

國立陽明交通大學

管理學院工業工程與管理學程

碩士論文

Degree Program of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Yang Ming Chiao Tung University

Master Thesis

考量動態關係下的營收預測

Revenue Forecasting Considering Dynamic Relationship

研究生：黃少穎(Huang, Shao-Yin)

指導教授：王志軒(Wang, Chih-Hsuan)

中華民國一一二年七月

July 2023

# 考量動態關係下的營收預測

## Revenue Forecasting Considering Dynamic Relationship

研究生：黃少穎

Student：Shao-Yin Huang

指導教授：王志軒

Advisor：Dr. Chih-Hsuan Wang



Submitted to Degree Program of Industrial Engineering and Management  
College of Management  
National Yang Ming Chiao Tung University  
in partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master of Science  
in  
Degree Program of Industrial Engineering and Management

July 2023  
Taiwan, Republic of China

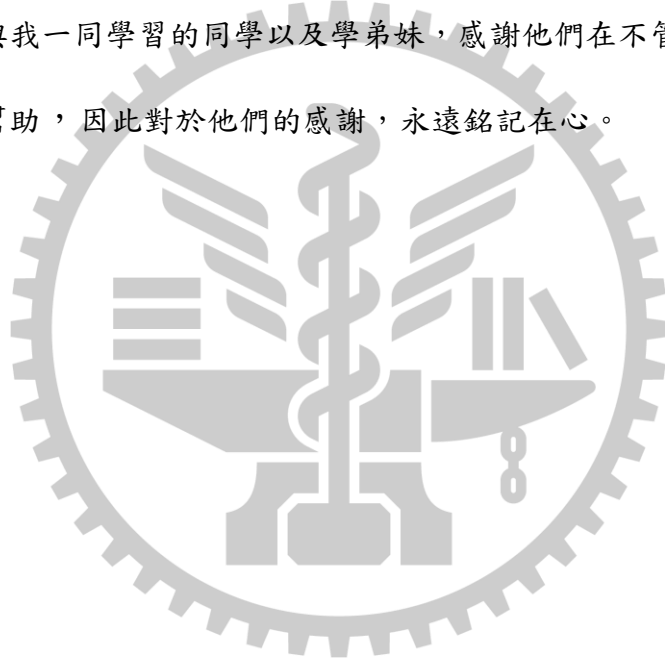
中華民國一一二年七月

## 誌謝

為了學習更多的知識，在就職幾年後決定報考陽明交通大學就讀工業工程與管理學系。

經過忙碌的日子終於要畢業了，首先我要真誠的感謝王志軒教授，感謝他不辭辛勞的幫助以及指導我，王教授為人和藹可親、平易近人，學識淵博、治學嚴謹。而正是王教授在百忙之中悉心的指導下，我的論文才能準時完成。

其次，我要感謝所有在陽明交通大學教過我的授課教授，感謝你們精彩認真的教學，讓我對於工業工程與管理的了解又更進一步的進入新的領域，我也感謝這幾年來與我一同學習的同學以及學弟妹，感謝他們在不管是學習還是工作上都給予我幫助，因此對於他們的感謝，永遠銘記在心。



# 考量動態關係下的營收預測

研究生：黃少穎

指導教授：王志軒

國立陽明交通大學管理學院工業工程與管理學程

## 中文摘要

便利商店和自行車在生活當中是不可或缺的，尤其便利商店更是它所帶來的便利性以及琳瑯滿目的商品以及多樣的服務大大的增加了人們的便利性，而自行車對於生活的便利更不在話下，本研究將以台灣本土銷售為主的便利商店業 7-11、Family Mart 與銷售全球的台灣自行車製造業 Giant、Merida 的營收作為研究對象，本研究分為兩個部分進行，第一部分為動態關係，以營收資料探討相同產業下的公司之間的動態關係，第二部分為營收預測，利用歷史的營收進行預測與分析。

關鍵字：營收預測、動態關係、便利商店業、自行車製造業、三次指數平滑法

# Revenue Forecasting Considering Dynamic Relationship

Student : Shao-Yin Huang

Advisor : Dr. Chih-Hsuan Wang

Degree Program of Industrial Engineering and

Management College of Management

National Yang Ming Chiao Tung University

## 英文摘要

Convenience stores and bicycles are indispensable in life, especially convenience stores, which bring convenience and a wide variety of products and services greatly increase people's convenience, and bicycles are even more convenient to life, this study will be based on the sales of Taiwan's local sales of convenience stores, 7-11, Family Mart, and sales of global Taiwan bicycle manufacturing industry as the subject of the study. This study is divided into two parts: the first part is dynamic relationship, which uses revenue data to explore the dynamic relationship between companies in the same industry, and the second part is revenue forecast, which utilizes historical revenue to make forecasts and analysis.

Keywords: Revenue Forecasting, Dynamic Relationships, Convenience Store

Industry, Bicycle Manufacturing, Holt-Winters

# 目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
目錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	vi
第一章、緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 便利商店業.....	1
1.1.2 自行車製造業.....	4
1.2 研究目的.....	5
1.3 產業背景.....	7
1.3.1 統一超商(7-11).....	7
1.3.2 全家超商(Family Mart).....	8
1.3.3 便利商店業營收比較.....	9
1.3.4 巨大(Giant).....	10
1.3.5 美利達(Merida).....	11
1.3.6 自行車製造業營收比較.....	12
1.4 論文架構.....	13
第二章、文獻探討.....	14
2.1 動態競爭相關文獻.....	14
2.2 營收預測相關文獻.....	15
2.3 文獻總結.....	17
第三章、研究方法.....	19
3.1 研究架構.....	21
3.2 研究模型.....	22
3.2.1 Lotka-Volterra Model, LVM.....	22
3.2.2 三次指數平滑法(Holt-Winters, HWS).....	24
3.2.3 向量自我回歸模型(Vector Autoregression Model, VAR).....	26

第四章、預期結果.....	27
4.1 動態關係.....	27
4.1.1 便利商店業動態關係(7-11、Family Mart).....	27
4.1.2 自行車製造業動態關係(Giant、Merida).....	28
4.2 營收預測結果.....	29
4.2.1 便利商店業營收預測結果(7-11、Family Mart).....	29
4.2.2 自行車製造業營收預測結果(Giant、Merida).....	31
第五章、結論與未來研究.....	33
5.1 研究結論.....	33
5.2 研究限制與未來研究.....	33
參考文獻.....	35
中文文獻.....	35
英文文獻.....	35



