而本研究量化模型未處理作業員這項積量變數與環保抗爭變數，未來有興趣研究科學園區議題的學者，值得更深入研究。



參考文獻

中文部分

1. 大台中區域發展論壇(2014)，科學園區在產業政策與區域發展之定位再檢視，台灣智庫，第二十一期十二月號，53-59 頁。
2. 中部科學工業園區(2016)，<http://www.ctsp.gov.tw/>，擷取日期 2016.04.02。
3. 內政部戶政司全球資訊網(2016)，<http://www.ris.gov.tw/>，擷取日期 2016.04.14。
4. 王雅恂(2004)，高科技廠商在新竹科學工業園區之興起與發展，國立清華大學碩士論文。
5. 王樹嵩(2003)，科學城永續發展系統動態模擬模式之研究-以新竹科學程為例，朝陽科技大學建築及都市設計研究所碩士論文。
6. 台灣電力公司(2016)，<http://www.taipower.com.tw/>，擷取日期 2016.05.26。
7. 朱博湧、曾國雄、鄧美貞、邱英雄(2004)，市場佔有率、成長率與獲利率相關性之多變量分析—以新竹科學園區廠商為例，中山管理評論第十二卷第三期。
8. 朱博湧、鄧美貞、蕭志同(1999)，新竹科學園區發展趨勢與策略之研究，行政院國科會科學工業園區管理局委託學術機構研究計畫報告。
9. 竹科二十週年專刊(2000)，新竹科學工業園區管理局。
10. 竹科三十週年專刊(2010)，科學工業工業園區管理局。
11. 何秀玲(2003)，電腦王國背後的原動力-新竹科學園區的用電特性，經濟部能源局 2003 年 06 月能源報導-封面故事三。
12. 何珮瑛(2005)，兩岸科學園區發展策略之比較分析，國立清華大學碩士論文。
13. 吳惠玲(2014)，南部科學工業園區產業經營效率與獲利能力關聯性探討與政策建議，南臺科技大學會計資訊系碩士班碩士學位論文。
14. 李玉鈴(2013)，台灣科學工業園區發展之策略環境評估研究，國立台北大學公共事務學院自然資源與環境管理研究所碩士論文。
15. 李宜庭(2016)，社會企業互助共生之成長動態分析—以里仁公司為例，東海大學經濟學系碩士論文。
16. 沈宏谷(2002)，資訊產業廠商區位選擇關鍵要素與策略之研究，國立成功大學企業管理研究所碩士論文。

17. 林裕凌、蕭志同、朱博湧(2001)，新興工業化國家研發支出影響因素之研究--以台灣科學園區為例，科技管理學刊第六卷第二期。
18. 邱士豪(2008)，科學園區對台灣高科技產業製造部份集中與聚集影響之實證研究，國立交通大學土木工程學系碩士論文。
19. 南部科學工業園區(2016)，<http://www.stsipa.gov.tw/>，擷取日期 2016.04.02。
20. 洪懿妍(2014)，全球人才大戰!5 大關鍵報告解密，Cheers 快樂工作人雜誌 172 期。
21. 科技部統計資料庫(2016)，<http://statistics.most.gov.tw/was2/>，擷取日期 2016.04.02。
22. 倪福成(2015)，2015 年 5 月開徵水污染防治費與廠商因應之道，電機電子環境發展協會，CED 報導 2015,05 雙月刊。
23. 徐作聖(2001)，我國科學工業園區定位、營運模式及設立條件之探討，行政院研究發展考核委員會委託研究報告。
24. 校正興(2013)，台灣國際觀光旅館產業發展趨勢模擬-以系統動態學方法之應用東海大學經濟學系碩士論文。
25. 馬維揚(1996)，科學園區人力資源問題之研討與對策，亞太管理評論第一卷第一期。
26. 馬維揚(2016)，104 年竹科廠商研發投資及獲利分析，新竹科學園區簡訊 409 期。
27. 馬維揚、林卓民(2000)，竹科晶圓廠商員工薪資福利與流動率關連性之研究，臺灣經濟金融月刊第三十六卷第十二期。
28. 高一中譯(2007)，《成長的極限:三十週年增訂版》，城邦文化事業股份有限公司臉譜出版。譯自: Donella Meadows, Jorgen Randers, Dennis Meadows(2004). Limits to Growth: The 30-Year Update.
29. 國家發展委員會(2016)，<http://www.ndc.gov.tw/>，擷取日期 2016.04.02。
30. 屠益民、張良政(2010)，《系統動力學：理論與應用》，台北:智勝文化事業有限公司。
31. 張志誠(2007)，南科三大廠人力需求大，再添 1,500 個工作機會，Career 就業情報網。
32. 許財良(2003)，廠商創新能力、產業發展與政府科技政策對科學園區廠商競爭優勢及績效影響之研究，國立成功大學企業管理學系碩士班碩士論文。
33. 郭進隆譯(1994)，《第五項修練》，台北:天下遠見出版有限公司。譯自 Senge, P. M. (1990). The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning

Organization.

