

國立交通大學  
工業工程與管理學系

碩士論文

台灣兩大晶圓代工廠之競爭關係分析  
**An Analysis of Competitive Relationships  
between two Taiwan Foundry Companies**

研究生：沈鳳如

指導教授：巫木誠 博士

中華民國一百零六年四月

台灣兩大晶圓代工廠之競爭關係分析

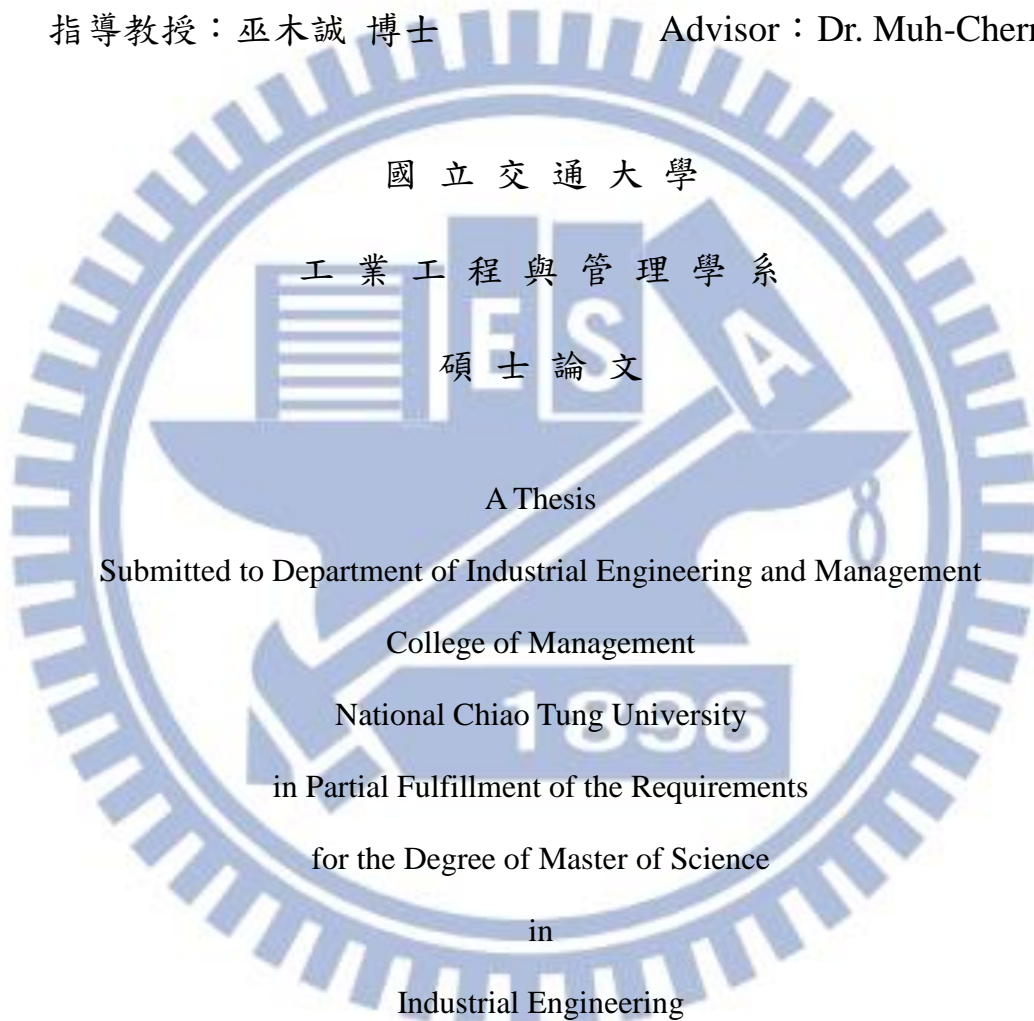
**An Analysis of Competitive Relationships between  
two Taiwan Foundry Companies**

研究生：沈鳳如

Student : Feng-Ru Shen

指導教授：巫木誠 博士

Advisor : Dr. Muh-Cherng Wu



國立交通大學

工業工程與管理學系

碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

in

Industrial Engineering

January 2017

Hsin-chu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零六年四月

# 台灣兩大晶圓代工廠之競爭關係分析

研究生：沈鳳如

指導教授：巫木誠 博士

國立交通大學工業工程與管理研究所

## 中文摘要

本研究旨在應用 Lotka-Volterra 模型找出台灣兩大晶圓代工公司的互動關係，此議題過去雖已有學者研究，本研究特色是將營收數據先透過 Hodrick–Prescott filter，濾除景氣波動信號，以營收的趨勢信號當成 Lotka-Volterra 模型的輸入，再進行互動關係分析。實驗結果顯示，本研究以濾波後的趨勢信號當輸入，與過去研究以原始營收數據為輸入相比，預測能力顯著較佳。本研究進而以濾波後模型分析兩晶圓代工廠（X-公司 vs Y-公司）的互動關係。實驗結果有三發現，第一、X-公司和 Y-公司都會自我成長，此意指晶圓代工是成長產業。第二、領導廠商 X-公司（約市佔率 60%）的內部競爭會帶來營收增加，此意指 X-公司的關鍵客戶是頂級 IC 設計公司，這些公司的競爭本質是創新競爭，創新造成需求增加，因此 X-公司營收會增加。Y-公司（約市佔率 10%）的內部競爭會帶來營收減少，此意指 Y-公司的關鍵客戶是中級 IC 設計公司，這些公司的競爭本質是價格競爭，此等競爭會造成價格下跌，因此 Y-公司營收會減少。第三、兩公司的競爭關係是 Y-公司獵捕 X-公司，此意指隨著產品的成熟，客戶為了降低成本會將訂單從 X-公司轉向 Y-公司。

關鍵字：晶圓代工、公司競爭分析、Lotka-Volterra 模型、Hodrick–Prescott filter

# An Analysis of Competitive Relationships between two Taiwan Foundry Companies

Student : Feng-Ru Shen

Advisor : Dr. Muh-Cherng Wu

**Department of Industrial Engineering and Management  
National Chiao Tung University**

## Abstract

This research attempts to use the Lotka-Volterra model to analyze the interaction relationships between two semiconductor foundry companies in Taiwan. Prior studies used raw revenue data as input to the Lotka-Volterra model. This research is unique in proposing to take the *filtered revenue data* as input to the Lotka-Volterra model. The filtered revenue data denotes the signal obtained by removing the cyclic signal from the raw revenue data. Experiment results reveal that the proposed approach significantly outperforms the prior approach in terms of forecasting accuracy. The proposed approach is used to investigate the interaction relationship between the foundry companies, which yields the following findings. First, the two companies (X-company and Y-company) are both self-growing, which implies that semiconductor foundry is a growing industry. Second, the internal interactions among X-company's customers have a positive impact to X-company, due to innovation competition among its customers. The internal interactions among Y-company's customers have a negative impact to X-company, due to cost competition among its customers. Third, mature products shall migrate from X-company to Y-company due to the driven of cost competition.

Keyword: Semiconductor Foundry, Lotka-Volterra Model, Hodrick–Prescott filter

## 誌謝

本論文可以順利完成，首先要感謝我的指導教授巫木誠老師的用心指導與提攜，在我遇到困難時總會給我幫助，也會適時給我鼓勵，告訴我不用緊張，此外，老師也常常告訴我們一些道理，做人要誠信、正派、守紀律、要好相處，兩年的時間，老師不僅傳授專業知識給予我們，同時也教導我們許多事情讓我常銘記於心。

在研究所求學兩年期間，非常感謝我的實驗室夥伴們陳威呈、吳維哲、張閔淳、李孟蓉彼此互相扶持、幫忙，一起歡笑、一起打鬧、一起度過艱難的時期，此外，尤其要特別感謝我的好朋友黃淑君，在我研究所的期間陪我聊天、陪我哭、陪我笑、陪我度過各種艱難，接著感謝其他研究室的同學們，讓我在研究所期間的生活多了許許多多的色彩，也讓我知道原來研究所也可以跟大學一樣擁有熱血的心。感謝交大系女排的學妹們，在每次的練球時段總是充滿歡樂，可以紓解我課業上的壓力，讓我繼續享受打排球的樂趣。

最後要特別感謝我最親愛的家人，感謝爸爸沈榮新先生、媽媽吳麗香女士，努力辛勤的賺錢把我拉拔長大，並且支持我所做的任何決定，讓我沒有後顧之憂的可以做我想做的事。感謝我的男朋友林宗翰，分擔我在撰寫論文時的壓力，提供我解決問題的方法，並且在我遇到重大事情的時候仍有耐心的安慰我、陪伴我，給予我正面的想法。最後，在此謹以此論文獻給我最敬愛的家人、師長、朋友。