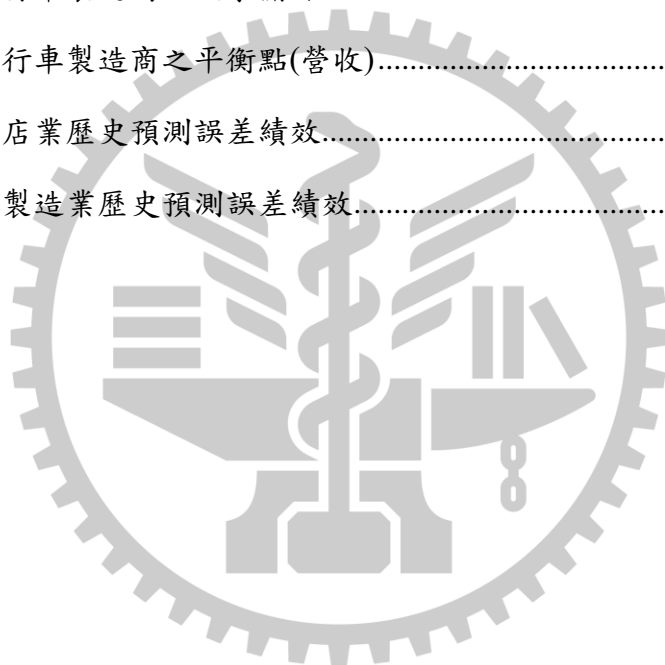
## 圖目錄

圖 1	綜合商品零售業年營業額(單位：千元).....	2
圖 2	各類綜合商品零售業年營業額(單位：千元).....	2
圖 3	便利商店業市佔率.....	3
圖 4	台灣自行車製造業產值統計(單位：億元).....	5
圖 5	7-11 每月營收(單位：千元).....	7
圖 6	Family Mart 每月營收(單位：千元).....	8
圖 7	便利商店業每月營收(單位：千元).....	9
圖 8	Giant 每月營收(單位：千元).....	10
圖 9	Merida 每月營收(單位：千元).....	11
圖 10	自行車製造業每月營收(單位：千元).....	12
圖 11	研究架構.....	21
圖 12	7-11 營收預測圖(單位：千元).....	30
圖 13	Family Mart 營收預測圖(單位：千元).....	30
圖 14	Giant 營收預測圖(單位：千元).....	31
圖 15	Merida 營收預測圖(單位：千元).....	32



## 表目錄

表 1	動態競爭相關文獻.....	14
表 2	營收預測相關文獻.....	15
表 3	研究貢獻比較表.....	17
表 4	Lotka-Volterra 動態競爭關係 .....	23
表 5	兩家便利商店之競爭關係.....	27
表 6	兩家便利商店之平衡點(營收).....	28
表 7	兩家自行車製造商之競爭關係.....	28
表 8	兩家自行車製造商之平衡點(營收).....	29
表 9	便利商店業歷史預測誤差績效.....	29
表 10	自行車製造業歷史預測誤差績效.....	31



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景

至 2020 年新冠病毒影響全球，除了人們生活型態的改變也造成許多產業遭受到嚴重打擊，由於生活型態的改變消費者的消費習慣也因此從出門購買漸漸轉為網路上訂購，因此需要倚靠人流的實體零售業也受到相當的影響。另一方面與人們息息相關的自行車產業在疫情爆發時，全球自行車產業也受到了相當程度的影響，但這種影響主要是在產品的生產與供應鏈方面，例如因為政府措施而停工，以及國際物流受到限制等。這些因素都導致了產品供應和交付時間的延遲或受到阻礙，但自行車市場的需求卻因為疫情而有所增長，由於許多國家實施了封鎖和限制措施，人們轉向步行和自行車代步，這導致了自行車需求的增長。此外，由於店面的關閉和限制，自行車產品的銷售也轉向線上銷售。因此，許多自行車品牌和零售商增加了其在線銷售渠道和市場投資。除此之外，疫情還使得一些城市的自行車租賃和共享市場有所增長，這是因為旅行限制和公共交通工具減少所導致的，本研究將對於台灣的便利商店業與自行車製造業研究探討，在台灣便利商店業以台灣內部的銷售為主要，而自行車製造業以全球銷售為主要，因此將便利業與自行車製造業作為研究對象，分別探討相同產業之間的動態關係。

### 1.1.1 便利商店業

零售業是指將各種不同種類的商品販售給消費者的行業，這些商品包括了生活用品、食品、衣物與家具等，因此對於消費者的購物需求會直接影響零售業的發展，此外零售業的分類根據不同的經營模式與商品種類可以分成百貨公司、超級市場、便利商店等行業。自 2020 年新冠病毒影響全球以來造成各種行業均受到不同程度的影響，綜合商品零售業亦在此嚴峻的環境挑戰之下，從消費、通路、物流等行為模式積極投入各項資源，並適時調整經營策略以提升其競爭力，以致其年營收未受疫情之衝擊得以穩定及逐步上升，圖 1 為 2010 年至 2022 年綜合商品零售業的年營業額。

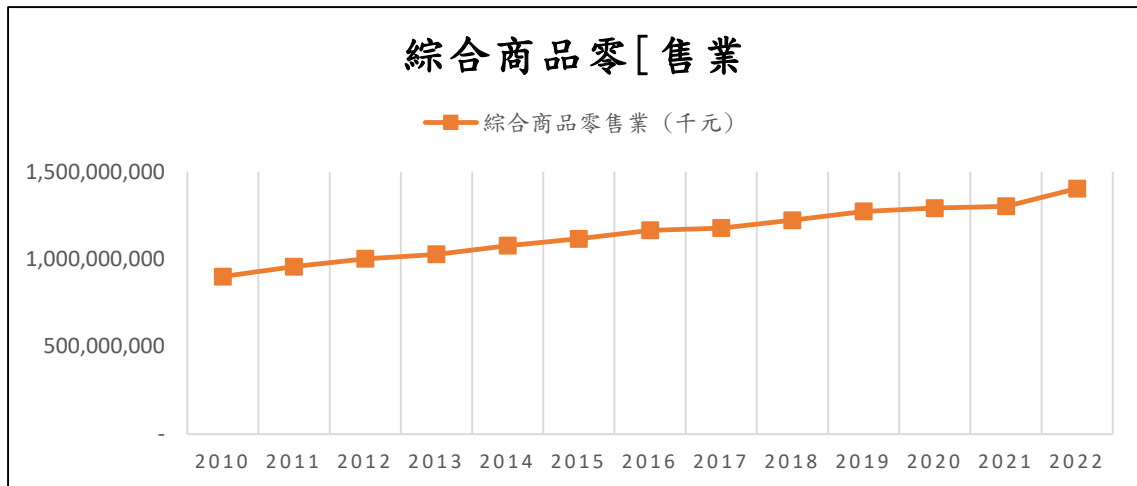


圖 1 綜合商品零售業年營業額(單位：千元)