34. 陳季媛、賀力行(2007)，科學工業園區關鍵成功因素之研究，中興工程季刊第 94 期。
35. 陳厚銘(2007)，科學工業園區發展策略規劃研究計畫，行政院國家科學委員會。
36. 陳建宏(2004)，從互動觀點探討台灣半導體產業之發展，國立交通大學管理科學系博士論文。
37. 彭惠苓(2011)，以系統動態學探討臺灣小學師資政策與政府教育財政關連之研究，大葉大學管理研究所博士班博士論文。
38. 湯于瑩(2013)，產業發展與人口遷移相互影響之研究-以新竹科學園區為例，逢甲大學都市計畫與空間資訊學系碩士班碩士論文。
39. 黃金成(2001)，科學園區資源投入產出效率和產業引進策略之研究---以 DEA 及 AHP 方法分析，國立成功大學國際企業研究所碩士論文。
40. 黃嫻(2015)，地球好渴！2030 年全球供水量將再減 40%，科技新報。
41. 新竹科學工業園區(2016)，<http://www.sipa.gov.tw/>，擷取日期 2016.04.02。
42. 楊聰敏(2005)，科學園區產業群聚與創新優勢之研究-以矽谷、竹科與南科為例-，行政院國家科學委員會 94 年度自行研究計畫成果報告。
43. 經濟部統計處(2016)，<https://www.moea.gov.tw/MNS/dos/home/Home.aspx>，擷取日期 2016.05.26。
44. 葉秀婉(2007)，各國科學園區投資環境比較及國際科學園區合作之研究，行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書。
45. 賈秉靜(2007)，從社會資本觀點探討社群網路於創新環境中之角色扮演-以新竹科學園區為例，中華大學碩士論文。
46. 廖宛瑜(2006)，博物館客戶長期滿意度之研究:系統動態模式，大葉大學資訊管學系碩士班碩士論文。
47. 熊自賢(2010)，台德中等教育英語師資供需系統之比較:以系統動態學模式，國立暨南國際大學比較教育學系博士論文。
48. 蔡偉銑(2014)，新竹科學園區政策過程的重新檢視，人文及社會科學集刊第二十六卷第三期。
49. 鄧美貞(2004)，台灣高科技產業競爭策略與經營績效之相關性研究，國立交通大學管理科學研究所博士論文。

50. 鄧美貞、吳世英、朱博湧(2005)，影響高科技廠商存活的相關因素:新竹科學園區廠商實證研究，臺灣經濟金融月刊第四十一卷第九期。
51. 蕭志同(2004)，台灣汽車產業發展:系統動態學模式，國立交通大學管理科學系博士論文。
52. 蕭志同、戴俞萱、柳淑芬(2016)，《全方位思維模式：組織的決策分析與發展》，台北:東華書局。
53. 謝長宏(1980)，《系統動態學-理論、方法與應用》，台北:中興管理顧問公司。
54. 顏榮祥、李來發(2006)，台南科學園區供電可靠度與供電品質關鍵影響因素分析及改善對策之研究，11th 灰色系統理論與應用研討會。
55. 羅文鍵(2010)，台灣動態隨機記憶體產業發展知系統動態學模型，東海大學經濟學系碩士論文。
56. 行政院經濟建設委員會(2012)，中華民國 2012 年至 2060 年人口推計。

英文部分

1. Albert N. Link and John T. Scott (2002), Science Parks and the Academic Missions of Universities: An Exploratory Study. An Earlier Version of This Paper Was Presented at the Georgia Institute of Technology Roundtable for Engineering Entrepreneurship Research Conference.
2. Association of University Research Parks (2015), <http://www.aurp.net/>
3. Barlas, Y. and Carpenter, S. (1990), Philosophical Root of Model Validation:
4. Castells, P. and P. Hall (1994), Technopoles of the World: The Making of the 21th Century Industrial Complexes, London: Routledge
5. Coyle, R. G. (1996), System Dynamics Modelling - A Practical Approach, London, UK.
6. Forrester, J. W. & Senge, P. (1980), "Tests for Building Confidence in System Dynamics Models", TIMS Studies in Management Sciences, pp209-228.
7. Forrester, J. W. (1961), Industrial Dynamics. The MIT Press.
8. International Association of Science Parks (2015), <http://www.iasp.ws/>
9. Sterman, J. D. (2000), Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin/ McGraw-Hill.
10. The United Kingdom Science Park Association (2015), <http://www.ukspa.org.uk/>
11. The World Economic Forum (2016), <https://www.weforum.org/>
Two Paradigms, System Dynamics Review, 6(2), 148-166.

