

以系統動態學方法探討台灣工具機產業的發展

A System Dynamics Approach to the Development of the
Machine Tool Industry in Taiwan

論文摘要

工具機產業是機械產業的基礎，亦可視作是一個國家工業化程度之指標。台灣的工具機產業經過近六十年的發展，已成為台灣重要的產業之一，其發展過程是一個動態的演化歷程，需要使用具有整體觀的方法論才能理解其動態過程。

本研究採用系統動態學方法，探討台灣工具機產業發展，並建立質性模式說明影響各階段發展的主導結構。研究結果顯示台灣的工具機產業發展是一個三階段的發展歷程，有五個關鍵因果環路，包括：產業群聚和產能累積、人才培養、技術養成、中衛體系、產業外移和零組件自製等在不同階段主導產業的發展方向，本研究並對未來發展做出建議。

關鍵詞：系統動態學、工具機產業、產業發展

一、 研究背景

台灣的產業發展已經逐步進入一個已開發國家，在 2006 年的時候，台灣的「半導體」和「影像顯示器」兩項產業的產值已突破新台幣 1 兆元，稱之為兩兆產業。根據工研院 IEK ITIS 研究調查，台灣 2012 年全年機械產業產值達到新台幣 9,154 億元的水準，極有潛力繼半導體與平面顯示器之後成為下一個「兆元產業」，其中工具機的產值已達 1580 億元，是我國極具發展潛力的產業之一。

根據 2007 年機械產業年鑑指出：機械產業對一個已開發國家的重要性乃在於機械工業發展程度水準如何，可作為一個國家工業化程度之指標。機械產業也是一個涵蓋二、三級產業之系統性工業，由上游原材料至各種零組件之加工組裝、機械設備之產製(二級產業)及自動化系統之規劃應用(二級及三級產業)，涵蓋產業廣大且深遠。而機械工業發展至今，其已融合了電子、機械、光電、材料、物理等多方面專業科技的工業，且發展過程中需不斷地投入較多的資料來從事開發，係屬技術及資本密集之工業。而工具機是製造各種機械設備的加工機器，影響整體產業發展甚鉅，全球主要工業國家如：美國、德國和日本等國均對其發展非常重視。

工具機產業發展至今，約略快六十年，在這一段漫長的時間裡，產業的發展因素包含：國際間的政經情勢、匯率波動、貿易協定等；國家的因素包含：整體發展狀況、政府政策、法人機構、原物料和資源獲取等；廠商之間的因素包含：競合情況、研發能耐、資金投入、人才培育、產能擴充、技術合作等，隨著發展的不同階段，彼此互為因果且交錯影響，任何一個因素改變，即造成整個產業也隨之調整，且因果之間的關係也會產生延遲的現象，也造成產業整體發展狀況複雜、動態、具延遲現象的特色。面臨這樣一個現象，需以全面整體的宏觀解讀，才可針對此一產業發展進行了解。

工具機產業在發展的過程中是一個複雜又動態的過程，其產業內相關成員及其因素和外環境變數，在發展的過程中，彼此互相產生影響。我們不禁試想台灣工具機產業的發展的關鍵因素是什麼？台灣的產業政策對工具機產業的影響又是什麼？未來又該如何？根據上述目的，本研究的幾個主要目的如下：

1. 探討台灣工具機產業發展中，主要關鍵要素是什麼？彼此間因素互動的關係和影響為何？
2. 以系統動態學探討台灣工具機產業的發展過程。
3. 討論台灣工具機產業未來發展可能會發生的衝擊和影響，並提出改善建議方案。

本研究先蒐集機械和工具機產業相關資料進行閱讀，經閱讀之後，界定具有研究潛力的研究問題，並了解工具機產業特性，並更進一步，進行更細部資料的蒐集，進行分析、歸納和統整。

二、 發展模式

針對台灣工具機產業進行質性研究。釐清各個發展階段的重要變數，互動關係和因果變化。本研究以產品的發展歷程和特色進行分類，概分為三階段，分別是第一階段傳統工具機時代、第二階段數控工具機時代、第三階段電腦數控系統時代。再將三階段的發展歷程，找出其主要環路，在傳統工具機時代其主要成長環路為產能累積與產業群聚和人才培養兩大環路，數控工具機時代的主要環路為技術養成的環路，電腦數控系統時代的主要環路為中衛體系和產業外移與零組件自製兩大環路，最後將這三階段的因果環路圖繪整起來，並說明其發展的主要特色。