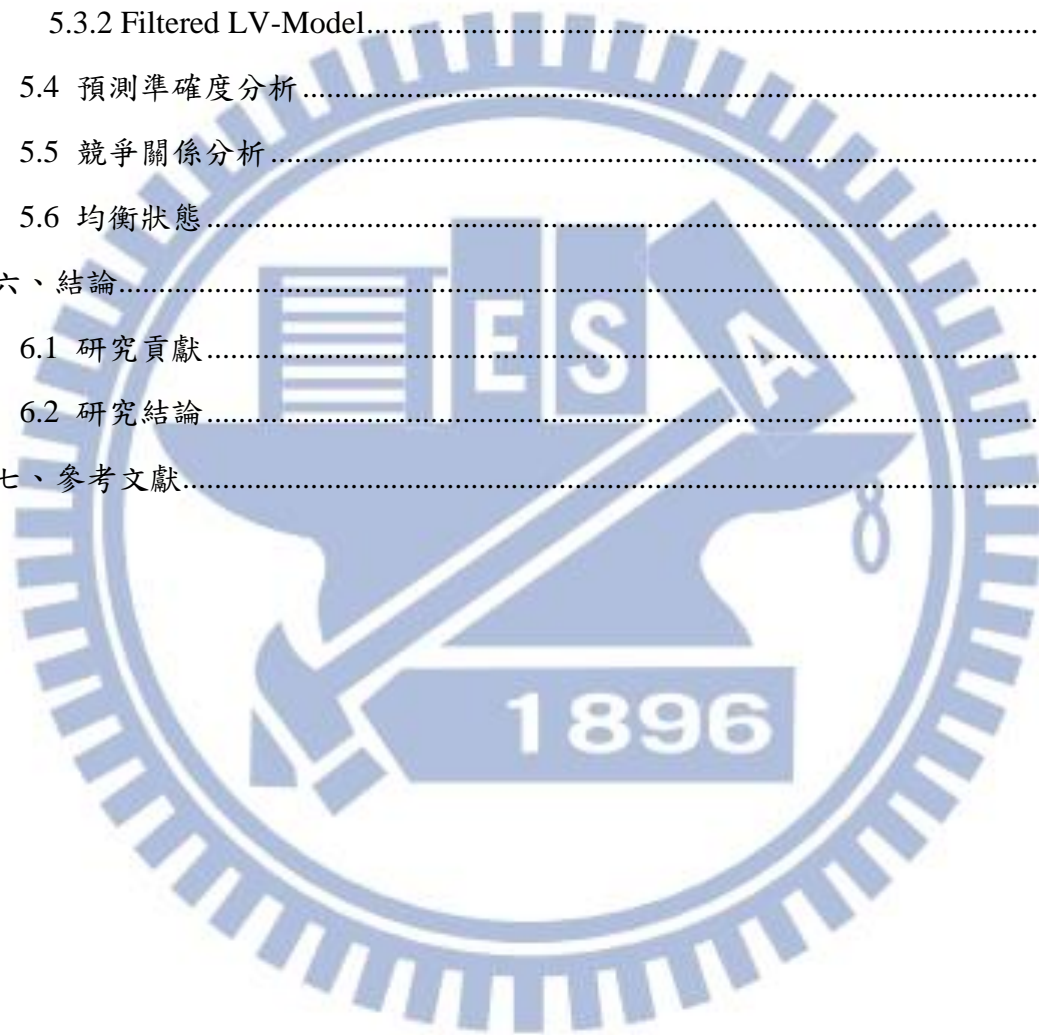
沈鳳如 于 新竹國立交通大學

2017/06/14

## 目錄

中文摘要.....	i
Abstract.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
一、緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 章節安排.....	3
二、台灣半導體分析.....	4
2.1 台灣半導體產業發展.....	4
2.2 晶圓代工介紹.....	5
三、文獻回顧.....	6
3.1 Lotka-Volterra 方程式.....	6
3.2 Lotka-Volterra Model 應用.....	6
3.3 台灣晶圓代工競爭分析.....	7
3.4 產業預測.....	8
四、研究方法.....	10
4.1 Basic LV-Model.....	10
4.2 Filtered LV-Model.....	10
4.2.1 步驟一 濾波.....	11
4.2.2 步驟二 趨勢信號預測.....	12
4.2.3 步驟三 季節信號預測.....	13
4.2.4 步驟四 各產業營收預測.....	14
4.3 預測準確度檢測.....	14

4.4 均衡點及穩定性.....	15
五、研究成果與分析.....	17
5.1 研究數據.....	17
5.2 營收分析.....	18
5.3 模型檢測.....	20
5.3.1 Basic LV-Model .....	20
5.3.2 Filtered LV-Model.....	21
5.4 預測準確度分析.....	22
5.5 競爭關係分析.....	24
5.6 均衡狀態.....	26
六、結論.....	28
6.1 研究貢獻.....	28
6.2 研究結論.....	28
七、參考文獻.....	30



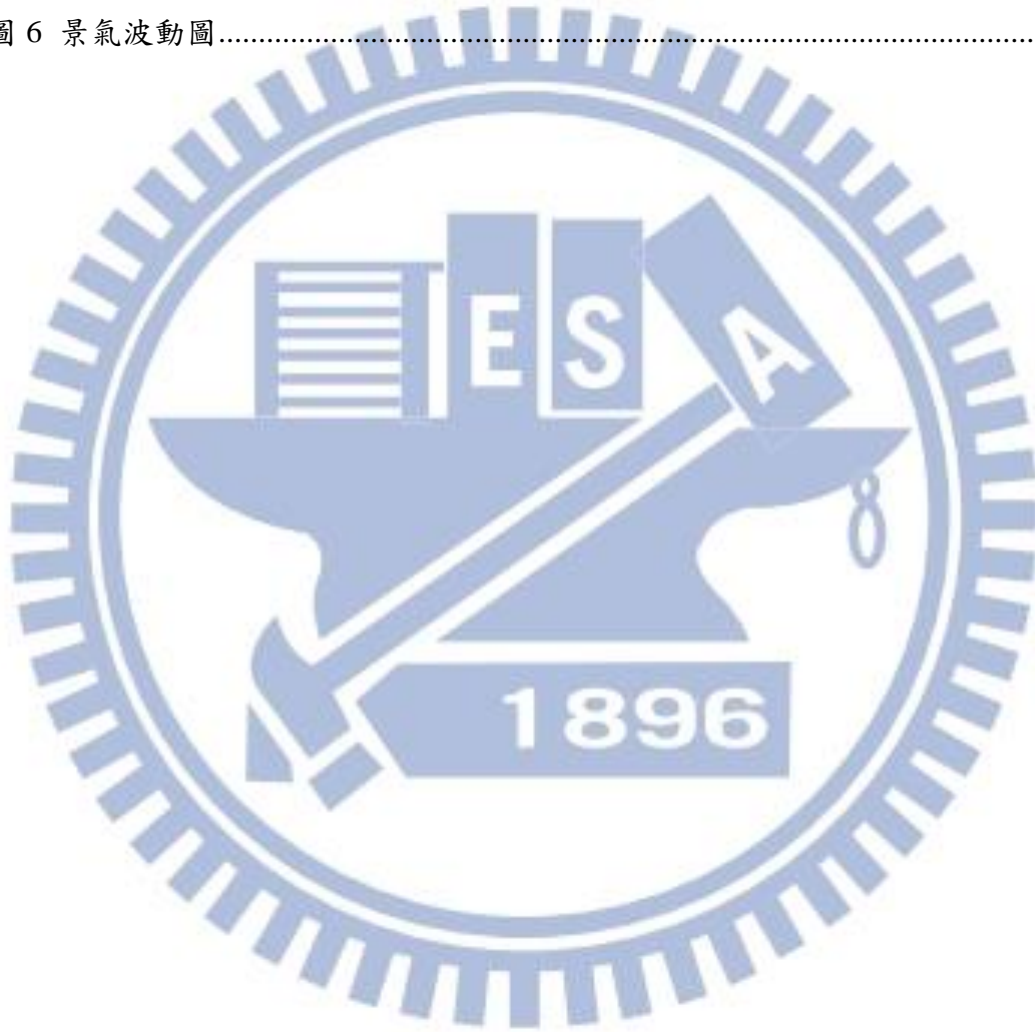
## 表目錄

表 1 預測準確度檢測表.....	15
表 2 均衡點說明表.....	16
表 3 研究數據表.....	17
表 4 Basic LV-Model 結果分析表 .....	20
表 5 Filtered LV-Model 結果分析表.....	21
表 6 趨勢信號預測結果表.....	22
表 7 Basic LV-Model 與 Filtered LV-Model 比較表 .....	23
表 8 產業生態分析參數表.....	24
表 9 參數 $a_i$ 分析表 .....	24
表 10 參數 $b_i$ 分析表 .....	25
表 11 競爭關係表.....	25
表 12 參數 $c_i$ 分析表 .....	26
表 13 兩公司可能之均衡點分析.....	27



## 圖目錄

圖 1 方法一流程圖.....	10
圖 2 方法二流程圖.....	11
圖 3 HP-filter 示意圖.....	12
圖 4 營收折線圖.....	18
圖 5 趨勢信號圖.....	19
圖 6 景氣波動圖.....	19



# 一、緒論

## 1.1 研究背景與動機

美國半導體產業於 1960 年代開始在亞洲尋找低成本製造的機會，希望將勞力密集、技術層次較低的封裝業交給東南亞開發中國家(吳思華和沈榮欽，民 88)。當時，台灣正面臨由農業經濟轉型為工業經濟的關鍵點，政府在 1962 年公布「技術合作條例」，期望能藉由本條例來吸引外國人提供專門技術，以生產國內所需或可供外銷之產品。因此，政府於 1966 年在高雄設置全球第一個「加工出口區」以擴張出口，這樣的政策事實吸引美商前來設廠，高雄電子就在當年成立，並進駐「加工出口區」從事晶片後段封裝，此後兩年內陸續有 24 家廠商在台灣設立(陳宗文，民 89)。而台灣半導體產業是由下游的晶片封裝測試開始發展，然後才逐漸回溯到製造與設計(吳思華與沈榮欽，民 88)，1970 年代之前先進的跨國企業在台設廠，基本上是為了台灣引進積體電路的封裝、測試與品管技術，而台灣第一家積體電路公司，同時也是台灣第一家半導體公司「聯華電子股份有限公司」於 1980 年創立，並於 1995 年放棄經營自有品牌，轉型為純專業晶圓代工廠；但同期，台灣第一個純晶圓代服務公司「台灣積體電路製造股份有限公司」於 1987 年成立，並在政府有計畫的輔導、推動、以及業界多年來的經營，奠定我國半導體產業的基礎、結構也非常完整。根據國際半導體產業協會(SEMI)公布最新全球半導體設備市場統計報告指出，2016 年第 3 季半導體設備出貨金額達 110 億美元(約新台幣 3,514 億元)，與第 2 季相較上升 5%，也較 2015 同期成長 14%。其中，台灣成就拿下全球半導體交易金額龍頭的位置，交易金額達到 34.6 億美元(約新台幣 1,105.5 億元)，約為全球交易金額的三分之一。

