

台灣科學園區發展趨勢動態模擬

劉仲成¹、蕭志同²、施杏姿³

收件日期：Aug. 01, 2018

接受日期：Sep. 20, 2018

摘要

1970 年代以前，台灣產業結構以勞動密集工業為主，而後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。

關鍵詞：人力資源、自然資源、科學園區、系統動態學

¹ 東海大學經濟學系，副教授；通訊作者 E-mail: liucs@thu.edu.tw

² 東海大學經濟學系，教授。

³ 東海大學經濟學系，碩士。

1.緒論

1970 年代以前，台灣在經濟發展結構以勞動密集工業為主，政府採取出口導向政策，設立加工出口區，促進台灣經濟的快速發展，然而在 1970 年代兩次石油危機的發生，導致原物料成本提高，以及製造業面臨勞動成本上升的問題。為了突破經濟發展的瓶頸提高附加價值，政府決定設立科學園區，將台灣製造業由勞力密集轉型為技術密集，因此在 1980 年設立台灣第一座科學園區-新竹科學工業園區(Hsinchu Science Park)，簡稱竹科。其營業額從 1983 年的 30 億新台幣成長到 2017 年的 1 兆新台幣，廠商家數，從 1983 年的 37 家廠商增加到 2017 年的 492 家廠商(竹科二十週年專刊，2000；竹科三十週年專刊，2010)。竹科的成功為台灣帶來龐大的經濟效益與就業機會，因此台灣政府進一步在 1995 年及 2002 年成立南部科學工業園區(簡稱南科)，及中部科學工業園區(簡稱中科)。南科營業額從 1998 年的 1.1 億新台幣成長至 2017 年的 8787 億新台幣，廠商數由 1998 年的 2 家增加至 2017 年的 222 家(南科年報，2018)；中科營業額從 2005 年的 609 億新台幣成長至 2017 年的 5,638 億新台幣，廠商數從 2004 年的 38 家增加至 2017 年的 186 家(中科年報，2018)。

科學園區的發展是一個動態且複雜的系統，需要廣大的土地、足夠的水電資源與良好的交通網絡，因此，中央與地方政府協力積極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廠商。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，進而促進經濟成長，但科學園區的快速發展，使用之水電資源也快速增加，帶來汙水及廢氣，造成汙染問題，引發民眾與環保團體的抗爭(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。從上述說明了解科學園區的發展動態且複雜，也面臨相當多問題，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。本研究的研究目的：探討科學園區的一般性及台灣科學園區的特性；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，以及進行情境模擬，探討台灣科學園區未來可能的發展趨勢。

2.文獻探討與台灣科學園區發展特性

本章透過文獻了解科學園區發展所需的資源及要素，以及台灣科學園區發展至今所面臨的問題，並歸納科學園區的一般特性與台灣科學園區的特性。

2.1 科學園區發展相關文獻

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仿效成立科學園區。葉秀婉(2007)研究世界各國科學園區的發展，歸納出科學園區的發展四種管理體制：第一種是政府管理型，由政府設立專門的管理機構，如日本筑波科學城(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，如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。王樹嵩(2003)認為台灣科學園區的發展先期帶動工業轉型，後期則促進產業升級。台灣科學園區的發展主要是由政府政策推動，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。

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，第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。研究發現研發經費和專利核准數對於產業發展相當重要，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)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的第一考量因素，其次為人力供給、政府政策、技術取得、基地位置及公共設施。何珮瑛(2005)研究台灣與中國的科學園區，發現其園區位置附近皆有完善的交通建設，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，發現科學園區創造的就業機會與商機慢慢吸引人口進駐，也為園區帶來許多專業人才，而因為人口的湧進，週邊的公共建設也會隨之增加，提高當地的生活品質。

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 台灣科學園區面臨的問題

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，在長期的發展下，這些要素的變化也使科學園區逐漸浮現問題。王樹嵩(2003)指出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汙染的問題。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，以及污染的問題。李玉鈴(2013)說明園區面積擴張，由於水源、汙水排放等疑慮，導致民眾與環保團體進行抗爭，園區規劃不當出現廠房、土地閒置的問題。

台灣地勢不易集水且雨量集中在夏秋季，冬季的降雨量時常不足，導致全台缺水的危機(倪福成，2015)。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，並整理出四個用電特性：連續性的生產流程需要連續穩定的供電、製造環境對電力的品質要求高、高用電量、能源密集度低。

另外，人力資源方面，人口老化人與才外流是台灣科學園區未來發展的隱憂。洪懿妍(2014)估計，2015年時，勞動力供給為歷年來的最高峰，之後便逐年下降；近年來中國的崛起，吸引台商外移，中國實施的優惠措施及發展空間的吸引而造成人才外移。英國牛津經濟研究院(Oxford Economics, 2012)的全球人才 2021 報告(Global Talent 2021)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。