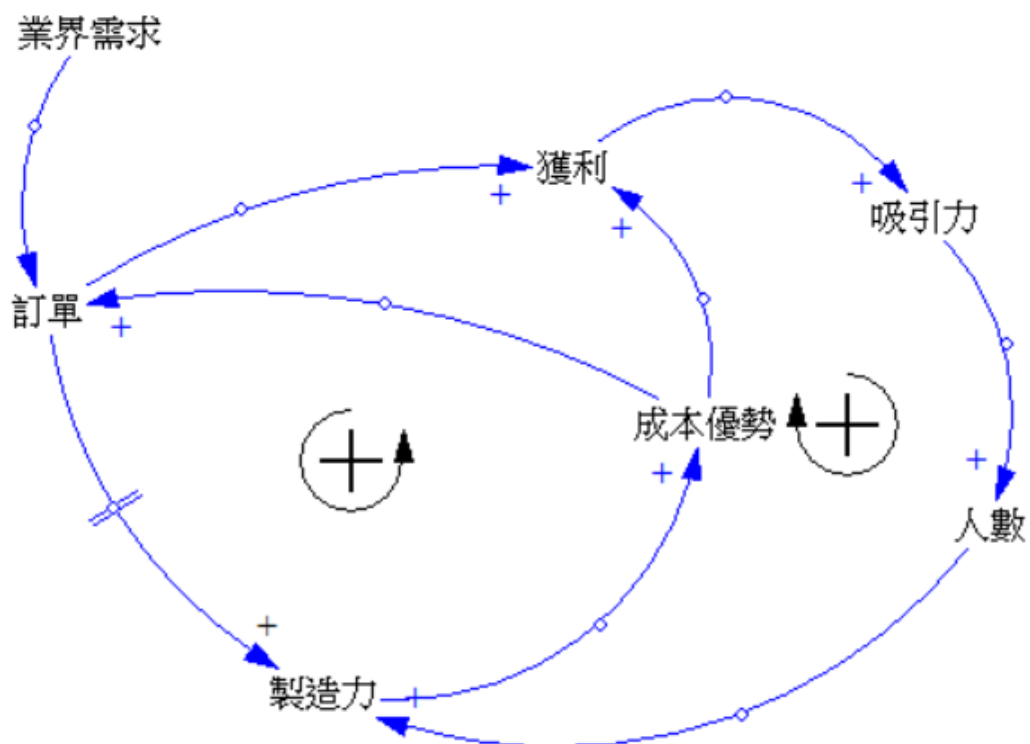
第一階段

民國 39 年至 41 年為機械工業發展前的起步階段。許多產品的品質及工業的水準，均在此短短數年間，有所發展與突破，奠定了日後台灣機械

工業蓬勃發展與壯大的基礎。至於較大的機器、工具等重型設備及鋼鐵的大量生產，要到民國 42 年第 1 期經建計畫開始實施後，才步入正軌(鄭祺耀、許淑玲，2005)。因為當時政府的外匯存底有限，無法供應業界進口大量的機器設備，便給機械業以充分發展及普遍服務的機會，正因為外匯短缺，進口機器及工具類物資供應不足，而市場需求迫切，給台灣的機器工業一個最好發展的機會(臺灣區機器工業同業公會, 1995)。

1953 年起，我國政府開始實施經濟建設計畫，分別推動第 1 期和第 2 期經建計畫，幾家較具規模的公營機構、兵工廠開始嘗試工具機生產，提供給國內民營工廠使用。隨著經濟成長，對於工具機的需求與日俱增，中小規模的工具機廠相繼成立，積極從事工具機製造，以供應國內市場所需(魏依玲&劉信宏，2002)。