資料來源：經濟部統計處

便利商店取代了早期的柑仔店，是目前生活上最密切的零售業，在台灣密度相當高，任何地方都可看到，由圖 2 各類綜合商品零售業年營業額比較圖中可以看出便利商店的年營收遠超於其他零售業，因此本研究將以便利商店作為研究對象。

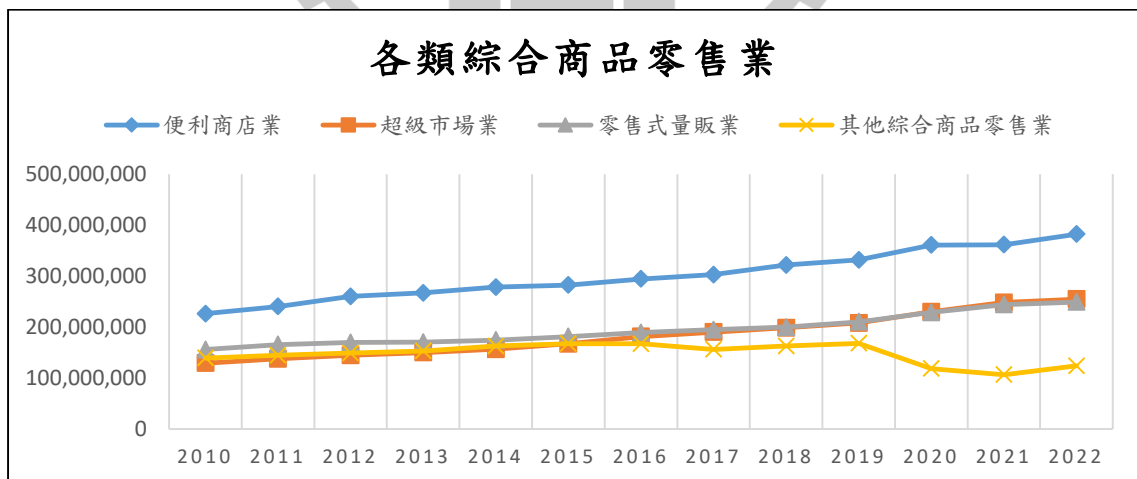


圖 2 各類綜合商品零售業年營業額(單位：千元)

資料來源：經濟部統計處

目前台灣便利商店業以四大家為主，分別是 7-11、Family Mart、萊爾富、OK 超商。「市場沒有飽和，只是重分配」此為流通教父徐重仁對於超商產業的註解。台灣超商實體門市突破 1.3 萬家，超商門市覆蓋率全球第二，各家超商無不極盡其全力各出奇招搶佔市占率，其中由 2021 市占率來看，7-11 佔比 46.5%、Family Mart 佔比 22.0%、萊爾富佔比 6.5%、OK 超商佔比 2.5%、其他超商合計佔 22.5%，本研究是以市佔率比較多的 7-11 與 Family Mart 為研究對象，應用月營收數據進行營收預測與競爭關係，圖 3 為便利商店業市佔率。

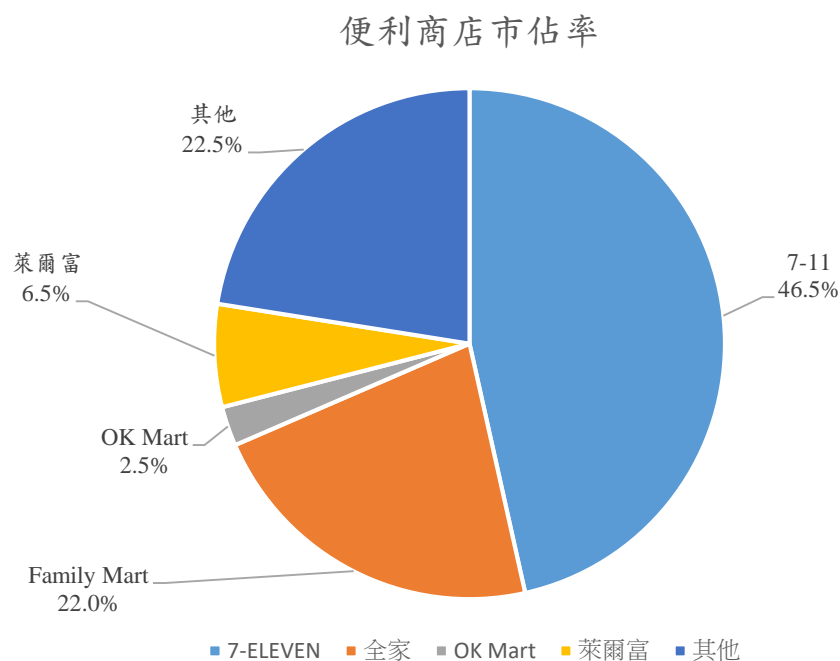


圖 3 便利商店業市佔率

資料來源：史塔克實驗室

### 1.1.2 自行車製造業

台灣素有「自行車王國」的美譽，在自有品牌及高質量產品的經營上，經過多年努力已有顯著的成果，每年為台灣賺進巨額的外匯，且藉由贊助國際車隊也打響全球的知名度，「捷安特（Giant）」、「美利達（Merida）」等品牌已經是世界上赫赫有名，其品質深獲國際肯定。自行車產業包括了自行車、電動自行車以及自行車零件製造。對於自行車產業趨勢分析，除了在 2013 年歐美地區冬季遭受到暴風雪侵襲，在 2016、2017 年共享單車的急速發展，以及 2020 年爆發 COVID-19 疫情，全球性封城效應導致營運衰退呈現負成長之外，其他則多呈現正成長趨勢。自 2021 年起，自行車業者訂單滿滿，日夜趕工，堪稱是在此疫情期間最大的受惠者，但在 2022 年 6 月之後，美國通貨膨脹高居不下，再加上俄烏戰爭等因素，訂單急轉直下呈現大幅度的下滑，造成庫存壓力。雖然自行車市場出現庫存過高的情況，但台灣自行車商在國內以生產高階自行車種與電動自行車為主，市場需求較高，因此 2022 年 1 月到 10 月的產值已超越 2021 年年產值，並且創下連續兩年產值創新高的紀錄。本研究以台灣兩大自行車公司 Giant 和 Merida 為研究對象，應用月營收數據進行營收預測與競爭關係，圖 4 為台灣自行車產業產值統計。