附錄

附錄一：量化方程式說明

A：圖 4-5 工程師人數累積之動態流程圖

工程師人數 = INTEG (新聘人數 - 離職人數, 426)

新聘人數 = MIN(人力需求, 合格工程師人數(Time))

離職人數 = 工程師人數 * 離職率

人力需求 = 產值 * 0.465618 + DELAY1(產值 * -0.482787, 1) + 3326.29

離職率 = 0.05

B：圖 4-6 固定資本累積之動態流程圖

固定資本 = INTEG (新增固定資本 - 固定資本減量, 21.191)

新增固定資本 = 資金 * 0.14

固定資本減量 = 折舊與維修費用

折舊與維修費用 = 固定資本 * 0.084

C：圖 4-7 資金累積之動態流程圖

資金 = INTEG (利潤 - 支出, 7.88)

利潤 = 產值 * 0.38 - 薪資成本

支出 = 折舊與維修費用 + 新增固定資本

薪資成本 = 工程師人數 * 平均工程師薪資 / 10000000

平均工程師薪資 = 38063 * 12

附錄二:動態方程式(Vensim Dynamic Equation)

INITIAL TIME = 1983

FINAL TIME = 2040

產值=MIN(國外訂單(Time)*1.3+4600.86,供水量(Time)*9.51e-005+電力供給
(Time)*0.00314464+工程師人數*0.21325+固定資本*-0.0930142-403.251)

國外訂單=

((1983,0)-(2040,40000)],(1983,19.97),(1984,63.24),(1985,69.9),(1986,113.17),(1987,183.07),(1988,326.19),(1989,372.13),(1990,436.7),(1991,517.25),(1992,580.45),(1993,859.84),(1994,1184.97),(1995,1994),(1996,2036.99),(1997,2559.01),(1998,2914.69),(1999,3587.74),(2000,4924.8),(2001,2982.71),(2002,2898.03),(2003,4081.49),(2004,6559.79),(2005,6551.79),(2006,8358.97),(2007,9952.29),(2008,10321.3),(2009,8864.86),(2010,12272.5),(2011,11467.3),(2012,12480.2),(2013,13398.7),(2014,13671.8),(2015,13741),(2016,14495.6),(2017,15250.2),(2018,16004.8),(2019,16759.5),(2020,17514.1),(2021,18268.7),(2022,19023.3),(2023,19777.9),(2024,20532.6),(2025,21287.2),(2026,22041.8),(2027,22796.4),(2028,23551),(2029,24305.7),(2030,25060.3),(2031,25814.9),(2032,26569.5),(2033,27324.1),(2034,28078.8),(2035,28833.4),(2036,29588),(2037,30342.6),(2038,31097.2),(2039,31851.9),(2040,32606.5))

供水量=

((1983,0)-(2040,3e+008)],(1983,151245),(1984,478942),(1985,529357),(1986,1.16873e+006),(1987,1.8615e+006),(1988,2.00166e+006),(1989,3.20069e+006),(1990,4.49753e+006),(1991,4.92349e+006),(1992,5.73306e+006),(1993,8.27565e+006),(1994,1.06299e+007),(1995,1.35963e+007),(1996,2.044e+007),(1997,1.80575e+007),(1998,2.39903e+007),(1999,2.70558e+007),(2000,3.68815e+007),(2001,4.03934e+007),(2002,4.34014e+007),(2003,5.50502e+007),(2004,7.44626e+007),(2005,8.06823e+007),(2006,1.02767e+008),(2007,1.17995e+008),(2008,1.11515e+008),(2009,9.56689e+007),(2010,1.30068e+008),(2011,1.15614e+008),(2012,1.22218e+008),(2013,1.35692e+008),(2014,1.47703e+008),(2015,1.45601e+008),(2016,1.50555e+008),(2017,1.5551e+008),(2018,1.60464e+008),(2019,1.65419e+008),(2020,1.70373e+008),(2021,1.75328e+008),(2022,1.80282e+008),(2023,1.85237e+008),(2024,1.90191e+008),(2025,1.95146e+008),(2026,2.001e+008),(2027,2.05055e+008),(2028,2.10009e+008),(2029,2.14964e+008),(2030,2.19918e+008),(2031,2.24873e+008),(2032,2.29827e+008),(2033,2.34782e+008),(2034,2.39736e+008),(2035,2.44691e+008),(2036,2.49645e+008),(2037,2.546e+008),(2038,2.59554e+008),(2039,2.64509e+008),(2040,2.69463e+008))