- 台灣工具機產業在第一階段和產能與發展資源累積的因果環路圖

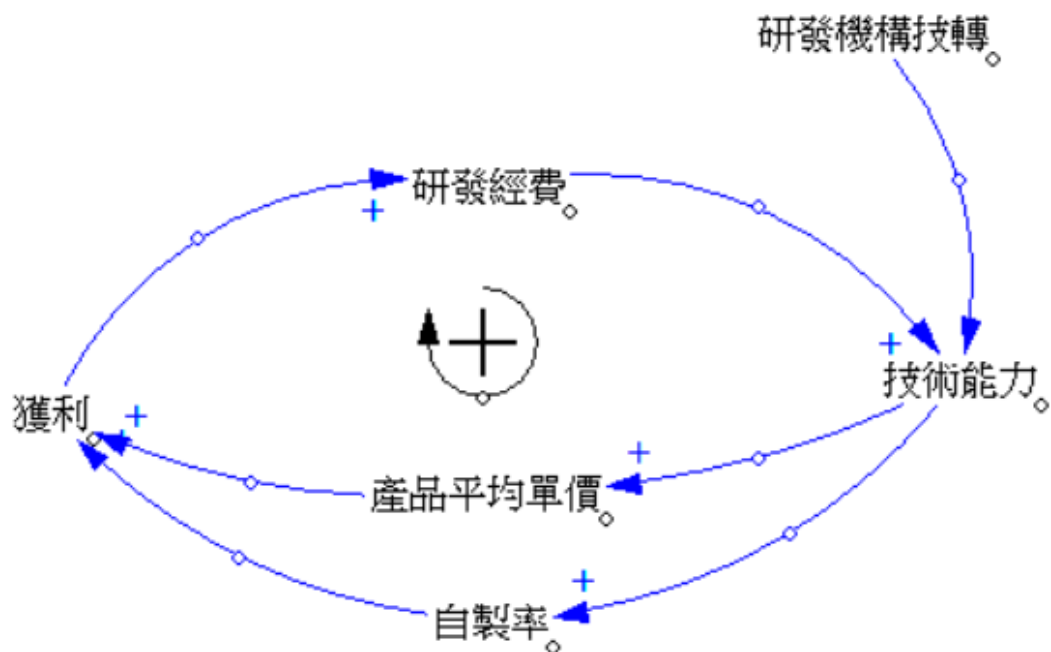


從圖可以得知，因為市場的需求，促使訂單的增加，同時累積了模仿和製造機械的能力，製造能力越好，成本優勢和獲利也就越明顯，同時也增加了產業吸引力。

第二階段

民國 63 年楊鐵工廠首次展示了第一部國產數值控制工具機，雖然所用之控制器乃是 FANUC 產品，但卻使我國工具機工業從此邁入一個嶄新的里程。到民國 73 年時開發數控工具機已超過 60 種機型，用不過 20 年的時間，逐步追近國外先進國家百年以上的發展經驗（臺灣區機器工業同業公會, 1995）。同時政府逐漸意識到機械工業具有能源效率高、附加價值高及技術密集高等要素，頗符合我國工業發展的條件，因此外銷市場逐漸以歐、美先進國家為重。發展至此國產的機械品質已有相當程度的提高(劉信宏, 2004)。

- 台灣工具機產業在第二階段技術養成的因果環路圖

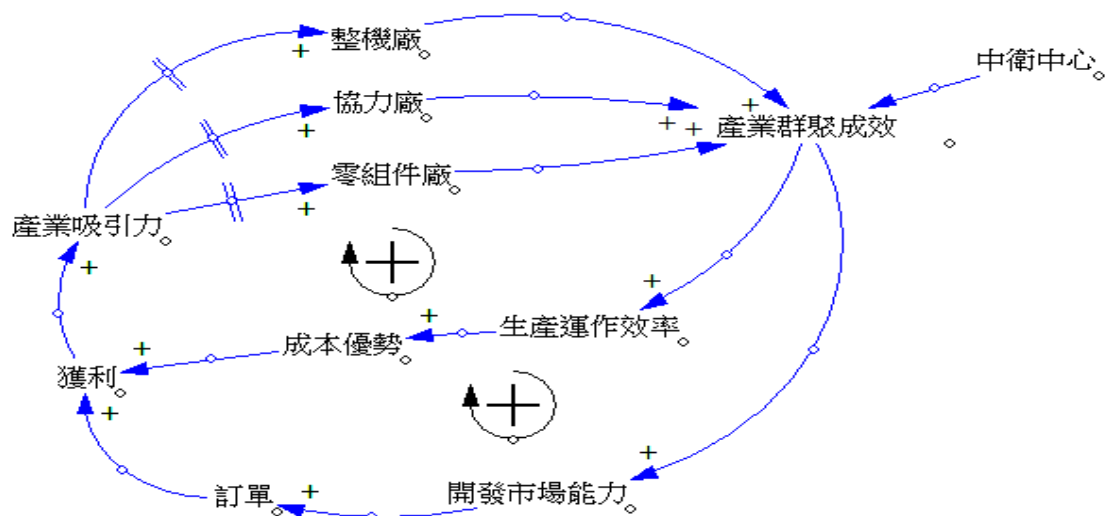


從圖可以得知，在此一時期，研發機構提供技術轉移，國內廠商紛紛投入研發與試行 NC 工具機，向國外採買先進機器拆解研究，進而提升技術能力，而推出數控系統的產品，也使產品平均單價上升，進而帶動獲利和研發經費的增加，也促使技術能力的增加。