經濟部統計處以投資金額排序，投資金額以電子零組件業占近七成居首

位，主要投資來自晶圓代工業；其他行業依序為化學材料業、電腦電子及光學製品業、基本金屬業。其中，電子零組件業固定資產增購 1,951 億元最多，年增 25.4%，主因晶圓代工、記憶體、面板等業者持續擴充先進製程及建置自動化設備。

根據 IC Insights 的預估，自 2016 年到 2021 年的 5 年間晶圓代工市場將以 7.6% 的年複合增長率(CAGR) 成長。金額也將從 2016 年的 500 億美元，成長到 2021 年的 721 億美元。而就在 2016 年全球前十大晶圓代工廠的排行來觀察，台灣共有 4 家企業上榜，中國兩家，美國、南韓、以色列、德國各有 1 家上榜，於全球晶片需求龐大的市場裡，台灣晶片製造所占比例已超過 5 成，在這樣台灣代工所占的龐大比例下，想要探討台灣的晶圓代工廠彼此間存在著什麼樣的關係。

## 1.2 研究目的

在半導體產業基礎如此深厚之下，台灣的晶圓代工產業快速發展，不僅促進經濟成長，也伴隨著許多工作機會，並且在全球半導體產業扮演著很重要的角色，台灣晶圓代工占全球總量約 75%，因此，在晶圓製造部份台灣是有相當分量的，而我國位居第一的晶圓代工（簡稱為 X-公司），占全球總量約 60%；第二名（簡稱為 Y-公司），占全球總量約 10%，相較之下，X-公司在產量、營業額、技術方面都領先許多，但是，Y-公司卻較 X-公司早成立，成立初期兩間公司的營收大致相近，但是，兩大台灣晶圓代工廠發展至今，為何會營收會呈現這麼大的差距，彼此的競爭關係又是如何，未來該採取什麼樣的策略模式才能促進公司的成長，這是本篇論文所要探討的問題。本篇文章將使用兩公司的月營收資料，利用 Lotka-Volterra Model 來分析彼此的競爭關係。

### 1.3 章節安排

本文共分六章，第一章為緒論，介紹本研究背景與動機以及目的；第二章為台灣半導體產業的介紹與發展，以及晶圓代工的介紹；第三章為文獻回顧部份，主要整理半導體產業的發展歷程以及晶圓代工介紹，並且探討 Lotka-Volterra Model 之應用；第四章為研究方法介紹，Lotka-Volterra Model 的介紹，以及利用 Lotka-Volterra Model 分析競爭關係之方法，並且介紹預測準確度檢測，驗證模組的準確性；第五章為研究結果，分析研究成果與現況，分析未來產業狀況，並且提供較適當的策略；第六章則為結論以及建議。



## 二、台灣半導體分析

### 2.1 台灣半導體產業發展

台灣電子產業發展至今已將近四十年歷史，從 1970 年間政府全力主導半導體技術引進，以及早期推動 PC 組裝和周邊零組件標準化，衍生出完整電子產業生態鏈，在產業高度群聚效應推動下，已在全球電子產業站穩關鍵性地位。

- **外資企業主導時期 1960-1974**

此時期為出口導向，吸引美國廠商將電晶體的製造和在半導體製造流程中技術層次較低的下游封裝轉移到台灣，以利用廉價的勞動力賺取外匯，例如飛利浦、通用器材、德州儀器、日立及三洋電子設立封裝廠從事半導體元件封裝與測試，導致將半導體生產技術與管理引入台灣，造就日後台灣半導體產業發展。

- **國家介入：主導上游技術引進時期 1974-1979**

70 年代初期，台灣的出口市場受到很大的衝擊，石油危機也為當時台灣的產業發展帶來結構轉型的呼聲。台灣在此時決定在國家的主導下投入積體電路產業，於 1974 年在工業技術研究院成立「電子工業研究發展中心」(即日後的電子所)，將設計、光罩製造、晶圓處理及測試技術全盤引進，並且負責積體電路工業的推展。

- **國家主導與在地企業培植時期 1980-1989**

1980 年，在工研院電子所的主導下成立聯華電子公司(UMC)，其為國家與私人資本共同投資，並正式開啟台灣半導體產業新頁。聯華電子的性質為工研院電子所的衍生(spun-off)公司，是將國家研究機構將技術整廠移轉至民間部門的首例，也是促使民間使用積體電路技術的開始。為了解決政府主導的政策與民間企業能力之間的落差，政府決定再援用聯華電子公司的先例，由政府與民間共同投資，由電子所在 1987 年衍生成立台灣積體

電路製造公司(TSMC)，藉以提升民間的積體電路製造能力，並且為全球第一家專業晶圓代工廠，其設立代表了積體電路產業一種新分工型態的出現，在晶圓代工市場區隔的成功，也代表了台灣積體電路製造技術的生根。

- **在地企業自主時期：1990 至今**

經過十幾年培植在地半導體企業，1990 後有更多民間公司擴廠，同時也有許多新公司成立，台灣半導體產業至此已脫離國家主導的色彩。

台灣半導體產業的發展，反應了其從勞力密集轉變為資本密集、高科技的產業，其已從 60 年代外資主導的封裝，發展到現今完整的上（設計、光罩）、中（製造）、下游（封裝、測試）的在地企業。

## 2.2 晶圓代工介紹

半導體產業鏈上游為 IP 設計及 IC 設計業，中游為 IC 製造、晶圓製造、相關生產製程檢測設備、光罩、化學品等業，下游為 IC 封裝測試、相關生產製程檢測設備、零組件（如基板、導線架）、IC 模組、IC 通路等業。

晶圓製造廠必須負擔興建、營運晶圓廠的龐大成本，所以產生出專門從事半導體晶圓製造生產，接受其他無廠半導體公司委託製造，而不自己從事設計的公司，即為晶圓代工廠。IC 設計公司在產品設計完成後，委由專業晶圓代工廠或 IDM 廠（整合型半導體廠，從 IC 設計、製造、封裝、測試到最終銷售都一手包辦）製作成晶圓半成品，經由前段測試，再轉給專業封裝廠進行切割及封裝，最後由專業測試廠進行後段測試，測試後之成品則經由銷售管道售予系統廠商裝配生產成為系統產品。

垂直分工與產業群聚使得台灣 IC 產業擁有彈性且速度快、客製服務、低成本之競爭優勢，加上產能規模之擴大，目前台灣晶圓代工產值市占率全球排名第一。

### 三、文獻回顧

#### 3.1 Lotka-Volterra 方程式

Lotka-Volterra 方程式又稱為狩獵方程式，由兩個二元一次非線性微分方程所構成。大部分運用於生物系統中，掠食者與獵物進行互動時的一種動態描述，也就是兩族群規模的消長。Lotka (1925)於生態學領域裡，調查兩物種競爭與互利共生的關係，同時也是第一個使用邏輯方程式應用於狩獵關係的研究者。Volterra (1926)採用 Lotka 的模型應用於捕魚的實際數據上。於他們所提出的模型中，方程式如下：

$$\frac{dX(t)}{dt} = a_1X(t) - b_1X^2(t) - c_1XY(t) \quad (1)$$

$$\frac{dY(t)}{dt} = a_2Y(t) - b_2Y^2(t) - c_2YX(t) \quad (2)$$

其中， $X(t)$  與  $Y(t)$  代表兩物種於  $t$  時間的數量； $dX(t)/dt$  與  $dY(t)/dt$  代表兩物種隨時間增長； $X^2$  與  $Y^2$  代表同物種的內在競爭； $XY$  與  $YX$  則代表兩物種相互影響；此方程式中，還包含三個基本參數，參數  $a_i$  代表族群的自體成長；參數  $b_i$  則為限制族群成長的係數，亦代表為族群內的內在競爭關係；參數  $c_{ij}$  則表示兩個族群間彼此的互動關係，包含互利、競爭、完全競爭關係。

#### 3.2 Lotka-Volterra Model 應用

應用 Bass (1969)提出滲透模組 Bass Diffusion Model，主要在於找出市場動態變化的規律，可用於不同時期對新產品、新技術需求進行科學有效的預測。此外，有許多文獻在 Bass Diffusion Model 的基礎上作修正，Jain 和 Rao (1990)的研究中提出新的方法來描述市場複雜性，而且相信產品在滲透過程中會受到市場策略影響，Rao 和 Kalish (1981) 提出產品價格未來可能會影響市場的潛

力，Norton 和 Bass (1987) 提出一個描述不同世代產品的全新滲透模組，以上研究僅提出以 Bass Diffusion Model 為基礎的方法改善之文獻，絕大部分文獻中都假設市場為壟斷市場，因此，無法具體描述市場中不同族群間的互動關係。

Lotka-Volterra Model 早已用來運用在生態領域，Geijzendorffer et al. (2011) 將之運用於草地物種預測，此外，也運用於物種多樣性方面，Roques 和 Chekroun (2011) 探索了多個物種的競爭，並檢查混亂程度和滅絕的風險，不僅如此，也常被學者用來研究不同族群間的互動關係，Itoda et al. (2014) 運用 Lotka-Volterra Model 研究關於兩個族群間分析，描述台灣兩個科技園區間競爭關係的研究，Guidolin 和 Guseo (2015) 則考慮不同時間點進入市場時，新世代產品對於舊世代產品的互動及替代關係，並且加入顧客聲音因素作為影響參數，Wang 和 Wang (2015) 在原始的 Lotka Volterra Model 加入灰預測概念，提出一個全新的灰狩獵模組，研究智慧電視與傳統電視的競爭關係，以及智慧手機 ios 系統與 android 系統的競爭關係。