2.4 科學園區的一般特性與台灣的特性

根據上述文獻綜合歸納科學園區發展的一般特性及台灣科學園區的特性。

2.4.1 科學園區的一般特性

- (1) 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，不管科學園區是否由大學設立管理單位，這些園區周邊幾乎也都有大學與研究機構，能夠提供高技術、知識人才給科學園區，而且進行技術移轉與技術交流，輔助科學園區的發展(葉秀婉，2007)。

- (2) 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，因此須藉由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，且便於產品出口。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。

- (3) 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)。

2.4.2 台灣科學園區的特性

- (1) 以量產為主，研發為輔：

台灣科學園區以量產導向與製程創新導向定位，但較偏於量產導向，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(徐作聖，2001)。

(2) 台灣產業聚落的發展相對較完整：

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，2016，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。

(3) 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，根據促進產業升級條例，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，公司的研究發展支出，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。

(4) 台灣科學園區生產產品以出口為主，全球經濟景氣會直接影響科學園區的績效：

台灣科學園區廠商以代工為主，如資訊及半導體產業；或是屬於中、上游產業，例如面板及太陽能電池產業，受到全球景氣的左右。

3.研究方法

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。

蕭志同等(2016)說明系統動態學經過逾半個世紀發展已被應用在各個領域：Forrester (1961)出版專書『Industrial Dynamics』，將 SD 應用在製造業的研究；並再將 SD 應用至都市層次，作為長期發展的分析方法(Forrester，1969、1971)；Meadows (1972)發表『成長的極限』，則運用 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(Meadows 1972，2004)。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。

謝長宏(1980)歸納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。

蕭志同認為社會、經濟、管理議題複雜，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，2016)。Coyle(1996)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，適合本議題的研究。

4. 質性模型建構與分析

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中的群體建模(Group model building)方式及 Vensim 軟體建構科學園區的因果環路圖，以下說明三個關鍵環路及整體環路圖。

4.1 園區開發與環保抗爭之因果環路圖

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，園區的土地使用逐漸飽和，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。園區開發後，會帶來許多汙水以及廢氣，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，如圖 1。

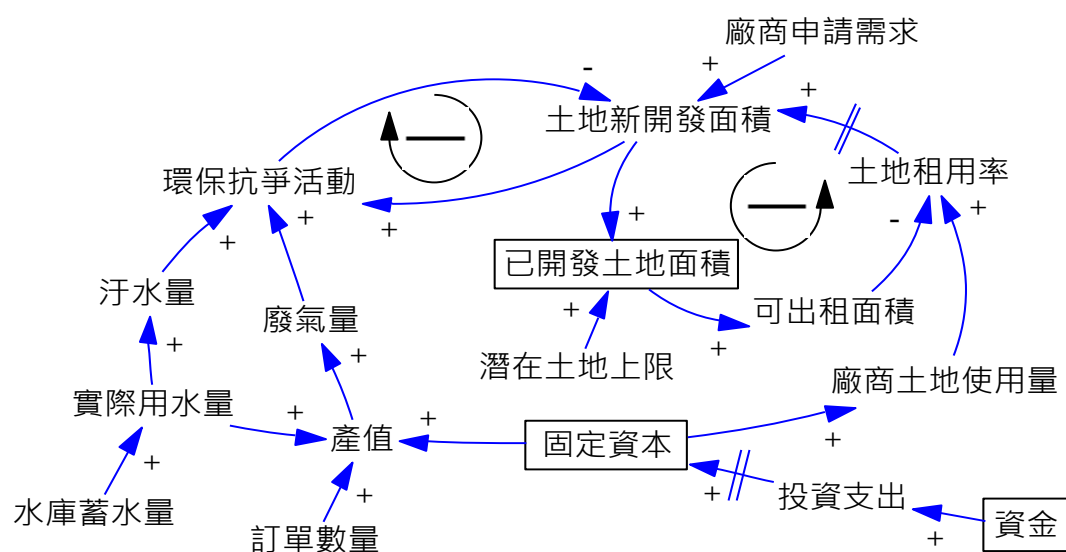


圖 1：園區開發與環保抗爭之因果環路圖

4.2 人力資源、固定資本與產出之因果環路圖

科學園區需要有高知識、技術的工程師，提高產品的良率，研發生產的新技術，使產量增加或是讓產品更加精緻，因此，工程師的增加能夠提高產出，進而增加產值，廠商就會想聘請更多工程師來增加產出，形成一個正性環路。但聘請工程師需要花費薪資成本，因此降低了廠商的獲利，進而減少資金建置廠房設備，產出就無法增加，產值也無法提升，廠商對於人力的需求降低，形成一個負性調解環路，如圖 2。