第三階段

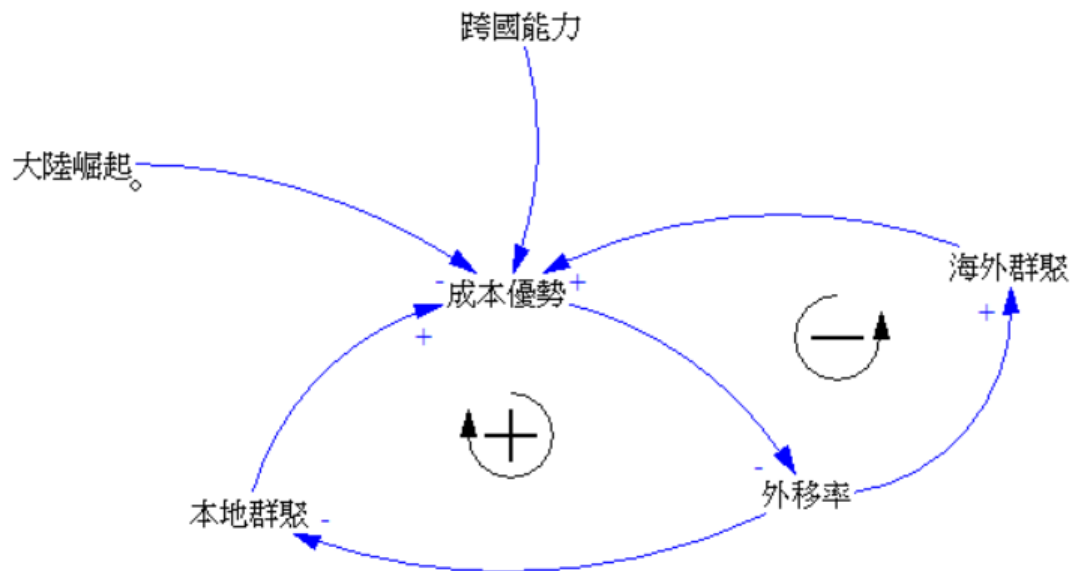
群聚現象為一群生產相似產品，或具上下游關係之廠商彼此所產生的連結現象，此現象往往在地理位置上表現出集中的情況。地理位置的相近常帶給群聚廠商許多好處，如產業資訊的交流，共享的地理資源等，而這些因素往往也為廠商建立起優勢的競爭力(張陽隆，2001)。產業群聚是國家經濟競爭優勢的重要來源。產業群聚指在特定領域中，有地理上集中現象，同時具有競爭、合作關係，有交互關聯性的企業、專業化與服務供應商、相關產業廠商及相關機構(如大學、制定標準化的機構、金融機構、產業工會等)，它會形成產業在特定領域競爭的關鍵成功多數。產業間緊密連結在一起，透過產品或資訊流通，使彼此的利益能夠互補(Porter，1990)。