電力供給=

([(1983,0)-(2040,8e+006)],(1983,3819),(1984,12094),(1985,13367),(1986,21642),(1987,35009),(1988,62379),(1989,71163),(1990,83511),(1991,98915),(1992,111001),(1993,164429),(1994,226606),(1995,381318),(1996,405590),(1997,509530),(1998,580352),(1999,831689),(2000,1.21447e+006),(2001,907310),(2002,1.02933e+006),(2003,1.28975e+006),(2004,1.71269e+006),(2005,1.78438e+006),(2006,2.22981e+006),(2007,2.50914e+006),(2008,2.34447e+006),(2009,2.01869e+006),(2010,2.74381e+006),(2011,2.42532e+006),(2012,2.55133e+006),(2013,3.22118e+006),(2014,3.45258e+006),(2015,3.61202e+006),(2016,3.72677e+006),(2017,3.84152e+006),(2018,3.95627e+006),(2019,4.07102e+006),(2020,4.18577e+006),(2021,4.30052e+006),(2022,4.41527e+006),(2023,4.53003e+006),(2024,4.64478e+006),(2025,4.75953e+006),(2026,4.63572e+006),(2027,4.40393e+006),(2028,4.18374e+006),(2029,3.97455e+006),(2030,3.77582e+006),(2031,3.58703e+006),(2032,3.40768e+006),(2033,3.2373e+006),(2034,3.07543e+006),(2035,2.92166e+006),(2036,2.77558e+006),(2037,2.6368e+006),(2038,2.50496e+006),(2039,2.37971e+006),(2040,2.26073e+006))

汙水量=產值*4653.96+1.13495e+007

工程師人數=INTEG(新聘人數-離職人數,426)

新聘人數=MIN(人力需求,合格工程師人數(Time))

離職人數=工程師人數*離職率

人力需求=產值*0.465618+DELAY1(產值*-0.482787,1)+3326.29

合格工程師人數=

[(1983,-20)-(2040,4000)],(1983,426),(1984,362),(1985,67),(1986,177),(1987,416),(1988,495),(1989,384),(1990,406),(1991,251),(1992,325),(1993,489),(1994,759),(1995,1178),(1996,1595),(1997,1620),(1998,1088),(1999,435),(2000,3136),(2001,-15),(2002,755),(2003,803),(2004,1627),(2005,1437),(2006,1255),(2007,1684),(2008,1168),(2009,935),(2010,1544),(2011,2030),(2012,1197),(2013,1052),(2014,1041),(2015,875),(2016,852),(2017,856),(2018,863),(2019,845),(2020,840),(2021,832),(2022,828),(2023,823),(2024,823),(2025,822),(2026,820),(2027,817),(2028,808),(2029,819),(2030,830),(2031,819),(2032,823),(2033,823),(2034,826),(2035,824),(2036,822),(2037,818),(2038,811),(2039,801),(2040,791))

離職率=0.05

資金= INTEG (利潤-支出,7.88)

利潤=產值*0.38-薪資成本

支出=折舊與維修費用+新增固定資本

平均工程師薪資=38063*12

薪資成本=工程師人數*平均工程師薪資/1e+008

折舊與維修費用=固定資本*0.084

固定資本= INTEG (新增固定資本-固定資本減量,21.191)

新增固定資本=資金*0.14

固定資本減量=折舊與維修費用

已開發土地面積= INTEG (土地新開發面積,210)

土地新開發面積=土地開發計畫

土地開發計畫=

210+STEP(-210,1983)+STEP(167,1984)+STEP(-167,1985)+STEP(276,1986)+STEP(-276,1987)+STEP(0,1988)+STEP(0,1989)+STEP(0,1990)+STEP(0,1991)+STEP(0,1992)+STEP(0,1993)+STEP(0,1994)+STEP(638,1995)+STEP(-288,1996)+STEP(-350,1997)+STEP(0,1998)+STEP(975,1999)+STEP(-846,2000)+STEP(-129,2001)+STEP(504,2002)+STEP(-301,2003)+STEP(-132,2004)+STEP(-71,2005)+STEP(255.67,2006)+STEP(-255.67,2007)+STEP(258.97,2008)+STEP(-258.97,2009)+STEP(0,2010)+STEP(631.23,2011)+STEP(-631.23,2012)+STEP(0,2013)+STEP(0,2014)+STEP(0,2015)+DELAY1(土地租用率*22.899,1)

土地租用率=IF THEN ELSE(廠商土地用量/可出租面積>0.8,0.8,廠商土地用量/可出租面積)

廠商土地用量=固定資本*0.0283051+134.574

可出租面積=已開發土地面積*0.35