由先前文獻可發現，已有許多研究將 Lotka-Volterra Model 應用於產業中不同競爭者之間互動關係，但是，於此些文獻中大都針對不同產業探討彼此的競爭關係，因此，欲了解台灣晶圓代工公司間的競爭關係仍需做以下的探討。

### 3.3 台灣晶圓代工競爭分析

台灣晶圓代工分析的研究有許多，但是大多是針對質性的分析，蕭煥廷 (民 99) 以台灣半導體晶圓代工產業為主，透過半導體晶圓代工產業的競爭優勢與策略分析，並以質性研究方式做深入比較分析，此為單一公司比較的研究分析，不過仍有些研究為比較兩公司的分析，蘇郁雯 (民 99) 比較兩家同業廠商-台積電與聯電，來探討晶圓代工廠商的關鍵成功因素，而後，黃瑞鴻 (民 102) 提出系統性的企業競爭優勢分析架構，並以台積電及聯電為個案，進行研

究並且驗證分析架構的可靠度，進一步的探討台灣兩大晶圓代工廠的競爭優勢，由此可知，不僅有分析單一台灣晶圓代工廠的研究，還有比較分析兩家台灣晶圓代工的研究，不過，這些都沒有使用量化的比較。

張俊鴻（民 103）以 Lotka-Volterra 模型以台積電與聯電之每月營收驗證台積電以及聯電是否存在著競爭或合作的關係，使用量化研究分析台灣兩大晶圓代工之間的關係，不過，卻可以發現到，此篇研究雖使用兩公司的月營收，但卻沒有將營收裡受景氣影響的因子分離，因子，本研究將針對此部分進行研究分析。

### 3.4 產業預測

物種預測包含許多方法，此小節分析單一物種預測文獻，了解不同預測法對於單一物種所產生的結果。

Alon et al. (2001)研究美國總體零售銷售的預測，研究結果為當整體市場的經濟條件相對穩定時，Winters 指數平滑和 ARIMA 預測會有較好的結果表現。但是當環境的經濟變化較大時，類神經網路(Artificial Neural Network)則會有較好於數學線性的預測方法。Frank et al. (2003)提出通過使用單一季節指數平滑，利用 Winters 和類神經網路(ANNs)預測女裝服飾產業的銷售成長，研究結果指出，ANNs 在 R 平方有較好的表現，表示此模型與現實較符合，但是實際銷售和預測銷售之間的相關性不令人滿意。Chu 和 Zhang (2003)則利用不同的線性和非線性模型來預測零售產業營收成長，研究結果顯示，並非任何一個模型都能在所有情況下皆有最佳的預測表現。Zhang 和 Qi (2005)以及 Kuvulmaz et al. (2005)則分析零售產業時間序列的預測，並且具有強烈的趨勢和季節性，研究結果表示，若沒有適當的將數據作分析前處理（降序和過濾季節因子），ARIMA 可能優於 ANN。Aburto 和 Weber (2007)提出混合的預測模型，將 ARIMA 模組以及類神經網路兩種預測方式結合，用以預測智利超市的需求變

化。Au et al. (2008)使用類神經網路預測時尚零售產業。Wong 和 Guo (2010)提出混合的預測模型，包括 extreme learning machine 與 a harmony search algorithm 用以預測時尚零售產業供應鏈的中期銷售。Ramos et al. (2015)進行五個不同型態零售產業的銷售預測，並且得出重大結論為 ARIMA 在大多數情況下表現令人滿意。

總結以往預測文獻中，大多基於 Winters 指數平滑、ARIMA 模型以及類神經網路 ANNs 為基礎。然而，這些研究皆假設整個系統中只存在單一物種，並不考慮與其他物種之間的相互作用，但是在產業的分析研究中，分析不同物種間的互動關係極為重要，因為對於管理決策者而言，必須要了解彼此的互動關係才能採取適當的管理策略。

為了分析不同物種之間的互動關係，Hung et al. (2014)使用 Lotka Volterra Model 預測不同類型零售商之間的市場占有率。於研究中，使用預測的資料數為 12 個月市場佔有率的移動平均值，此外，使用移動平均數去除季節因素、使用市佔率數據是去除趨勢因素，之後將兩數據輸入 Lotka Volterra Model 中，進行預測比較。結果顯示，使用此輸入數據較原始數據解釋能力佳。但是，此研究的缺點在於只能預測物種的市佔率，不能用於預測其營收。

本研究針對預測研究不能單獨確定三種原因（趨勢、季節和競爭效應），提出新的預測架構，運用此新架構，可以從多重角度去分析零售產業收入增長或減少的原因，並且可以採取適當的競爭策略。

## 四、研究方法

本研究針對產業營收預測主要分為兩大方法，方法一為 Basic LV-Model，方法二為 Filtered LV-Model，為確認各方法的預測情況，再進行準確度檢測；以前研究僅使用營收資料進行分析，本研究特色為將營收數據資料分離成為趨勢信號以及季節信號，針對不同信號分別做預測能力分析。

### 4.1 Basic LV-Model

此方法為檢測新方法(Filtered LV-Model)之準確度，所以僅使用原始各產業月營收數據資料進行預測，對於數據不做任何改變，直接利用 LV-Model 進行預測營收，步驟如下圖 1 所示：

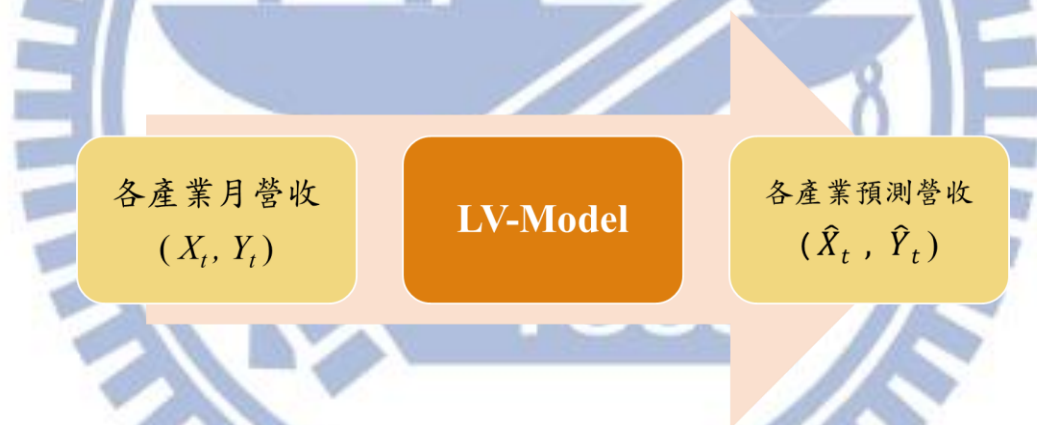


圖 1 方法一流程圖

### 4.2 Filtered LV-Model

使用各產業營收數據資料進行分析，Filtered LV-Model 研究方法的流程圖為圖 2。步驟一，濾波，利用 Hodrick–Prescott filter 將營收數據分離為兩組訊號，趨勢信號、季節信號，針對兩組不同信號將進行不同預測手法；步驟二，趨勢信號預測，使用 LV-Model 進行預測，其中，會利用數學模組的參數估計，來分析族群間的競爭關係，找出產業彼此的管理意涵；步驟三，季節信號預

測，使用簡單移動平均法進行預測；步驟四，各產業營收預測，合併步驟二與步驟三結果，最後，利用各產業營收預測來進行預測準確度檢測。

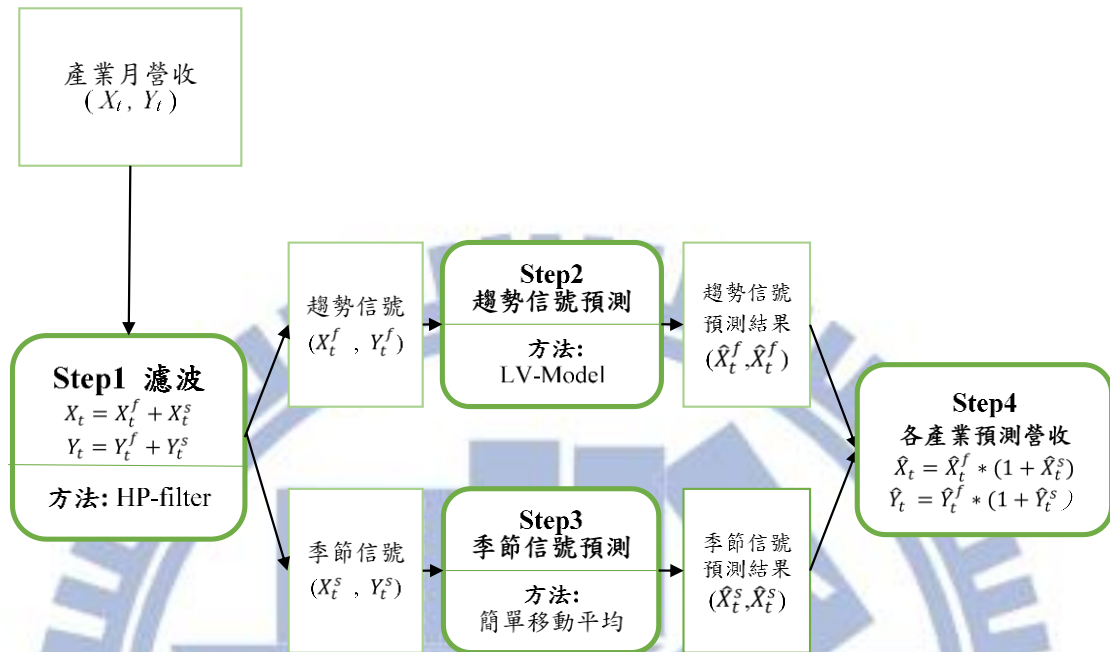


圖 2 方法二流程圖

#### 4.2.1 步驟一 濾波

##### 【Hodrick–Prescott filter】

概念為在  $r_t$  中分解出一個以極小化  $r_t$  圍繞  $g_t$  的變異數，為了避免波動過大，因此加入參數  $\lambda$  控制平滑程度， $\lambda$  越大  $g_t$  就越平滑。

$$g_t = \text{Min} \sum_{t=1}^T (r_t - g_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(g_{t+1} - g_t) - (g_t - g_{t-1})]^2 \quad (3)$$