● 台灣工具機產業在第三階段中衛體系之因果環路圖



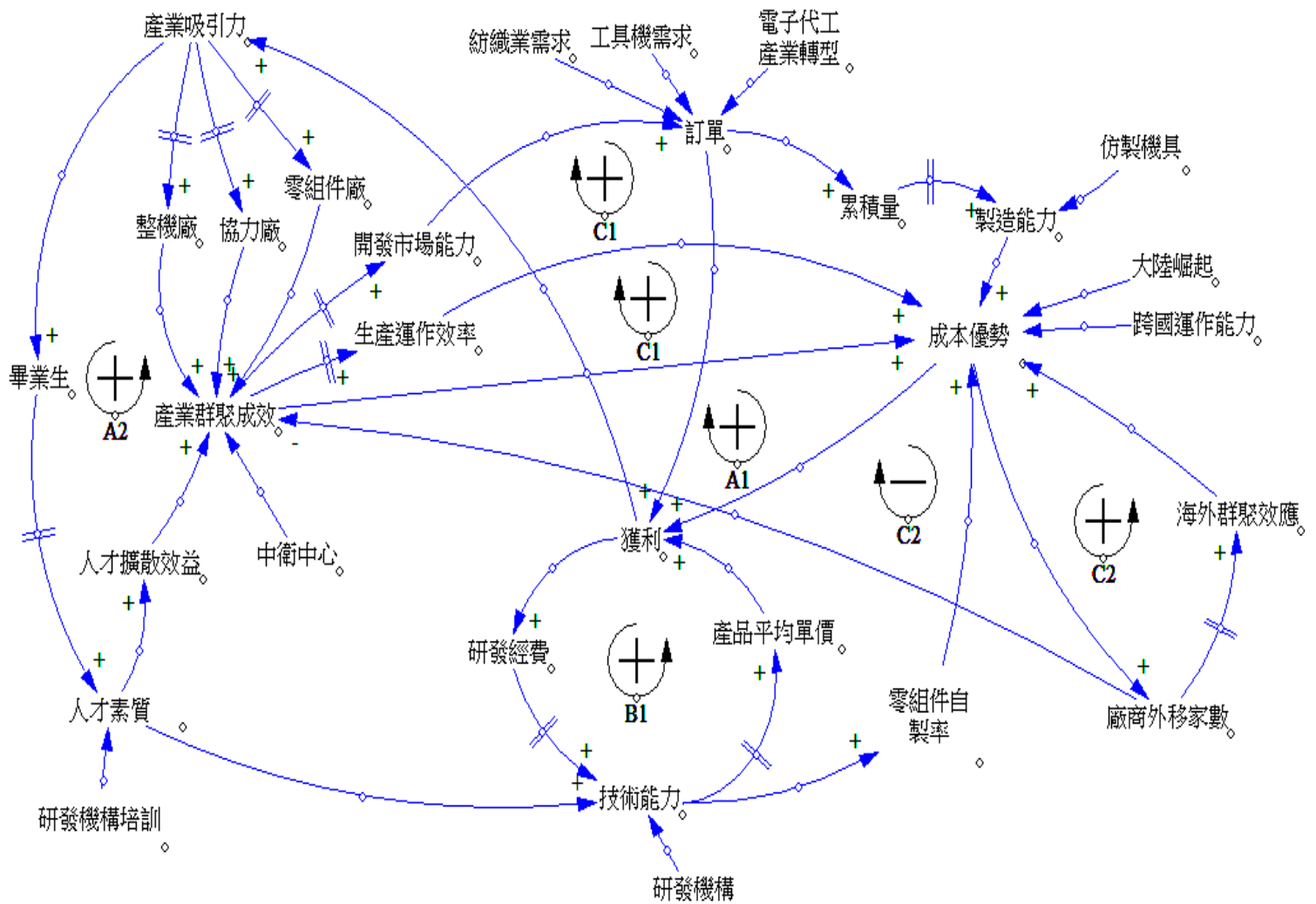
由此圖可知透過產業群聚，結合了整機場、協力廠、零組件廠之間的整合，能夠持續擴大整體的開發市場能力、訂單、生產運作效率及成本優勢，間接增加獲利以增加吸引力。

- 台灣工具機產業在第三階段的產業外移之因果環路圖



由上圖可得知，由於大陸的崛起，影響到台灣工具機產業的成本優勢，使得許多廠商外移，形成海外群聚，卻又因此增加了成本優勢，來抑制產業的外移。

- 台灣工具機產業發展過程的因果環路圖



台灣工具機產業發展的歷程，其中分為三階段，分別為傳統工具機時代所代表的環路為產業群聚和產能累積以及人才培養；在傳統工具機時代因為紡織業的需求，廠商靠著訂單和模仿製造機器的經驗，進而提升成本優勢和產業吸引力，此為 A1 環路。除此之外，靠著研發機構培訓和畢業生的投入，提升人才擴散效益和產業群聚成效，此為 A2 環路。靠著這兩個環路所累積的資金、製造經驗和人才，進入到第二階段數控工具機時代。在第二階段，靠著研發機構和廠商投入數控工具機整合的能力，提升產品單價和技術能力，此為 B1 環路，並進入到電腦數控系統時代。在第三階段，中衛中心加強了產業群聚的成效，提升了開發市場能力和生產運作效率，也帶動了成本優勢和產業群聚成效，此為 C1 環路。隨著中國大陸崛起，強大的內需市場和廠商的跨國運作能力，使廠商外移家數增多，形成海外群聚

效應，增加成本優勢，但同時也降低了產業群聚成效，減少成本優勢，此為 C2 環路。上述三階段和五個重要環路，形成了台灣工具機產業的發展。本研究以系統動態學的質性模式為研究方法，以機械產業和工具機產業的次級資料為主，進行分析、討論、歸納和整理，找出工具機產業的特性和發展歷程。釐清三個發展階段，這三個發展階段分別是傳統工具機時代、數控工具機時代和電腦數控系統時代，而五個成長環路是產業群聚和產能累積、人才培養、技術養成、中衛體系以及產業外移與產業高值化。