台灣科學園區的工程師，主要來自於大學以及研究機構的人才，這些人才都受過高知識的教育，且這些人才具有良好的技術能力，但台灣出生率逐年降低，少子化的現象，未來大學能夠提供的人才會越來越少，同樣的，進入研究機構的人力也會更少；近年來，

中國大陸積極發展高科技產業，為了吸引人才，於是給予相當高的薪資待遇以及福利，導致台灣人才外流。

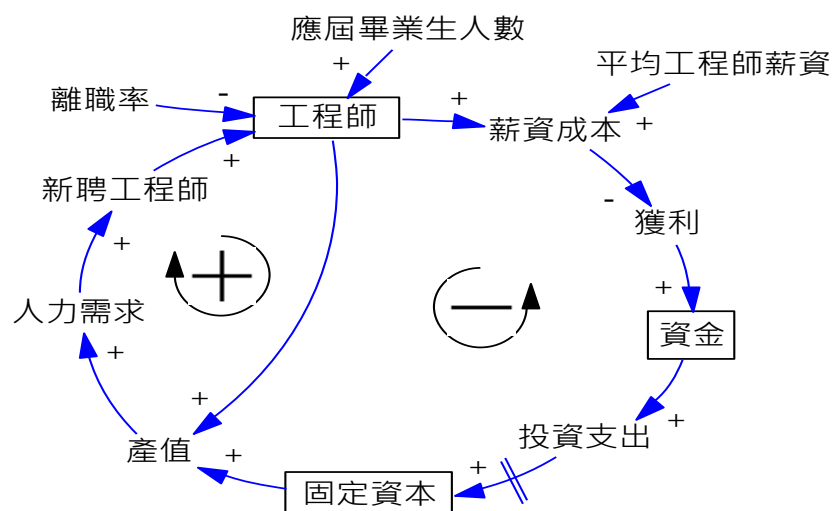


圖 2：人力資源、固定資本與產出之因果環路圖

4.3 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，也會吸引外部投資，因此廠商有了本身的資金後，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，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 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)。

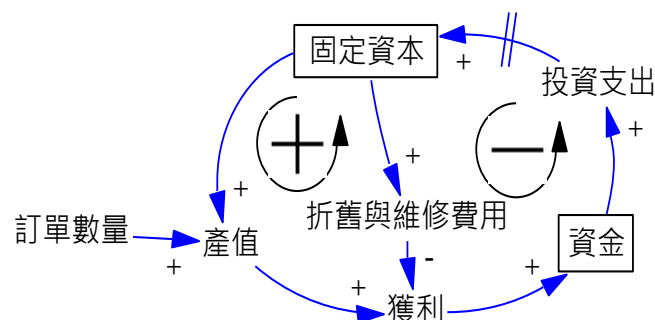


圖 3：產值、固定資本與資金之因果環路圖

4.4 整體質性模型

根據上述的幾個關鍵環路可以了解，台灣科學園區的發展受到開發土地面積、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，形成複雜且動態的系統結構。如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，這些薪資成本，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。在這些因素互動下，慢慢發展出複雜的系統結構，如圖 4。