Hodrick 和 Prescott (1997) 建議當數據為年資料時， $\lambda = 100$ ；為季資料時， $\lambda = 1600$ ；為月資料時， $\lambda = 14400$ 。

【示意圖】

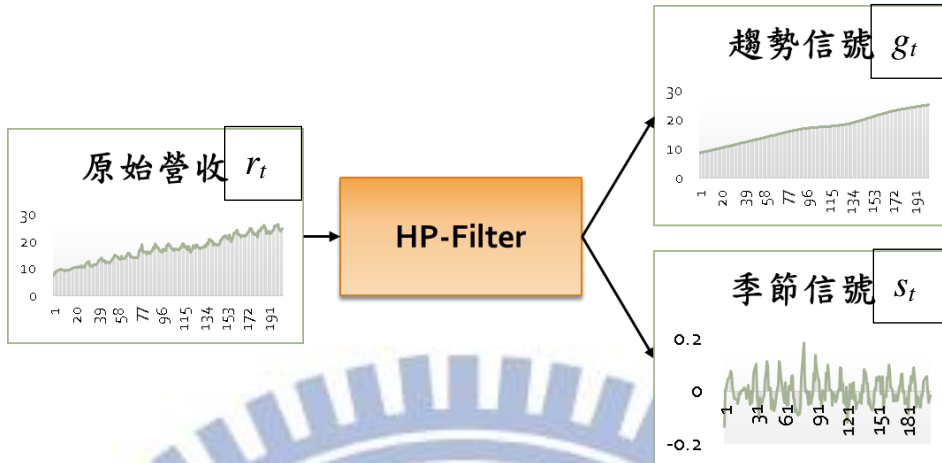


圖 3 HP-filter 示意圖

【變數設定】

本研究為方便辨認變數，所以在此將變數做更改，如下：

- 原始營收： $r_t = X_t, Y_t$
- 趨勢信號： $g_t = X_t^f, Y_t^f$
- 季節信號： $s_t = \frac{r_t - g_t}{g_t} = (X_t^s, Y_t^s)$

三種變數的關係為  $r_t = g_t * (1 + s_t)$ ，利用此種關係將趨勢信號轉換成百分比為本研究特色，再進行後續預測動作。

4.2.2 步驟二 趨勢信號預測

【Lotka-Volterra Model】

此模組表示為在同一環境或系統下，不同族群的競爭關係，用以下兩個不同方程式表示：

$$\frac{dX(t)}{dt} = a_1X(t) - b_1X^2(t) - c_1XY(t) \quad (4)$$

$$\frac{dY(t)}{dt} = a_2Y(t) - b_2Y^2(t) - c_2YX(t) \quad (5)$$

其中，X、Y 分別代表兩物種在時間點 t，在同一環境系統中的兩種不同競爭族群。在此將趨勢信號 ( $X_t^f, Y_t^f$ ) 帶入方程組利用最小平方法進行計算，所得預測結果為( $\hat{X}_t^f, \hat{Y}_t^f$ )。

#### 4.2.3 步驟三 季節信號預測

##### 【簡單移動平均法】

指將過去各數據之和除以數據總點數，求得算術平均數即為預測值。此預測方法簡單，當預測對象變化較小而且沒有明顯趨勢時，可使用此法進行預測，計算式如下：

$$S_k = \{ t \mid \text{mod}(t, 12) = k \} \rightarrow \hat{X}_k^s = \sum_{t \in S_k} X_t^s / \| S_k \| \quad (6)$$

##### 【釋例】

Example 1 預測晶圓代工產業 X 公司第五年的一月季節信號  $\hat{X}_{49}^s$

使用 X 公司季節信號  $X_t^s (t=1, \dots, n)$  帶入計算式，可得到所有 t 除以 12 餘數為 1 的集合為 k，此時  $S_k = \{ t \mid 1, 13, 25, 37 \}$ ，再將  $\hat{X}_1^s, \hat{X}_{13}^s, \hat{X}_{25}^s, \hat{X}_{37}^s$  加總除以  $S_k$  的個數，即為  $\hat{X}_{49}^s$

Example 2 預測晶圓代工產業 Y 公司第五年的一月季節信號  $\hat{Y}_{49}^s$

使用 Y 公司季節信號  $Y_t^s (t=1, \dots, n)$  帶入計算式，可得到所有 t 除以 12 餘數為 1 的集合為 k，此時  $S_k = \{ t \mid 1, 13, 25, 37 \}$ ，再將  $\hat{Y}_1^s, \hat{Y}_{13}^s, \hat{Y}_{25}^s, \hat{Y}_{37}^s$  加總除以  $S_k$  的個數，即為  $\hat{Y}_{49}^s$

#### 4.2.4 步驟四 各產業營收預測

將濾波後的趨勢信號以及季節信號合併為產業營收預測，即本研究探討之預測結果。計算方式為，產業預測營收  $(\hat{X}_t, \hat{Y}_t) =$  趨勢信號預測結果  $(\hat{X}_t^f, \hat{Y}_t^f) * (1 +$  季節信號預測結果  $(\hat{X}_t^s, \hat{Y}_t^s))$ ，數學計算式如下：

$$\hat{X}_t^f * (1 + \hat{X}_t^s) = \hat{X}_t$$

$$\hat{Y}_t^f * (1 + \hat{Y}_t^s) = \hat{Y}_t$$

#### 4.3 預測準確度檢測

為了解預測準確度，針對預測準確度的檢驗，利用 mean absolute percentage error (MAPE) 平均絕對誤差率作為判斷標準，以  $A_t$  為實際數據， $F_t$  為預測值， $n$  為預測期間的單位個數，公式如下：

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (7)$$

首先我們考慮四種不同情境，每情境依序增加 1 年（12 個月），不同情境的數據比例如下表 1。每組情境中，將收集到的數據資料分成兩組，一組為訓練資料，作為預測模組參數估計的觀察族群，一組為檢驗資料，作為用來驗證觀察訓練資料後，所產生的預測模組之預測準確度。使用數據為 1991 年至 2015 年，共 300 個月(25 年)的資料，在情境 1 中，使用 288 筆資料作為訓練資料，最後 12 筆資料則被運用為檢驗資料，來驗證預測準確度；在情境 2 中，使用 276 筆資料作為訓練資料，最後 24 筆資料則被運用為檢驗資料，來驗證預測準確度；在情境 3 中，使用 264 筆資料作為訓練資料，最後 36 筆資料則被運用為檢驗資料，來驗證預測準確度；在情境 4 中，使用 252 筆資料作為訓練資料，最後 48 筆資料則被運用為檢驗資料，來驗證預測準確度。

表 1 預測準確度檢測表

情境	訓練資料 <b>n</b>	檢驗資料 <b>k</b>
<b>1</b>	288	12
<b>2</b>	276	24
<b>3</b>	264	36
<b>4</b>	252	48

#### 4.4 均衡點及穩定性

均衡狀態表示競爭的物種間彼此的數量不再變化，即為 Lotka-Volterra 方程式的變化量等於零，表示式如下：

$$\frac{dX(t)}{dt} = a_1X(t) - b_1X^2(t) - c_1XY(t) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{dY(t)}{dt} = a_2Y(t) - b_2Y^2(t) - c_2YX(t) = 0 \quad (9)$$

將上列方程式求解後，會得到四組可能的均衡點，說明如下表 2：

表 2 均衡點說明表

均衡點	計算式	說明
1	$(0, 0)$	兩競爭者均衡數量均為零，代表兩物種都會從環境中消失。
2	$(\frac{a_1}{b_1}, 0)$	在生存環境中，只有 X 物種會生存下來，Y 物種則會從環境中被淘汰。
3	$(0, \frac{a_2}{b_2})$	在生存環境中，只有 Y 物種會生存下來，X 物種則會從環境中被淘汰。
4	$(\frac{a_1b_2+a_2c_1}{b_1b_2-c_1c_2}, \frac{a_2b_1+a_1c_2}{b_1b_2-c_1c_2})$	在生存環境中，X 及 Y 兩物種會彼此生存且可維持一個不為零的數量。

在環境裡會發生的變化情形下，並不是全部的均衡點都可以表現出穩定的狀態，根據非線性自主系統判斷穩定性時，必須先判斷特徵值是否均為負值，才能得知此均衡點是否為穩定狀態。首先，必須計算 Jacobian 矩陣，才能找出特徵值，Jacobian 矩陣如下：

$$J_F = \begin{bmatrix} \frac{\partial Y_1}{\partial X_1} & \cdots & \frac{\partial Y_1}{\partial X_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Y_m}{\partial X_1} & \cdots & \frac{\partial Y_m}{\partial X_n} \end{bmatrix} \quad (10)$$