回顧過去，台灣的工具機產業發展，在第一階段，工具機產業發展因地理和歷史..等的因素，形成產業群聚，之後產能累積、資本增加而形成產業群聚和產能累積的環路。而因為產業有獲利，所以產業有吸引力，透過畢業生的投入和研發機構培訓，造成有人才吸引的環路，透過這兩個環路所累積的能力，進入到第二階段，在此一階段，透過技術的合作和研發，進行技術能力的提升，同時透過 OEM 的方式，持續累積產能和資本，而透過技術能耐的養成環路所累積的能力，進入到第三階段。到第三階段，一者透過中衛體系的環路，經由外包、彈性生產、速度...等特質，發揮中衛體系的特色進行成長。再者透過產業外移和產品高值化，一方面節省人力成本，同時增加工廠和營業據點，二方面改良和提升產品品質，使產業持續成長迄今。

三、 結論

本研究以系統動態學為方法，針對台灣的工具機產業的發展經歷進行研究，結果顯示台灣工具機發展為一個三階段成長過程，其成長力量從最初的技术產能的累積進而自主研发的投入，最後到中衛體系的形成。

本研究亦發現近年由於大陸興起導致透過建立跨國能力，是產業的共存之道。

根據台灣工具機產業的特性，對政府而言，有以下三點建議，第一是進行招商政策。政府應盡速讓相關輔助工具機發展和招商的法令通過，同時進行海外招商，吸引其他國家廠商在台設廠，以擴大工具機產業規模。第二是進行產業轉型和升級，政府應視大陸工具機市場發展情況、相關法令政策及產業上中下游的發展，推動相關因應方案，目前大陸工具機仍以中低品質和價位為主。政府應輔導台灣廠商往中高價位和品質來轉型，提升產業競爭力。第三是政府推出政策輔導企業結盟和整併，台灣工具機產業以中小企業為主。根據 2012 台灣地區大型企業排行和機械產業年鑑的資料顯示，台灣排行前十大工具機廠商，目前沒有任何一家在全世界工具機前五十名裡面。長遠來看，要與中國大陸和世界競爭，必須要有世界級的廠商，因此推動企業結盟和整併，提升台灣廠商規模、研發技術的能力和人力水平。

對廠商而言，有以下三點建議，第一是分散出口市場。中國大陸已是全球工具機第一大市場，但大陸廠商已經崛起，再加上其他國家亦在搶食其內需市場，造成競爭困難，因此建議國內廠商，視其廠商資源，除中國大陸之外，找尋其他新興市場，進行深耕。第二是建立自己的行銷通路，強化品牌。國內廠商以出口導向為主，過去出口大部份透過代理商代理，這樣的作法會使廠商無法在第一線了解顧客的真正需求，使廠商研發方向與顧客真正需求間產生巨大的落差，無法針對不同的客戶群設計出符合其真正需求的產品，將會導致喪失其產業競爭力，也無法讓品牌深植人心，更無法提供服務加值和差異化的感受給顧客。第三是培育人才和提升技術能力。技術研發能力對工具機產業的競爭力具有關鍵性的影響，因此如何培育人才、傳承經驗和提升技術，是一個很重要的問題。建議廠商可以採用產學合作機制，讓學校教學與產業技術密切結合，在公司內部，建立良好的師徒制，傳承技術，透過產學合作和師徒制的方式，培育人才和提升技術。

四、未來展望

台灣產業的發展深受兩岸開放影響，因此台灣工具機產業必須積極投入新的區域整合，拓展市場的發展，同時也包括人力、資金、技術..等的流動，面對中國大陸和其他重要工具機生產國，彼此的競合狀態又會產生新的轉變。如:日本廠商來台設廠、台灣廠商去大陸設工具機中衛體系、台灣和其他國家之間的技術合作交流、進出口貿易的關稅減免...等，面臨這樣的產業變化，台灣的工具機廠商如何進行產業轉型和佈局，以利未來台灣工具機產業的發展。這是一個值得讓研究者進行深入探討的議題。

本研究以系統動態學的質性因果環路圖進行台灣工具機產業發展歷程的探討，研究中因果環路圖的重要變數仍有改善的空間，又或是針對某階段或某結構進行更細部的探討，或是更進一步進行量化的模型設定，以進行政策的模擬，都是本研究可以再更進一步探討的地方。