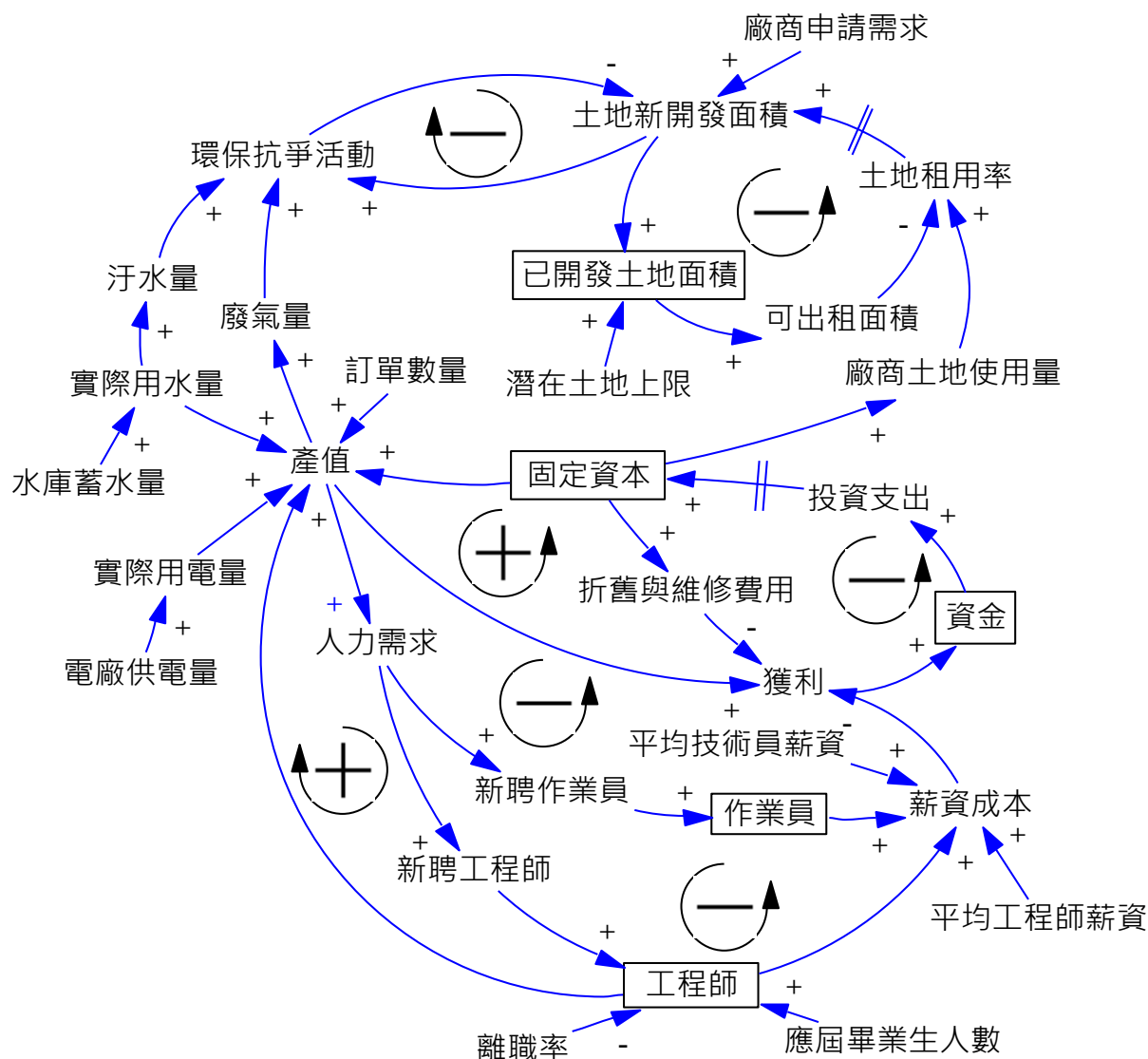


圖 4：台灣科學園區發展之因果環路圖

5. 量化模型建構與情境模擬

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，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。考量到重要性及資料的取得的困難度問題，本研究之量化模型包含 4 個積量變數與 26 條方程式。圖 5 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 4 個積量變數與其他輔助變數構成。

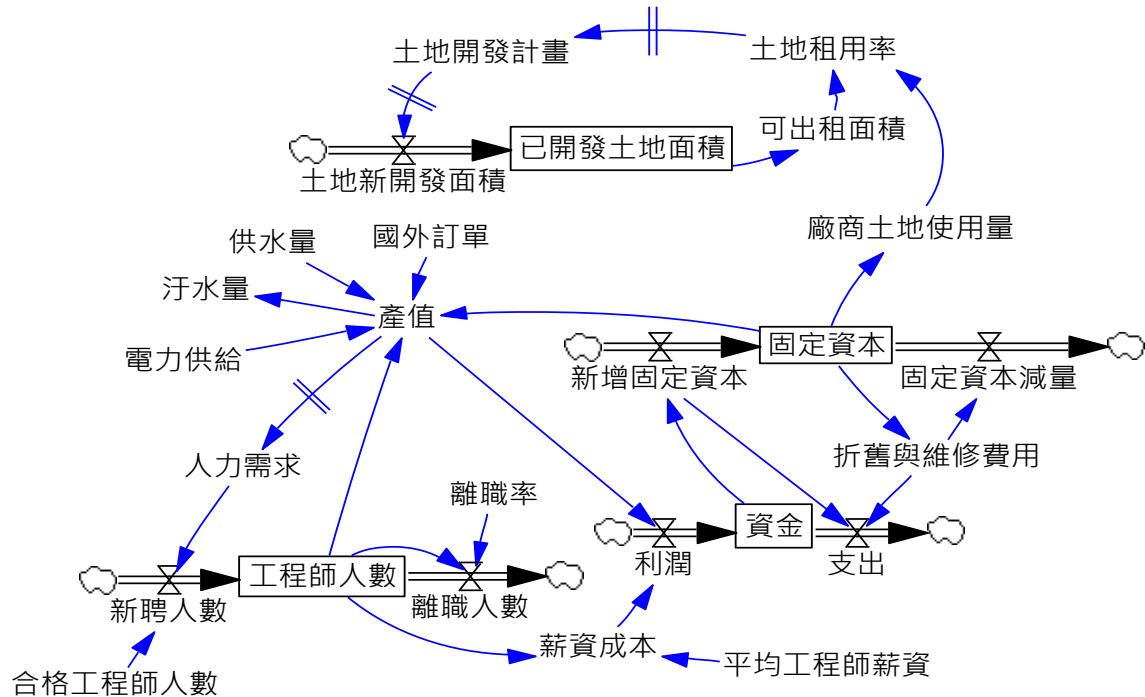


圖 5：台灣科學園區動態流程圖

5.1 模擬結果

由台灣科學園區動態流程圖(圖 5)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、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，進行系統動態學的效度檢驗(Forrester & Senge, 1980)。