將本研究的方程組帶入 Jacobian 矩陣後如下：

$$\text{Jacobian} (X, Y) = \begin{bmatrix} a_1 - 2b_1X + c_1Y & c_1X \\ c_2Y & a_2 - 2b_2Y + c_2X \end{bmatrix} \quad (11)$$

將各均衡點之值帶入本研究的 Jacobian 矩陣後，找出所對應的特徵值  $\lambda_1$  及  $\lambda_2$ ，即可判斷此非線性系統的方向性，才能判斷哪些均衡點是足以表現出穩定的狀態。

## 五、研究成果與分析

### 5.1 研究數據

本研究使用台灣前兩大晶圓代工公司之月營收數據，採用 1991 年至 2015 年營收數據，共 25 年（300 個月），如下表 3，此為部分顯示數據。在此，將台灣第一大晶圓代工公司（全球市占率約為 60%）簡稱為 X-公司，台灣第二大晶圓代工公司（全球市占率約為 10%）簡稱為 Y-公司。

表 3 研究數據表

單位：新台幣億元

	X-公司	Y-公司
1	3.00	4.27
2	2.32	3.13
3	3.84	4.30
4	3.59	4.95
5	4.18	6.00
6	4.18	5.51
7	3.08	5.04
8	4.35	4.64
9	3.83	5.04
10	4.29	4.78
11	3.68	4.90
12	4.46	4.44
13	3.98	5.08
14	3.10	4.63
15	4.51	5.71
16	4.72	5.82
17	5.28	5.76
18	5.78	5.17
19	5.61	4.62
20	5.46	5.14

## 5.2 營收分析

進行兩者競爭關係分析前，為了解兩間公司的營收狀況，因此將原始營收數據進行比較，如下圖 4：



圖 4 營收折線圖

可以看到兩間公司於 1991 年起並無太大差異，但是約在 2003 年開始，營收卻有些微差距出現，而且差距逐年增加，漸漸地演變成現今的狀態，本研究欲瞭解發展至今為何會呈現這樣的營收差距，所以進一步分析原因是受到公司彼此間的變化關係還是受景氣的影響。因此，本研究使用 Hodrick–Prescott filter 將營收數據分離成季節信號與趨勢信號（如圖 5），在此，季節信號數據表達不清楚，因此將季節信號數據除以趨勢信號數據，即為景氣波動百分比（如圖 6），分析結果如下：

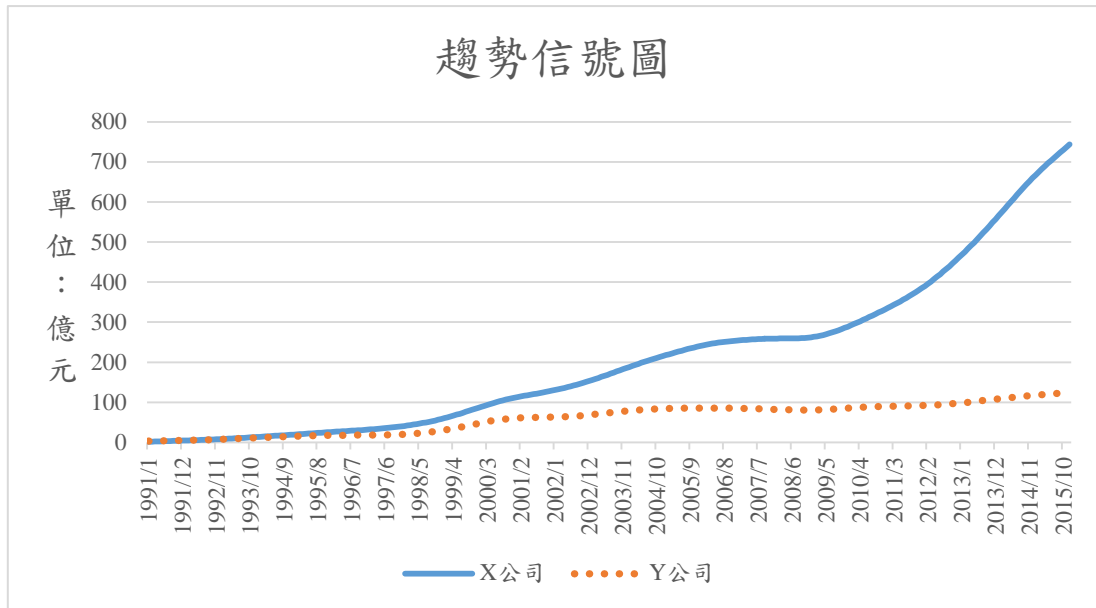


圖 5 趨勢信號圖

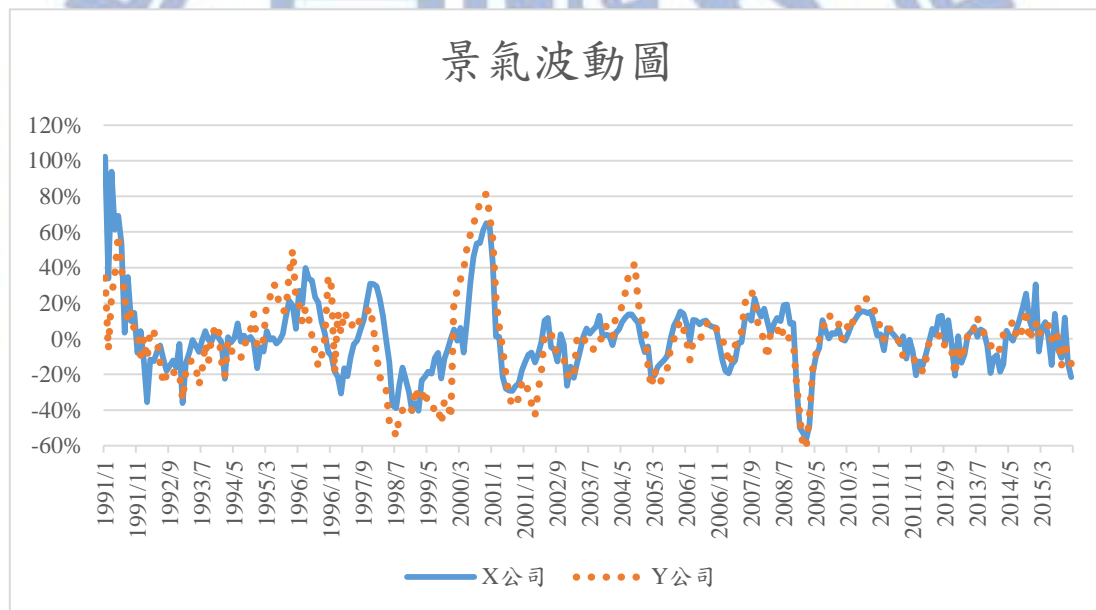


圖 6 景氣波動圖

由此可知，兩公司的營收差距並不在於景氣波動，因為兩者所受景氣影響的程度相當，所以可發現，兩者營收差距是公司的本身策略與發展以及兩公司的互動關係所導致的。此外，由上圖 6 可知，晶圓代工產業的季節信號並沒有明顯的季節性變化，因為沒有明顯地週期性出現，所以，季節信號預測的誤差可能會較趨勢信號高。

### 5.3 模型檢測

首先，分析預測資料前必須確認模型的正確性，即為 R-square 必須大於 0.8，表示此迴歸模型的自變項與依變項所形成的線性迴歸模型契合度高，但是 Adjusted R-square 可以減輕因樣本估計帶來的膨脹效果，所以在此必須判斷 Adjusted R-square 是否大於 0.8。

此外，必須要檢定此模型個別迴歸係數的顯著性，通常取 p-value < 0.05 即可表示有顯著，所以，必須要先檢定 Adjusted R-square 及 p-value 才能判定此模型的數據資料可以用來分析本研究之問題。在此，方程式內的 x 代表 X-公司的營收、y 代表 Y-公司的營收，以下的分析則由 x 及 y 表示。

#### 5.3.1 Basic LV-Model

使用 Basic LV-Model 方法，將兩公司的月營收資訊直接帶入 Lotka-Volterra 方程式所得結果如下表 4：

表 4 Basic LV-Model 結果分析表

方程式	參數	估計值	t 值	p-value	R 平方	調整 R 平方
x	a1	0.003387	0.06	0.952	0.9682	0.9679
	b1	0.00024	2.99	0.0031		
	c1	-0.00111	2.98	0.1901		
y	a2	0.078545	2.42	0.003	0.9767	0.9766
	b2	0.00094	-1.31	0.0161		
	c2	-0.00003	-0.66	0.5098		

由上表 4 可得知 Adjusted R-square 的部分，x 為 0.9679，y 為 0.9766，兩者均大於 0.8，表示此模型的契合度相當高；而 p-value 部分若大於 0.05，則表示在此迴歸模型中自變項無法有效地用來預測依變項，由表 4 可得知，參數 a1、c1、c2 均大於 0.05，所以表示這些參數在此方程式中沒有顯著差異，無法有效地用來預測依變項，因此無法使用這些參數進行後續分析。

### 5.3.2 Filtered LV-Model

使用 Filtered LV-Model 方法，將兩公司的月營收資訊先進行濾波，再將趨勢信號帶入 Lotka-Volterra 方程式後，所得結果如下表 5：

表 5 Filtered LV-Model 結果分析表

方程式	參數	估計值	t 值	p-value	R 平方	調整 R 平方
x	a1	0.04539	12.19	<0.0001	> 0.99995	> 0.99995
	b1	-0.00006	17.05	<0.0001		
	c1	0.0006	-9.88	<0.0001		
y	a2	0.039059	14.83	<0.0001	0.9999	0.9999
	b2	0.000602	9.56	<0.0001		
	c2	-0.00006	-13.24	<0.0001		