五、 參考文獻

書籍

1. 鄭祺耀、許淑玲(2005)。機械工業六十年史。台北市：台灣區機器工業同業公會。
2. 台灣區機器工業同業公會(1995)，機械工業五十年史。台灣區機器工業同業公會。
3. 工業技術研究院產業經濟與資訊服務中心，2003 機械產業年鑑，新竹縣竹東鎮：工業技術研究院產業經濟與資訊服務中心。
4. 劉信宏等，2004 機械產業年鑑，經濟部 ITIS 專案辦公室。
5. 劉信宏等，2007 機械產業年鑑，工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心。
6. 劉信宏等，2011 機械產業年鑑，工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心。
7. 葉錦清等，2012 機械產業年鑑，工研院產業經濟與趨勢研究中心。
8. 葉立綸等，2013 機械產業年鑑，經濟部技術處產業技術知識服務計畫專案辦公室。
9. 魏依玲&劉信宏，2002，2010 年工具機產業技術發展預測與主要國家研發政策研究，工研院 IEK 系統能源組。
10. 劉仁傑，1999，《分工網路：剖析臺灣工具機產業競爭力的奧秘》。臺北市：聯經。
11. 謝長宏著(1980)。系統動態學。台北：中興企管顧問出版社。
12. 工業技術研究院機械工業研究所(1993)。機械工業研究所所史：源遠流長。新竹縣：工業技術研究院機械工業研究所。
13. 王文誠(2009)。關係經濟地理-台灣科學園區的發展、轉變與調適。台北：國立臺灣師範大學。

14. 蘇錦夥(2004)。協和力-中衛體系提升企業經營綜效。台北市:台灣商務印書館。
15. 行政院研究發展考核委員會編(2004)。我國產業外移問題之研究。臺北市:行政院研究發展考核委員會出版。

論文與期刊

1. 王孝裕(2006)。供應鏈合作動機、合作型態、供應鏈能力、供應鏈策略與供應鏈績效之關連性分析—以工具機產業為例。私立逢甲大學科技管理研究所碩士論文。
2. 王淳民(2010)。台灣工具機產業之決定性競爭優勢探討。國立交通大學工業工程與管理學系碩士論文。
3. 何翊寧(2008)。產業升級與公共研發機構—以台灣工具機產業為例。國立政治大學中山人文社會科學學系碩士論文。
4. 吳穎飛、陳靜慧(1994)。「我國中衛發展中心及中衛體系的發展現況—專訪中衛發展中心開發專案小組主持人黃明哲先生」,台灣經濟研究月刊第17卷第10期。
5. 呂靜瑜(2002)。台灣工具機產業的發展與轉型—從生產網絡的發展到策略性網絡的形成?私立東海大學社會學系碩士論文。
6. 李幸惠(2010)。從互動觀點探討台灣工具機產業之發展。私立靜宜大學管理碩士在職專班碩士論文。
7. 林士超(2012)。台灣工具機產業國際市場經營關鍵成功因素之研究。國立中山大學企業管理碩士論文。
8. 林長瑞(2009)。台灣工具機產業核心競爭力與競爭策略之研究。私立東海大學管理碩士在職專班碩士論文。
9. 林春福(2003)。台灣工具機產業之製程服務廠的特質與發展類型之探討。私立東海大學工業工程學系碩士論文。

10. 胡崇銘(2008)。以產業群聚的區域優勢與社會資本觀點探討工具機產業之競爭優勢，私立逢甲大學經營管理碩士在職專班碩士論文。
11. 高士欽(1999)。生產網路與學習型區域—台中工具機產業轉型分析。私立東海大學社會學系博士論文。
12. 張陽隆(2001)，「產業群聚成因、廠商行為與組織績效之關聯性研究—以台灣高科技產業為例」，成功大學企業管理研究所碩士論文。
13. 許正宜(2009)。專利佈局對經營績效縱斷面之影響—以工具機產業為例。私立嶺東科技大學經營管理學系碩士論文。
14. 陳小芬，「台中精機—精密機械業的商業生態體系與楔石型企業」，資訊管理學報(TSSCI)，第十五卷(專刊)，2008年4月，1-20。
15. 陳良治(2012)。〈國家與公共研究機構在產業技術升級過程中的角色及演化：台灣工具機業〉。《人文及社會科學集刊》，24(1)。
16. 陳宜仁(2005)。以系統觀探討工研院在台灣產業研發體系之角色。國立交通大學管理科學系博士論文。
17. 陳幸雄(2005)。以系統觀探討台灣產業的發展。國立交通大學管理科學系博士論文。
18. 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。
19. 陳星辰(2010)。以系統動態學探討非營利組織之永續經營模式—以埔里長青村與布農部落為例。國立暨南國際大學資訊管理學系碩士論文。
20. 彭俐菱(2013)。台灣工具機產業機械加工特質與精實變革。私立東海大學工業工程與經營資訊學系碩士論文。
21. 黃志遠(2012)。台中市工具機聚落之區位發展與競爭優勢。高雄師範大學地理學系碩士論文。
22. 黃詠鑫(2012)。區域網絡內影響產業彈性之關鍵因子—以中台灣工具機產業為例。私立逢甲大學科技管理碩士論文。