5.1.1 產值

圖 6 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。

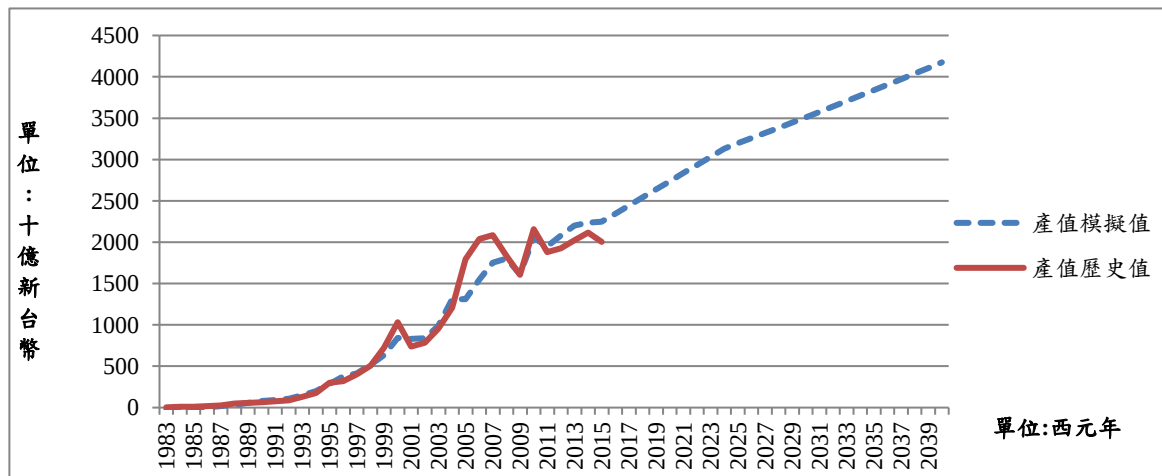


圖 6：產值之歷史值與模擬值

5.1.2 工程師人數

由圖 7 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。

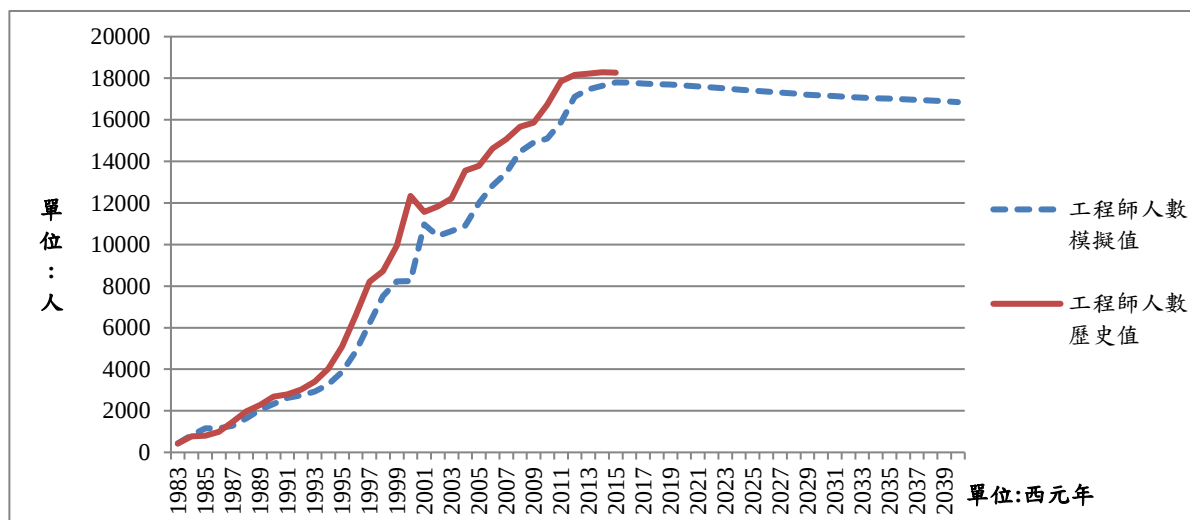


圖 7：工程師人數之歷史值與模擬值

5.1.3 資金

科學園區累積之資金能為廠商投資更多固定資本，圖 8 為資金累積的歷史值與模擬值，從模擬趨勢發現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。