由上表 5 可得知 Adjusted R-square 的部分，x 為 1，y 為 0.9999，兩者均大於 0.8，表示此模型的契合度相當高；而 p-value 部分均小於 0.05，表示這些參數對於此方程式有顯著差異，在此迴歸模型中自變項能有效地用來預測依變項，所以 Filtered LV-Model 所得的參數值能做後續有效的分析。

## 5.4 預測準確度分析

以前的研究均使用原始數據，不將數據裡的季節信號以及趨勢信號濾波，為驗證本研究營收濾波後的預測準確度，首先進行趨勢信號 LV-Model 預測的準確度，檢測各情境的 MAPE 結果如下表 6：

表 6 趨勢信號預測結果表

情境	訓練資料	測試資料	產業模式	MAPE
1	288	12	X-公司	3.40%
			Y-公司	1.13%
2	276	24	X-公司	7.35%
			Y-公司	1.34%
3	264	36	X-公司	10.51%
			Y-公司	6.05%
4	252	48	X-公司	5.12%
			Y-公司	15.60%
平均			X-公司	6.59%
			Y-公司	6.03%

由上表 6 可知，四種情境兩公司的趨勢信號預測 MAPE 值平均約為 6%，表示預測能力準確。雖然情境三的 X-公司以及情境四的 Y-公司 MAPE 大於 10%，但大部分整體而言準確度還是相當高，因為預測越多數據相對地誤差就會變大，所以這樣的表現結果對於本研究而言是相當好的。

確認趨勢信號的準確度後，加上後續使用移動平均預測法的季節信號預測結果，即為本研究的研究方法(Filtered LV-Model)，為了驗證本研究所使用的方法較原本使用 Basic LV-Model 預測的結果較佳，因此進行兩方法的預測比較分析，結果如下表 7：

表 7 Basic LV-Model 與 Filtered LV-Model 比較表

情境	訓練資料	測試資料	產業模式	MAPE	
				Basic LV-Model	Filtered LV-Model
1	192	12	X-公司	16.69%	13.10%
			Y-公司	7.65%	8.64%
			平均	12.17%	10.87%
2	180	24	X-公司	45.47%	12.21%
			Y-公司	20.24%	7.35%
			平均	32.86%	9.78%
3	168	36	X-公司	66.14%	13.38%
			Y-公司	29.99%	9.40%
			平均	48.07%	11.39%
4	156	48	X-公司	93.20%	10.22%
			Y-公司	27.79%	17.06%
			平均	60.49%	13.64%
平均			X-公司	55.37%	9.78%
			Y-公司	21.42%	8.49%

由上表 7 可知，Basic LV-Model 與 Filtered LV-Model 預測準確度有明顯的差異，以 Basic LV-Model 來說，X-公司平均 MAPE 為 55.37%，Y-公司平均 MAPE 為 21.42%，表示 Basic LV-Model 預測準確度極差，無法作為未來營收預測；Filtered LV-Model 的 X-公司平均 MAPE 為 9.78%，Y-公司平均 MAPE 為 8.49%，雖然均大於 5%，但是仍在 10% 的範圍內，因為半導體產業預測本來就相對難，所以在這樣的情況下，仍可表示為預測準確度佳，所以相對於 Basic LV-Model 而言，Filtered LV-Model 的預測能力較佳。

## 5.5 競爭關係分析

使用台灣兩大晶圓代營收數據資料，利用 1991 年至 2015 年，共 300 個月 (25 年) 的數據資料，藉由 SAS 程式執行 Lotka-Volterra Model，運用最小平方法計算競爭模組參數，所得結果如下表 8；此外，晶圓代工廠的營收來自於客戶，而這些客戶所指為無廠半導體 IC 設計公司，但是 X-公司的關鍵客戶為頂級 IC 設計公司，Y-公司的關鍵客戶為中級 IC 設計公司，因此，分析時須結合客戶端的角度來進行晶圓代工廠的競爭關係。

表 8 產業生態分析參數表

公司	參數	估計值
X-公司	a1	0.04539
	b1	-0.00006
	c1	0.0006
Y-公司	a2	0.03906
	b2	0.000602
	c2	-0.00006

### 【參數 $a_i$ 】

表示物種自體成長關係，由下表 9 可知，兩家公司的估計值符號都為正符號，會帶來營收增加，因為晶圓代工技術也會升級，不然無法生產更高階的 IC，此部分可以看到 X-公司的自體成長值略高於 Y-公司，表示 X-公司的技術研發較 Y-公司好，而實際上也是如此，於晶圓代工產業技術仍是 X-公司較好。

表 9 參數  $a_i$  分析表

公司	估計值	符號	營收影響
X	0.04539	+	增加
Y	0.03906	+	增加

【參數  $b_i$ 】

表示物種自體競爭關係，由下表 10 可知，X-公司內在競爭會增加營收；Y-公司內在競爭會減少營收；此部分解釋為，X-公司的關鍵客戶為頂級 IC 設計公司，彼此之間的競爭為創新競爭，會造成新產品產生，所以導致內部競爭帶來營收增加的關係；Y-公司的關鍵各戶為中級 IC 設計公司，彼此之間的競爭為價格競爭，會造成價格越來越低廉，所以導致內部競爭帶來營收減少的關係。

表 10 參數  $b_i$  分析表

公司	估計值	符號	營收影響
X	-0.00006	-	增加
Y	0.000602	+	減少

【參數  $c_i$ 】

要分析兩物種的競爭關係  $c_i$  之值，首先要了解符號間代表的競爭關係，如下表 11，才能了解本研究所得的結果為何。

表 11 競爭關係表

$c_1$ 符號	$c_2$ 符號	競爭關係	描述
-	-	純競爭	競爭實力不相上下的物種間
+	-	掠食者與獵物	其中一物種實力較強大，足以將另一物種獵捕
-	+		
+	+	互惠	兩物種間為共生或雙贏的局面
+	0	共棲	一物種因另一物種的存在而獲利，但不影響宿主物種的生存
-	0	單方不利	一物種因另一物種的存在而受害，而前者發生的一切完全不受影響後者
0	0	中立	兩物種間彼此沒互動

表示兩物種互動關係，由下表 12 可知，X-公司競爭會減少營收；Y-公司競爭會增加營收；因此，本研究 X-公司與 Y-公司的競爭關係為 Y-公司捕食 X-公司。但由於營收是依據客戶關係，因為 X-公司的關鍵客戶為高階 IC 設計公司本質為創新競爭，所追求的為高良率、高生產速度，將先進技術產品會交付予 X-公司來生產，等到技術成熟後，卻演變成價格競爭，進而將產品訂單給予生產價格低的公司，導致 Y-公司捕捉 X-公司的訂單。所以，Y-公司獵捕高階晶圓代工公司其實是已經成熟的技術的訂單，但是獵捕係數不高，也就是所獲得的營收並不多。

表 12 參數  $c_i$  分析表

公司	估計值	符號	營收影響
X	0.0006	+	減少
Y	-0.00006	-	增加

## 5.6 均衡狀態

均衡狀態即為當兩物種競爭時數量不再產生變化時，就代表兩物種已達到平衡狀態，此稱為均衡狀態。要確認此生態系統是否達到均衡狀態，首先，必須求出在均衡狀態下可能的四種均衡點，再利用 Jacobian 矩陣找出特徵值，當兩特徵值的實數部分都為負數時，表示此非線性系統呈現穩定狀態，分析結果如下表 13：

表 13 兩公司可能之均衡點分析

均衡狀態	均衡點 (單位：億)	特徵值
$E1 = (0, 0)$	$(0, 0)$	$(0.045, 0.039)$
$E2 = (\frac{a_1}{b_1}, 0)$	$(-756.5, 0)$	$(-0.006, -0.045)$
$E3 = (0, \frac{a_2}{b_2})$	$(0, 64.88)$	$(0.006, -0.039)$
$E4 = (\frac{a_1b_2+a_2c_1}{b_1b_2-c_1c_2}, \frac{a_2b_1+a_1c_2}{b_1b_2-c_1c_2})$	$(-32411.5, -3165.5)$	$(0.093, -0.132)$

因此，由上表可知，特徵值的實數均為負值時，於均衡狀態 E2 時，而且均衡點為  $(-756.5, 0)$ ，表示晶圓代工產業 X-公司與 Y-公司未來的均衡狀態，即為當 X-公司營收為-765.5 億元且 Y-公司營收為 0 元時，但是，此分析結果不合理，因為營收不能為負值，這樣代表 X-公司呈現虧損的狀態，所以，本研究判定此均衡分析不合理，但並不表示此分析均衡狀態的方法錯誤，而是因為半導體產業的變化太大，未來的狀態是無法預測、也無法產生均衡，才會產生這樣不合理的均衡結果。

## 六、結論

### 6.1 研究貢獻

#### ◇ 描述

以往研究僅能針對產業進行預測分析，本研究使用 Lotka-Volterra Model 分析同產業不同公司的參數解釋(自體成長、內在競爭、獵捕關係)，藉此進行產業的互動分析。因此，可以針對本研究台灣兩大晶圓代工公司的競爭關係進行探討，並且進行管理意涵分析，進而分析未來的策略規劃。