23. 黃慧華(2010)。以系統動態學方法模擬台灣大型薄膜電晶體液晶顯示器產業發展趨勢。私立逢甲大學商學研究所博士論文。
24. 葉清江(2004)。從交易成本觀點探討買方—賣方關係與競爭優勢之關聯性—台灣工具機產業之實證。國立交通大學經營管理學系博士論文。
25. 詹佩珊(2013)。以擴展論觀點探討筆記型電腦的演進。國立暨南國際大學資訊管理學系碩士論文。
26. 詹秋貴(2000)。我國主要武器系統發展的政策探討。國立交通大學經營管理研究所博士論文。
27. 劉子琦(2001)。「歷史時空與資本主義邏輯—台灣中部地區機械產業的發展與轉型」，私立東海大學社會學研究所博士論文。
28. 劉銘晃(2004)。臺灣中部地區工具機廠商競爭策略之分析—以高鋒公司為例，臺中健康暨管理學院經營管理研究所碩士論文。
29. 鄭宇芝(2009)。中科效應？台中機械工業地域動態價值鏈分析。國立臺灣師範大學地理學系碩士論文。
30. 蕭志同(2004)。台灣汽車產業發展：系統動態模式。國立交通大學管理科學系博士論文。
31. 簡獻政(2002)。台灣工具機產業協力網路移轉中國大陸之探討。私立東海大學工業工程學系碩士論文。
32. 羅文鍵(2010)。台灣動態隨機記憶體產業發展之系統動態學模型。私立東海大學經濟系碩士論文。

網站與新聞

1. 台中精機

<http://www.or.com.tw/>

2. 金豐機械

<http://www.chinfong.com.tw/chinese/>

3. 永進機械

http://www.ycmcnc.com/index_tw.php

4. 友嘉實業集團

<http://www.feeler.com/index.asp?WebVer=0>

5. 中華民國精密機械發展協會

<http://www.cmd.org.tw/>

6. 財團法人精密機械研究發展中心

http://www.pmc.org.tw/news_view.aspx?HNS_NO=4092

7. 台灣區工具機暨零組件工業同業公會

<http://www.mirl.itri.org.tw/>

8. 台灣區機器工業同業公會

<http://www.tami.org.tw/cindex.php>

9. 財團法人工具機發展基金會

<http://www.tmtf.org.tw/chinese/#>

10. 行政院主計處

<http://www.dgbas.gov.tw/mp.asp?mp=1>

11. 經濟部統計處

<http://www.moea.gov.tw/Mns/dos/home/Home.aspx>

12. 工研院

<https://www.itri.org.tw/chi/>

13. 兩岸服務貿易協定

<http://www.ecfa.org.tw/index.aspx>

14. 台北國際工具機展覽會

<http://cloud.taipeitradeshows.com.tw/2013/timtos/E-letter1/tw/index.htm>

15. 中華徵信所 工具機產業的下一步

<http://www.credit.com.tw/newweb/market/weekly/index.cfm?sn=125>

16. 機械業產值 2013 可望破兆

<http://tw.news.yahoo.com/%E6%A9%9F%E6%A2%B0%E6%A5%AD%E7%94%A2%E5%80%BC-2013%E5%8F%AF%E6%9C%9B%E7%A0%B4%E5%85%86-131211085.html>

17. 工具機 台灣下一個兆元產業

https://friap.moeasmea.gov.tw/news_detail.php?nid=913

18. 台灣工具機產值達 53.4 億 創歷史新高

http://www.tmba.org.tw/type3_show_detail.asp?1153,24,5,1

19. 中華徵信所 工具機產業的下一步 工具機產業鏈

<http://www.credit.com.tw/newweb/market/weekly/index.cfm?sn=125>

20. 行政院經濟建設委員會台灣經濟發展政策演進

<http://theme.cepd.gov.tw/tedp/>

21. 重點產業規劃範例與經驗分享(智慧製造-以工具機產業為例) 經濟部工業局

http://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.moeaidb.gov.tw%2Fexternal%2Fctlr%3FPRO%3Dfilepath.DownloadFile%26f%3Dpolicy%26t%3Df%26id%3D3113&ei=Q_9gUs60BsOIIAW23IH4Cg&usg=AFQjCNHdtqLxii00AszXsqkoJzHMidkkgA