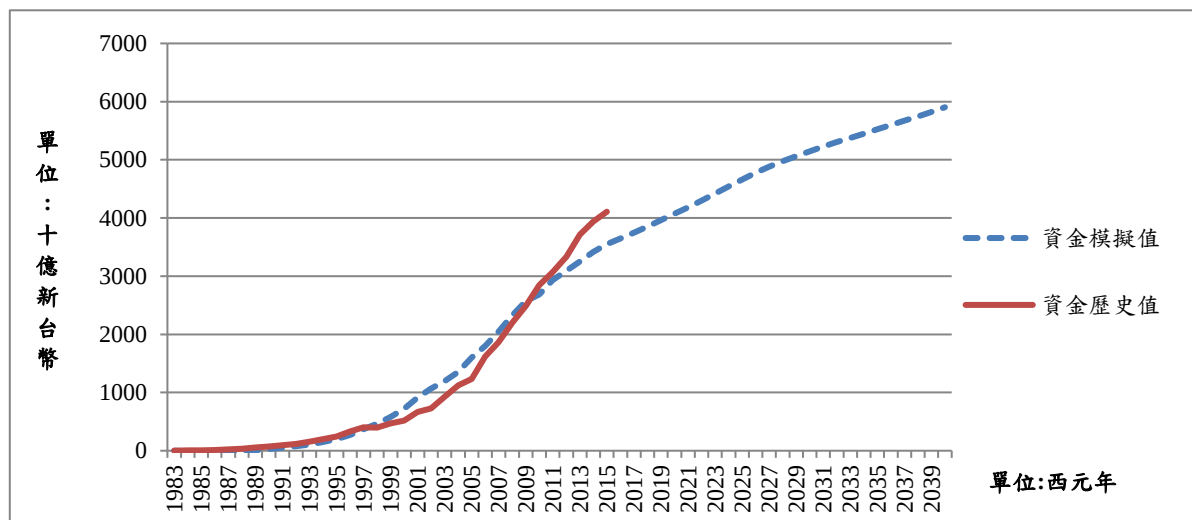


圖 8：資金之歷史值與模擬值

5.2 系統環境情境模擬

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情境模擬並討論。

5.2.1 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 9，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。

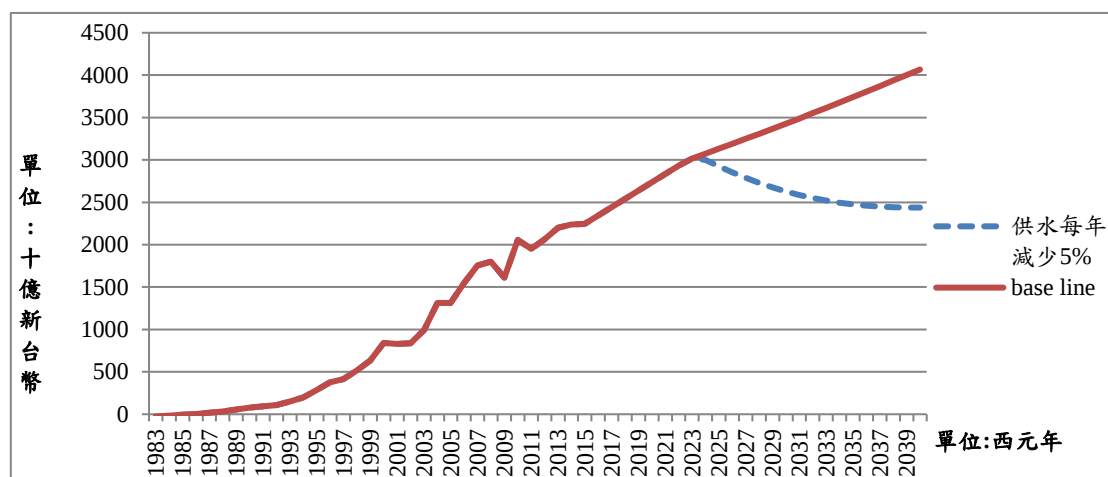


圖 9：在供水限制下產值之變動模擬

5.2.2 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(2016)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 10，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。