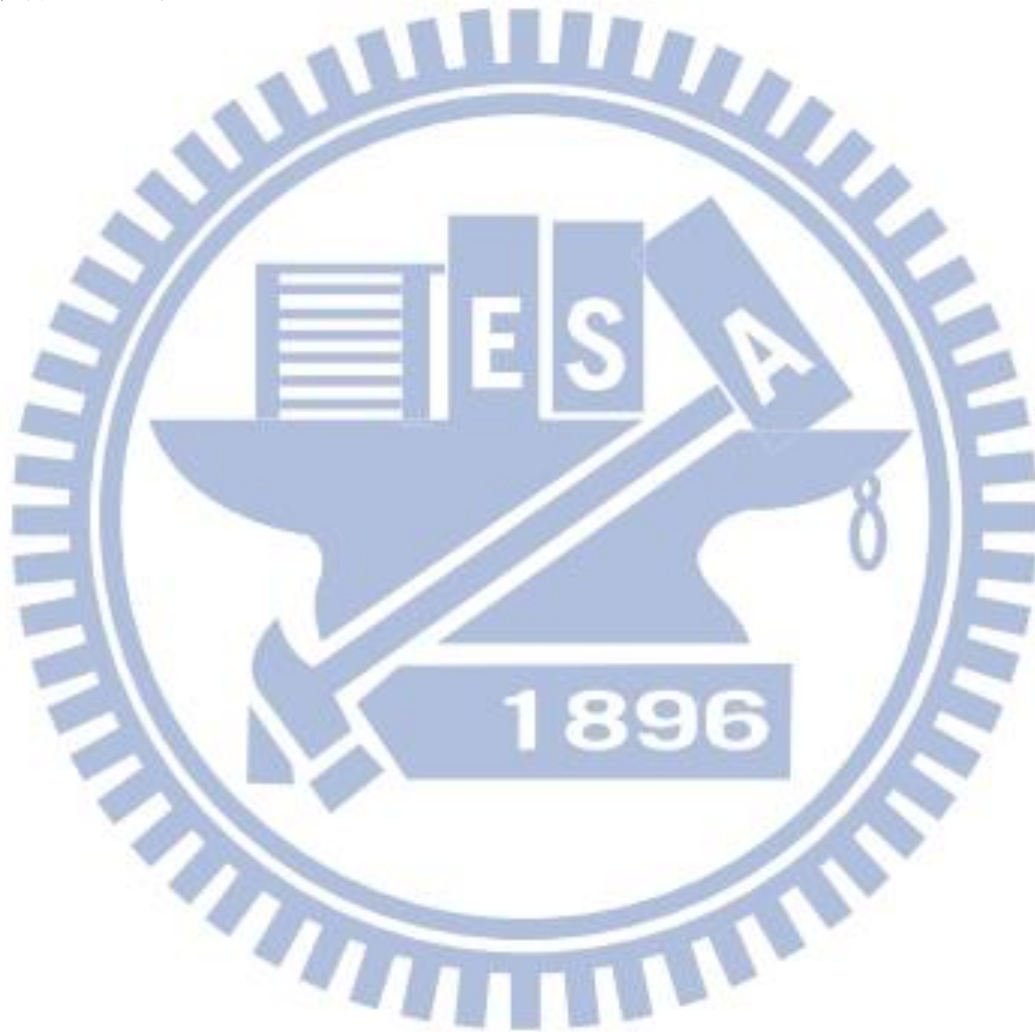
#### ◇ 預測

以往研究使用原始數據資料進行預測分析，並沒有將趨勢信號以及季節信號分離，本研究使用營收數據進行分析，發現 Filtered LV-Model 的預測能力優於 Basic LV-Model 的預測能力，表示使用營收數據即可進行預測，較以前使用市佔率數據花費時間較短，此外使用 HP-filter 分離趨勢、季節信號之預測能力效果也較佳。

### 6.2 研究結論

本研究使用 Lotka-Volterra 方程式針對台灣兩大晶圓代工公司進行營收預測分析以及互動關係分析。由預測分析得知，方法二將趨勢信號及季節信號分離後再做預測所得結果較方法一直接預測較佳，不過，由於半導體產業不確定性較大，因此也較難預測，所以不建議使用 Lotka-Volterra 方程式來預測半導體產業營收。此外，本研究最大發現為使用 Lotka-Volterra 方程式找到晶圓代工產業的互動關係，X-公司的營收來源是來自於頂級 IC 設計公司的競爭，因為頂級 IC 設計公司間的競爭為創新競爭，會導致 X-公司的營收增加，而且隨著產品的成熟，頂級 IC 設計公司會生產較新興的產品，而不生產較成熟的產品，因此會

導致營收減少，但是整體而言營收增加的速度仍大於減少的速度；Y-公司的營收來源是中級 IC 設計公司將較成熟頂級 IC 設計公司不生產的產品轉給 Y-公司生產，此外，中級 IC 設計公司間的競爭為價格競爭，會導致 Y-公司的營收減少；這樣的互動關係與實際狀況相符合。所以，使用 Lotka-Volterra 方程式不僅可以用來做預測分析，也能找到同產業的競爭關係，這樣的競爭關係是以前從未發現的結果。



## 七、參考文獻

### 中文文獻

吳思華、沈榮欽 (1999)，〈台灣積體電路產業得形成與發展〉，《管理資本在台灣》，台北。

陳宗文 (民 89)，臺灣和韓國半導體產業比較研究：以「社會資本」觀點論，碩士論文，國立政治大學社會學研究所，台北市。

工業技術研究院(2014，12月)，台灣電子產業回顧與展望

<https://www.itri.org.tw/chi/Content/NewsLetter/Contents.aspx?SiteID=1&MmmID=5000&MSid=621302513530161363>

國立科學工藝博物館(2009)，半導體業發展史，台灣工業文化資產網

<http://iht.nstm.gov.tw/form/index-1.asp?m=2&m1=3&m2=75&gp=21&id=2>

蕭煥廷 (民 99)，半導體晶圓代工競爭優勢個案分析—以 X 公司為例，碩士論文，國立中央大學管理學院高階主管企管碩士班，桃園市。

蘇郁雯 (民 99)，台灣晶圓代工產業競爭力分析—以台積電與聯電為例，碩士論文，國立交通大學管理學院碩士在職專班工業工程與管理組，新竹市。

黃瑞鴻 (民 102)，企業競爭優勢之研究--以台積電及聯電為例，碩士論文，國立中山大學企業管理學系研究所，高雄市。

張俊鴻 (民 103)，Lotka-Volterra 模型於台灣晶圓代工產業營收之應用分析，碩士論文，國立交通大學管理學院管理科學學程研究所，新竹市。

陳駿歲 (民 101)，產品競爭模式之研究-以台灣液化石油氣與液化天然氣銷售量為例，碩士論文，國立成功大學工業與資訊管理學系在職專班，台南市。

## 英文文獻

- Aburto, L., & Weber, R. (2007). Improved supply chain management based on hybrid demand forecasts. *Applied Soft Computing*, 7(1), 136-144.
- Alon, I., Qi, M., & Sadowski, R. J. (2001). Forecasting aggregate retail sales: a comparison of artificial neural networks and traditional methods. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 8(3), 147-156.
- Au, K. F., Choi, T. M., & Yu, Y. (2008). Fashion retail forecasting by evolutionary neural networks. *International Journal of Production Economics*, 114(2), 615-630.
- Bass, F. M. (1969). A new product growth for model consumer durables. *Management Science*, 15(5), 215-227.
- Chu, C. W., & Zhang, G. P. (2003). A comparative study of linear and nonlinear models for aggregate retail sales forecasting. *International Journal of production economics*, 86(3), 217-231.
- Frank, C., Garg, A., Sztandera, L., & Raheja, A. (2003). Forecasting women's apparel sales using mathematical modeling. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 15(2), 107-125.
- Guidolin, M. & Guseo, R. (2015). Technological change in the U.S. music industry: Within-product, cross-product and churn effects between competing blockbusters. *Technological Forecasting & Social Change*, 99, 35-46.
- Hodrick, R. J., Prescott, E.C. (1997). "Postwar US business cycles: An empirical investigation. *Journal of Money, Credit and Banking*, 29, 1-16.
- Hung, H. C., Tsai, Y. S., & Wu, M. C. (2014). A modified Lotka–Volterra model for competition forecasting in Taiwan's retail industry. *Computers & Industrial Engineering*, 77, 70-79.

- Itoga, H., Grace, T. R., Yang, F. C. H., & Joseph, Z. S. (2014). Dynamics of industrial cluster scenarios. *Revista de Cercetare si Interventie Sociala*, 47, 233.
- Jain, D. C., & Rao, R. C. (1990). Effect of price on the demand for durables: Modeling, estimation, and findings. *Journal of Business and Economic Statistics*, 8(2), 163-170.
- Kuvulmaz, J., Usanmaz, S., & Engin, S. N. (2005). Time-series forecasting by means of linear and nonlinear models. *MICAI 2005: Advances in Artificial Intelligence*, 504-513.
- Lilien, G. L., Rao, A. G., & Kalish, S. (1981). Bayesian estimation and control of detailing effort in a repeat purchase diffusion environment. *Management Science*, 27(5), 493-506.
- Lotka, A. J. (1925). *Elements of physical biology*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Norton, J. A., & Bass, F. M. (1987). A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products. *Management Science*, 33(9), 1069-1086.
- Ramos, P., Santos, N., & Rebelo, R. (2015). Performance of state space and ARIMA models for consumer retail sales forecasting. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 34, 151-163.
- Roques, L., & Chekroun, M. D. (2011). Probing chaos and biodiversity in a simple competition model. *Ecological Complexity*, 8(1), 98-104.
- Volterra, V. (1926). Fluctuations in the abundance of a species considered
- Wang, H. T & Wang, T. C. (2016). Application of the grey Lotka-Volterra model to forecast the diffusion and competition analysis of the TV and smartphone industries. *Technological Forecasting & Social Change*, 106, 37-44.
- Wong, W. K., & Guo, Z. X., (2010). A hybrid intelligent model for medium-term sales forecasting in fashion retail supply chains using extreme learning machine

and harmony search algorithm. *International Journal of Production Economics*, 128(2), 612-624.

Zhang, G. P., & Qi, M. (2005). Neural network forecasting for seasonal and trend time series. *European Journal of Operational Research*, 160(2), 501-514.