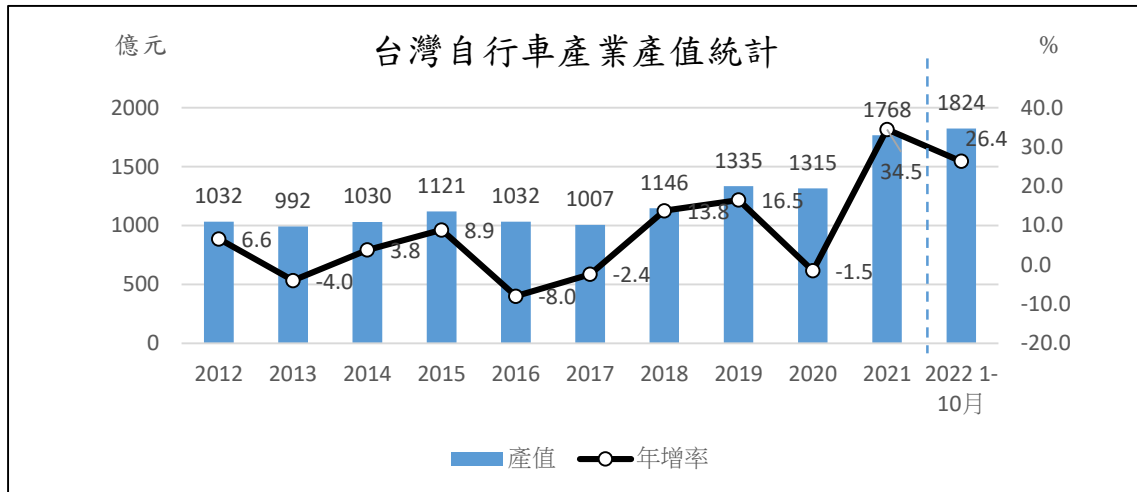


圖 4 台灣自行車產業產值統計(單位：億元)

資料來源：經濟部統計處

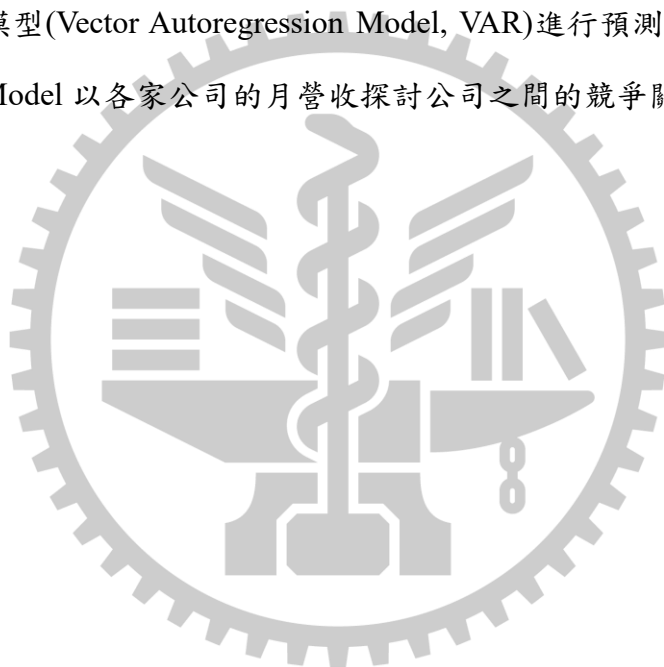
## 1.2 研究目的

新型冠狀病毒在人們的歷史上刻上了一道傷痕，這道傷痕改變人們的行為模式，也讓各個不同產業生態在這段期間內，有些遭受到嚴峻的衝擊，有些則是受益於消費行為的轉變。各超商也在疫情期間處於相互的競爭與經營策略不斷的蛻變，無一不是在滿足消費需求，提升其銷售業績。2023 年開始疫情逐漸趨緩進入後疫情時代，人們的生活型態及消費模式已經和疫情前有所不同，實體店面人潮業已逐漸回流，便利商店必須更熟悉顧客行為，更靈活善用其行銷工具，更完善其經營策略，將轉型與消費融為一體，以強化差異與快速應變來掌握未來商機。

另一方面，受惠於疫情期間的大量需求，自行車產能爆增供不應求。但在疫情緩解各國逐步解封，對於自行車的需求也逐漸下滑，主要發生中、低階車款，使得通路商積壓大量庫存，造成產業財務上不小的壓力，預估半年內此狀況仍會持續不樂觀，所以自行車要去化庫存，還有一段路要走。然而在電動自行車的產業趨勢上，主要是其續航里程遠高於傳統自行車，且可利用其電動輔助功能輕便省力的騎乘在爬坡路段或者是較崎嶇的地形，所以電動自行車的客群分布較傳統自行車為廣泛，也帶來提升銷售的成長空間。目前台灣的自行車主要銷售區域為

歐洲和北美地區。這是因為這些地區交通擁擠，環保議題受到重視，而且自行車具有通勤、旅行和戶外運動等應用需求，因此在產業整合和積極推廣的作用下，自行車的銷售未來將進入快速增長期。

綜觀上述，本研究將零售業中的便利商店業與自行車製造業分成兩個部分進行研究，分別以兩家便利商店 7-11 與 Family Mart 和兩家自行車製造商 Giant、Merida 的月營收作為研究的目標，透過公開資訊觀測站蒐集所需資料，研究從 1999 年 1 月至 2023 年 5 月之月營收資料，並根據月營收歷史資料並預測四家公司的營收與分析公司之間的競爭關係。透過三次指數平滑法(Holt-Winters, HWS)、向量自我迴歸模型(Vector Autoregression Model, VAR)進行預測與分析，並使用 Lotka-Volterra Model 以各家公司的月營收探討公司之間的競爭關係。