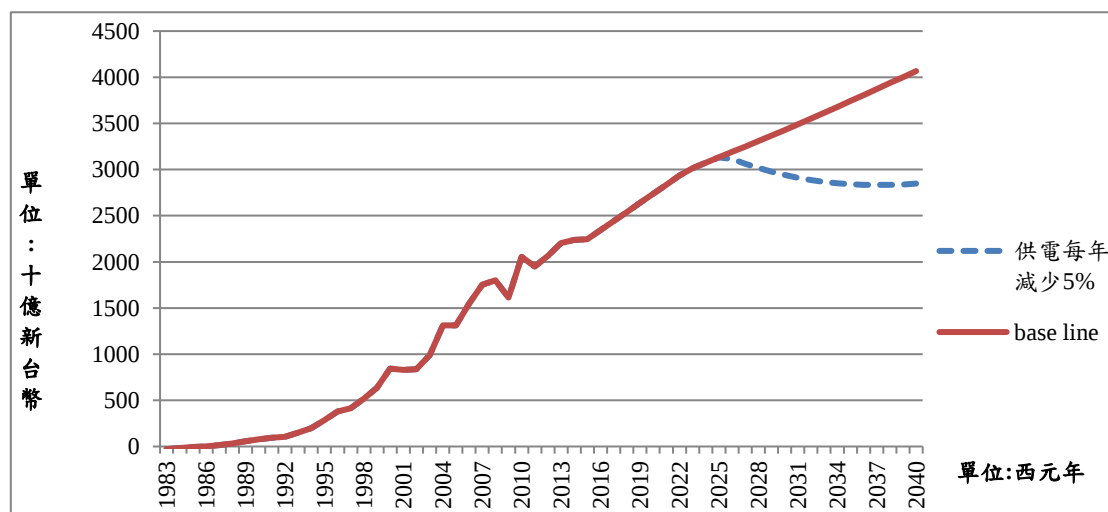


圖 10：在供電限制下產值之變動模擬

5.2.3 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 11。從圖中可以看到，當國外訂單減少 10% 時，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。

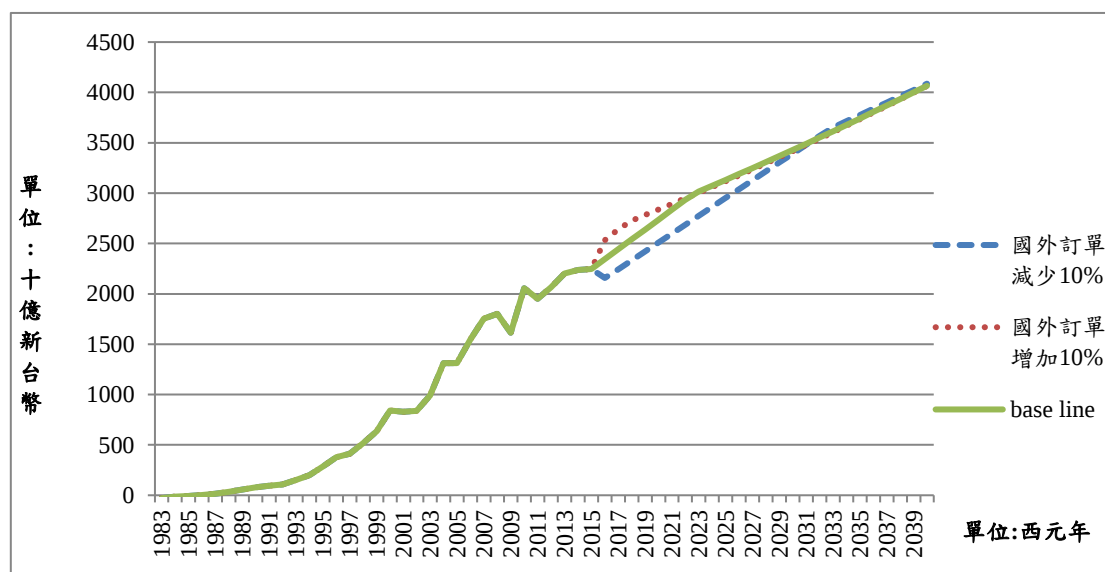


圖 11：在景氣變動下產值之變動模擬

5.2.4 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 12，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。此外，離職率上升之情境模擬亦有類似結果，產值也會有明顯的降低。