### 1.3 產業背景

#### 1.3.1 統一超商(7-11)

統一企業 1978 年從美國引進品牌，成立統一超商，引領臺灣便利商店邁向創新道路。統一超商的優勢就是在於能夠精準且有效地結合其集團資源，靈活運用『槓桿』手法整合其他零售業態，造就一次性滿足多種消費需求的優勢，讓超商的集客力量發揮到極致，周全地服務消費者的需求。圖 5 為 7-11 每月營收。

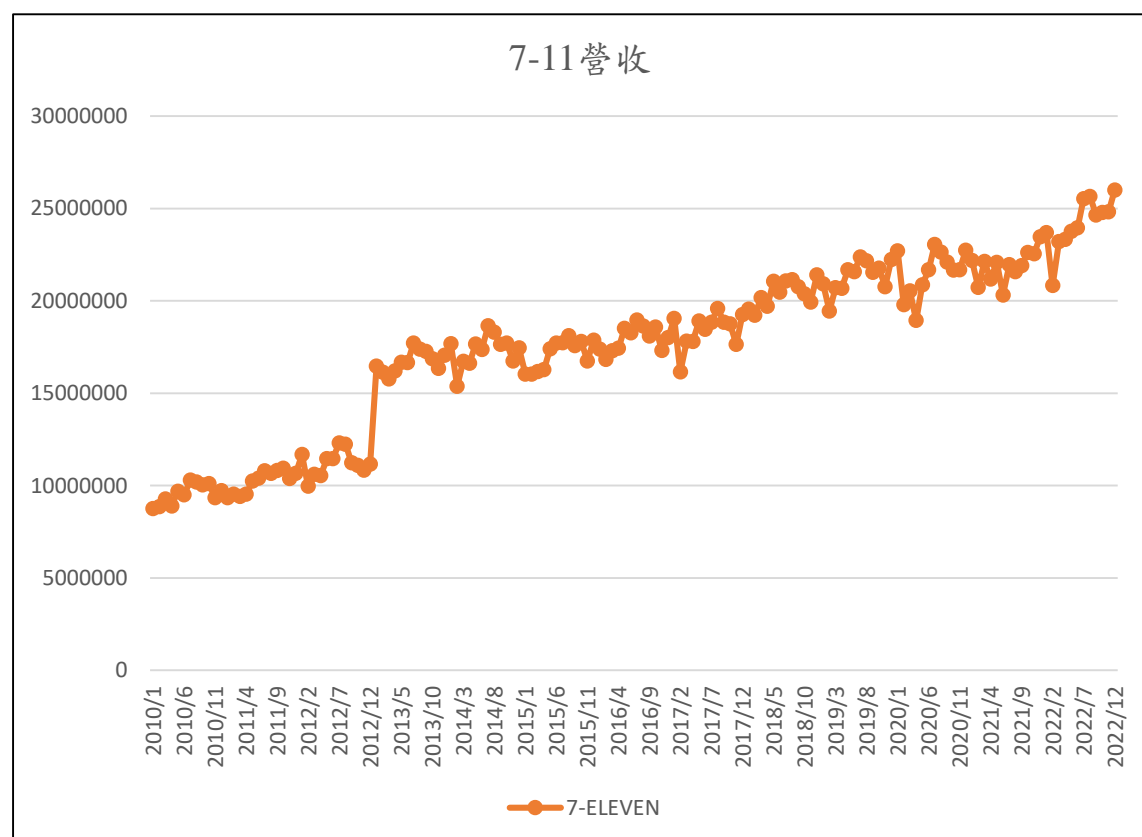


圖 5 7-11 每月營收(單位：千元)

資料來源：公開資訊觀測站、本研究整理



### 1.3.2 全家超商(Family Mart)

Family Mart 於 1988 年由日本引進台灣，從一開始就落後於統一超商，在追趕的過程中不斷調整經營策略，逐步的演進到走在地化及本土化，其響亮的口號 ”全家就是你家 / We are family”。 Family Mart 靈活運用其科技零售專業，並結合大數據，整合供應鏈，縮短消費與的生產距離。每年積極且穩定擴增店鋪，以進入商圈及空白區域為目標，縮短與消費群的距離；在選址方面也運用開店評核量表及商圈分析等各種系統輔助工具，力求精準選店，迅速達成營運目標。圖 6 為 Family Mart 每月營收。

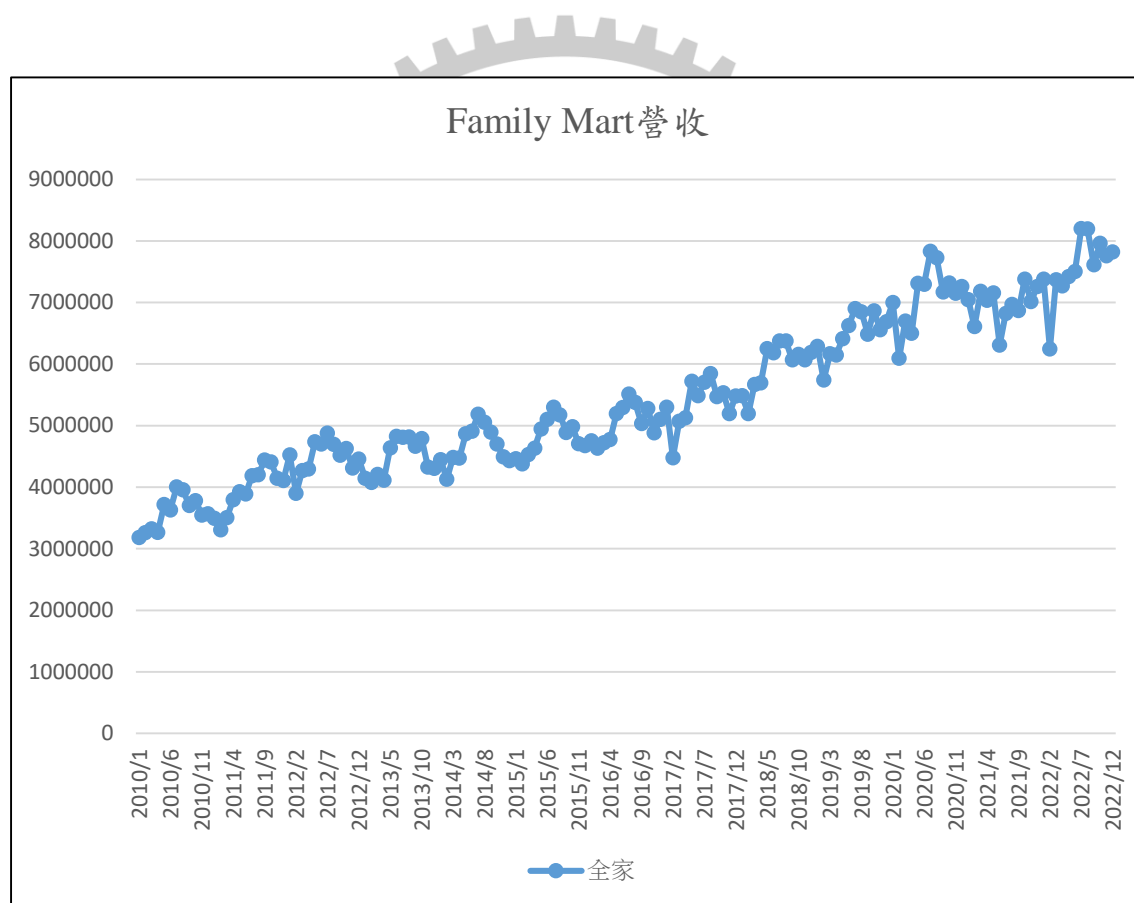


圖 6 Family Mart 每月營收(單位：千元)

資料來源：公開資訊觀測站、本研究整理

### 1.3.3 便利商店業營收比較

圖 7 為 7-11 與 Family Mart 月營收比較，由圖中可以看出 Family Mart 的成長較為平緩而圖 7 中 7-11 的上升幅度較為明顯。

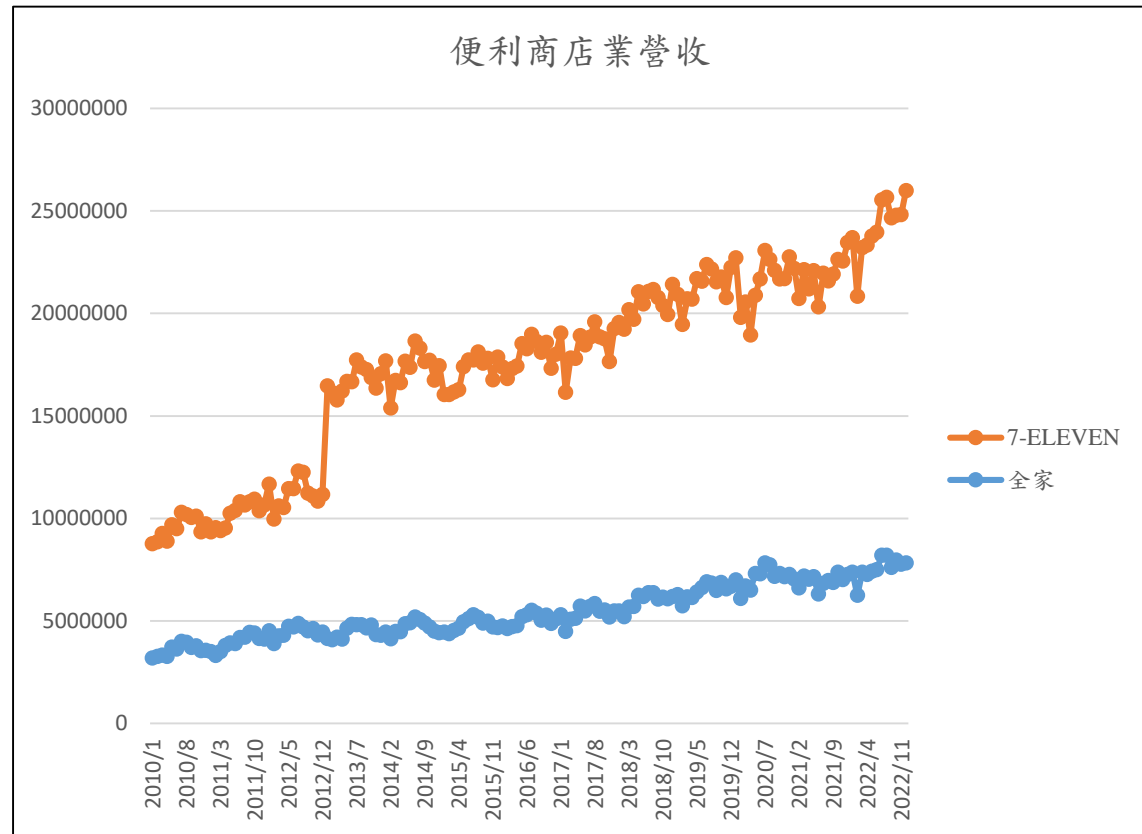


圖 7 便利商店業每月營收(單位：千元)

資料來源：公開資訊觀測站、本研究整理

### 1.3.4 巨大(Giant)

巨大於 1972 年成立，於 1981 年自創「捷安特」品牌，並進行品牌行銷與產品自我提升，朝差異化經營，拉開同業間的差距，至今在全球有許多的服務據點。在實施「運動行銷」策略上，將自行車原有的廣告效應結合運動行銷並贊助車隊，對建立品牌形象達到絕佳的效果，讓捷安特自行車之印象深植人心。圖 8 為 Giant 每月營收。