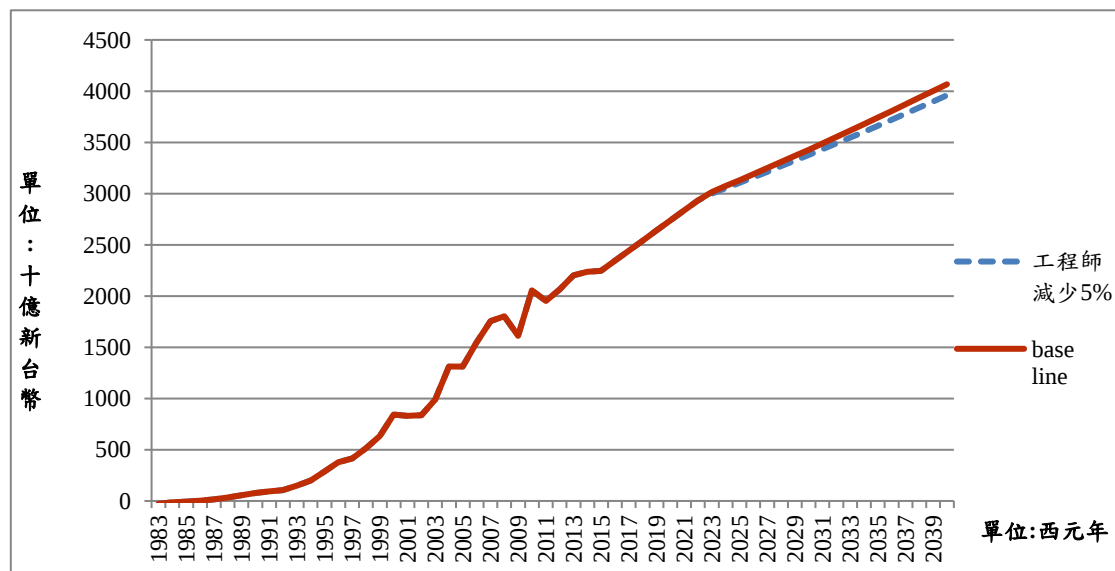


圖 12：在少子化影響下產值之變動模擬

5.3 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，政府除宣導、輔助廠商進行節能，亦應妥善規劃未來長期水電的供給。少子化及人才外移的問題亦對產值造成影響，園區廠商應考慮更積極製程自動化以彌補部分人力。另外，從景氣波動的情境模擬中，發現到科學園區的產值受到國外訂單的影響，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。

6. 結論與建議

6.1 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特性與台灣科學園區的特性，並找到其系統結構中關鍵環路，更加了解台灣科學園區的系統行為。

台灣科學園區於 1980 年設立以來的發展，開發了大量的土地面積、累積大量工程師、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，以及更積極將製程改以自動化以彌補部分勞力，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，更是政府、廠商未來面臨之嚴峻考驗。

6.2 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。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。此外 SD 可應用在台灣許多工業區的發展或產業發展等議題的研究。

參考文獻

1. 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。
2. 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。
3. 台中科學工業園區管理局(2018)，中科 2017 年報。
4. 台南科學工業園區管理局(2018)，南科 2017 年報。
5. 台灣智庫(2014)，大台中區域發展論壇，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 21 期 12 月號，53-59 頁。
6. 台灣電力公司(2016)，<http://www.taipower.com.tw/>，擷取日期 2016.05.26。
7. 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，行政院國家科學工業園區管理局委託學術機構研究計畫報告。
8. 新竹科學工業園區管理局(2000)，竹科二十週年專刊。
9. 新竹科學工業園區管理局(2010)，竹科三十週年專刊。
10. 新竹科學工業園區管理局(2018)，竹科 2017 年報。
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. 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。
14. 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。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 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.
19. 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。
20. 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。

21. 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。
22. 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。
23. 黃嫻(2015)，地球好渴！2030 年全球供水量將再減 40%，科技新報。
24. 新竹科學工業園區(2016)，<http://www.sipa.gov.tw/>，擷取日期 2016.04.02。
25. 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。
26. 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。
27. 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。
28. 行政院經濟建設委員會(2012)，中華民國 2012 年至 2060 年人口推計。
29. Barlas, Y. and Carpenter, S. (1990), "Philosophical Root of Model Validation: Two Paradigms," *System Dynamics Review*, 6(2), 148-166.
30. Castells, P. and P. Hall (1994), *Technopoles of the World: The Making of the 21th Century Industrial Complexes*, London: Routledge
31. Coyle, R. G. (1996), *System Dynamics Modelling - A Practical Approach*, London, UK.
32. Forrester, J. W. & Senge, P. (1980), "Tests for Building Confidence in System Dynamics Models", *TIMS Studies in Management Sciences*, 14, 209-228.
33. Forrester, J. W. (1961), *Industrial Dynamics*. The MIT Press.
34. International Association of Science Parks (2015), <http://www.iasp.ws/>
35. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., and Behrens III, W. W., (1972), *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, New York: Universe Books.
36. Meadows, D. H., Randers, J. and Meadows, D. L., (2004), *Limits to Growth: The 30-Year Update*, Andrew Nurnburg Associates International Limited.
37. Oxford Economics, (2012), *Global Talent 2021*, Retrieved 2 April 2014 from <https://www.oxfordeconomics.com/my-oxford/projects/128942/>.
38. Senge, P. M. (1990). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*, New York: Currency Doubleday.
39. Sterman, J. D. (2000), *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Boston: Irwin/ McGraw-Hill.
40. The World Economic Forum (2016), <https://www.weforum.org/>.

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

Chung-Shu Liu⁴, Chih-Tung Hsiao⁵, Sing-Zih Shih⁶

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.

Keywords: Human Resources, Natural Resources, Science Park, System Dynamics

⁴ Department of Economics, Tunghai University. Associate Professor. Corresponding Author.
E-mail addresses: liucs@thu.edu.tw

⁵ Dept. of Economics, Tunghai University. Professor.

⁶ Dept. of Economics, Tunghai University. MSc.