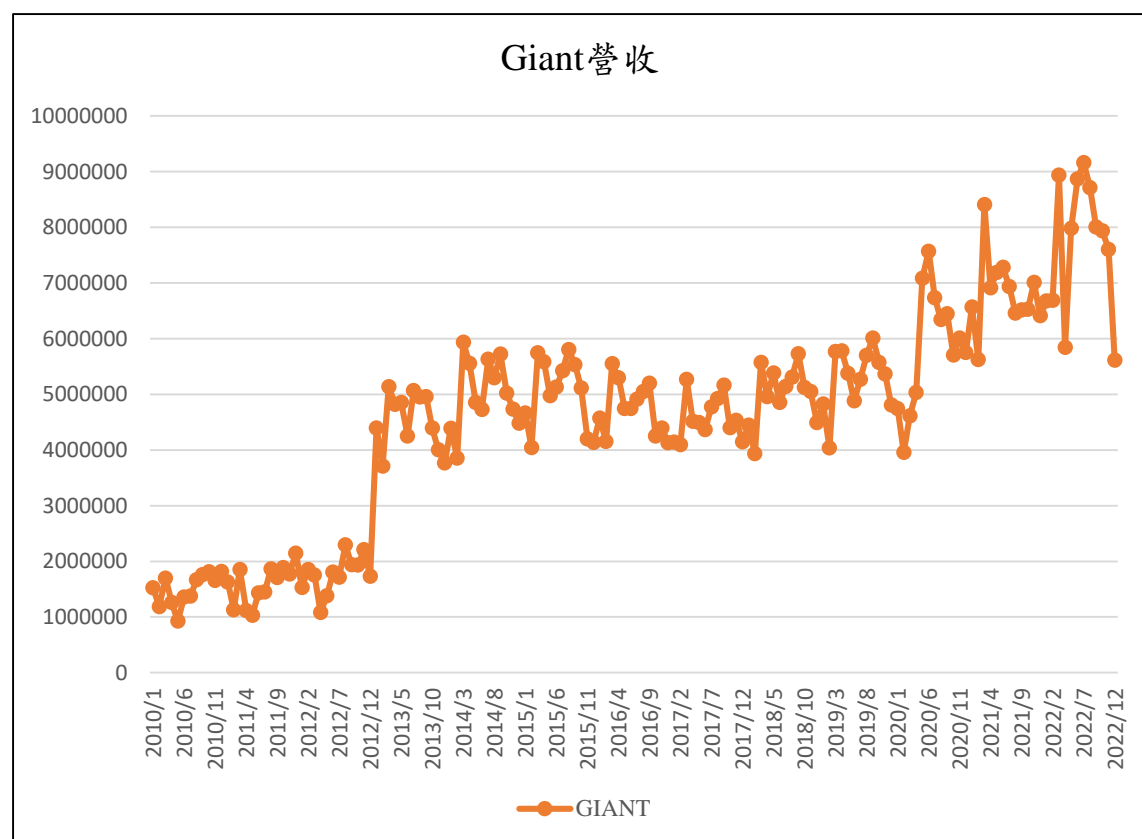


圖 8 Giant 每月營收(單位：千元)

資料來源：公開資訊觀測站、本研究整理

### 1.3.5 美利達(Merida)

美利達同樣成立於 1972 年，在 1980 年代以「來禮」品牌初試聲啼，接著在 1990 年代全力推展「美利達」之自有品牌，造車工藝是以創新的造型與獨特的設計手法為目標。其經營策略採取「與國外合資、台灣生產、選手背書」，以區隔同業間的競爭並朝向高價位、高附加價值的路線來打造每一款高級自行車。圖 9 為 Merida 每月營收。

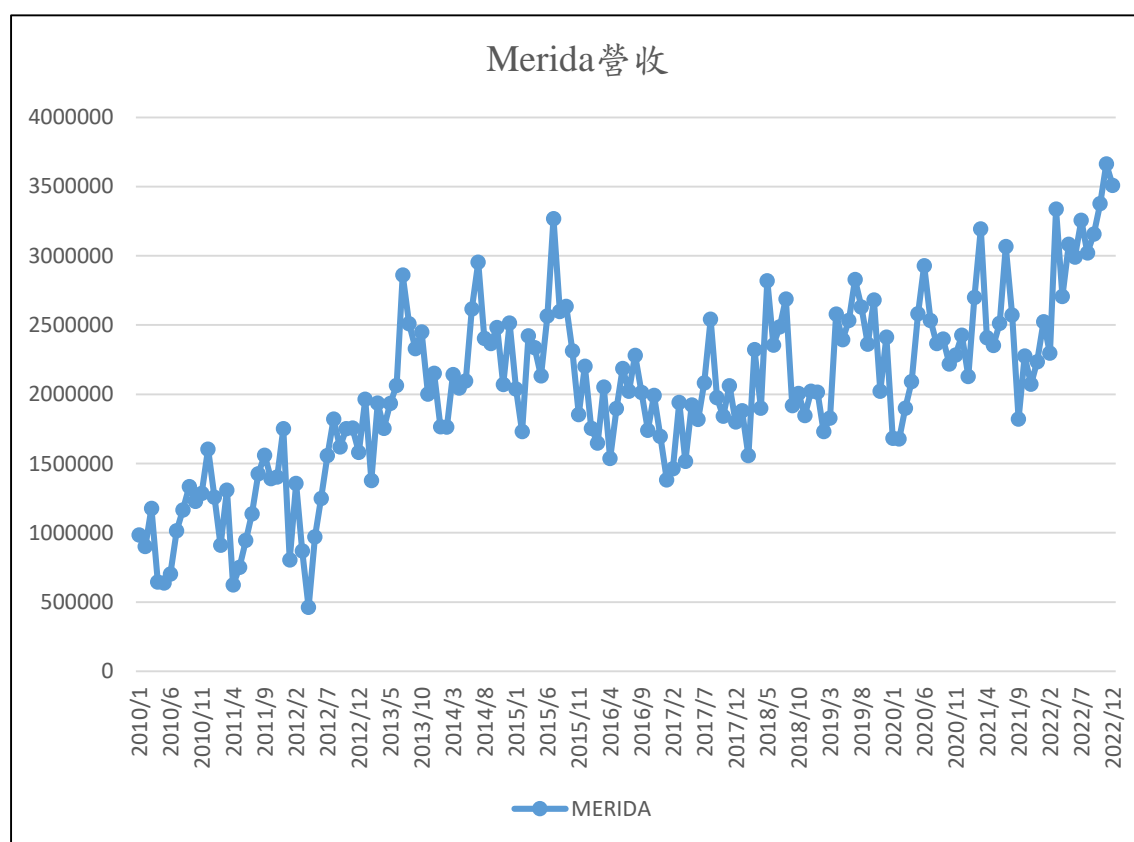


圖 9 Merida 每月營收(單位：千元)

資料來源：公開資訊觀測站、本研究整理

### 1.3.6 自行車業營收比較

圖 10 為 Giant 與 Merida 月營收比較，由圖中可以看出兩家自行車產業在 2010 到 2012 之間營收較為接近而 2013 年 Giant 的營收開始上升值得注意的是，在 2022 年，Giant 的營收出現了衰退的情況，這可能是由於庫存過剩等因素所致。

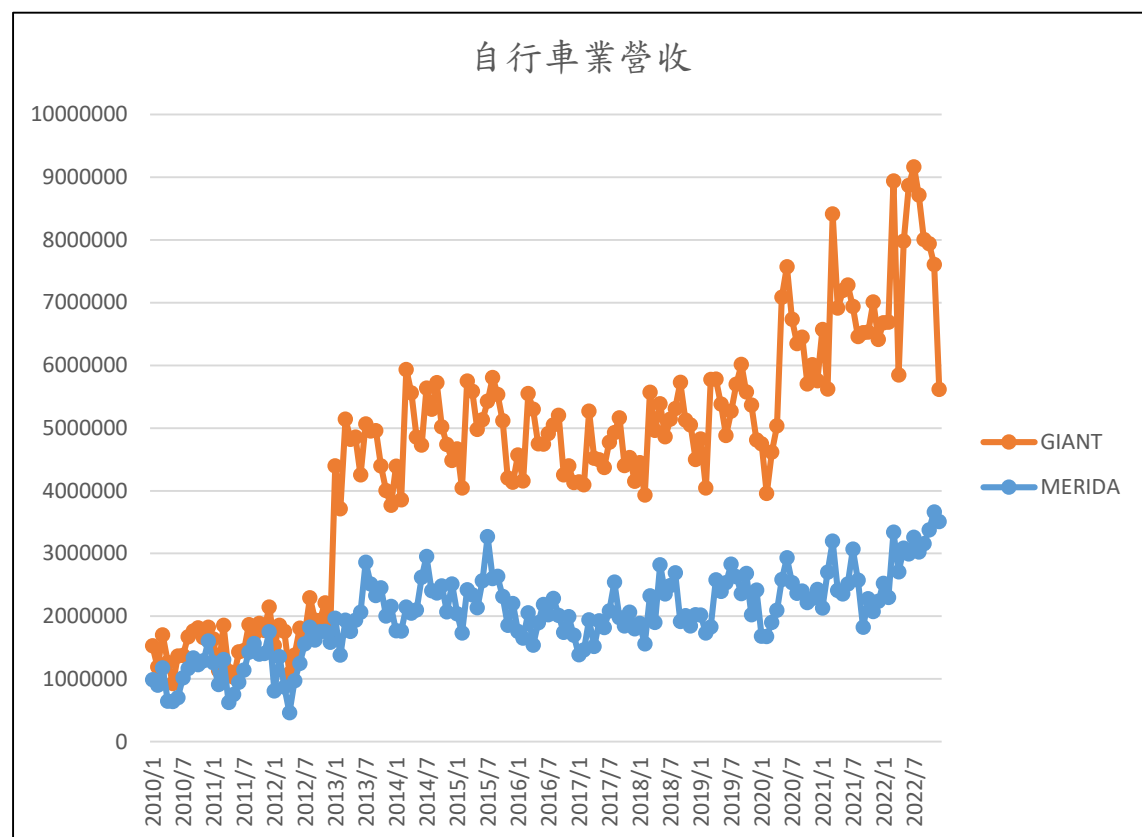


圖 10 自行車業每月營收(單位：千元)

資料來源：公開資訊觀測站、本研究整理

## 1.4 論文架構

本論文之研究架構共分為五個章節：

### 第一章：緒論

本章節敘述研究背景與研究目的，說明零售業的現況與未來發展，並說明零售業中便利商店業與自行車業的產業現況，再以便利商店業與自行車業中的公司作為主要研究對象。

### 第二章：文獻探討

本章介紹動態競爭關係的相關文獻與預測模型應用在各產業的相關文獻，並比較與本研究之差異與貢獻。

### 第三章：研究方法

本章介紹本研究所使用的模型與方法，主要分成兩個主題，第一主題為營收預測以各家公司營收資料探討歷史營收，第二主題為動態競爭，將產業別相同的公司營收進行動態競爭的分析，並以誤差指標確認模型的適用度。

### 第四章：研究結果與分析

本章將第三章所介紹的研究方法由公開資訊觀測站搜集的資料進行分析，並將分析結果說明並展示。

### 第五章：結論與未來展望

本章將透過第四章的分析結果進行總結分析討論，並檢討本研究需要改進的部分或研究的限制。

## 第二章 文獻探討

### 2.1 動態競爭相關文獻

Lotka-Volterra Model 最初用於描述生物的生態系統中，掠食者與獵物之間的相互的影響，並以此說明兩個物種或族群之間的消長，時代的變化 Lotka-Volterra Model 由生態系統中應用至現在的各種產業當中，探討相同產業下各家公司之間的動態競爭關係。

Tsai & Chang (2020)利用兩家半導體公司的營收，分析 Lotka-Volterra 模型與 Bass 模型比較，並對兩家公司進行相互關係的比較。Wu (2017)將電商產業與超商產業營收數據，探討兩種產業之間的相互關係。Feng (2014)利用兩家製造商的年營收數據，並分析兩家製造商的競爭與銷售預測。Tang & Chang (2005)利用營收數據探討兩大 CPU 製造商之間的相互關係。表 1 為動態競爭相關文獻。

表 1 動態競爭相關文獻

研究者	方法	產業	說明
馮慶鐘 (2014)	Lotka-Volterra	製造業	探討製造商(協易、金豐)的動態競爭關係。
Tang & Chang (2005)	Lotka-Volterra	半導體產業	探討兩大 CPU 製造商 (Intel、AMD)的動態競爭關係。
Kim et al. (2006)	Lotka-Volterra	通訊業	探討韓國手機市場的動態競爭關係。
Chiang (2012)	Lotka-Volterra	半導體產業	探討 200mm 和 300mm silicon wafers 的動態競爭關係。

吳維哲 (2017)	Lotka-Volterra	零售業	探討電商產業與超商產業的動態競爭關係。
蔡璧徽、張俊鴻 (2020)	Lotka-Volterra	半導體產業	探討兩家台灣半導體業(台積電、聯電)的動態競爭關係。
Wang (2022)	Lotka-Volterra	零售業	探討零售產業間的動態競爭關係。

資料來源：本研究整理

## 2.2 營收預測相關文獻

Holt-Winters 模型用於預測時間序列帶有季節性與趨勢的數據，因此相較於指數平滑法更可以有效預測數據的結果。

VAR 模型也相同與於時間序列的預測方法，其中最大的特點是比傳統的 AR 模型，VAR 模型可以計算多個變數，因此預測能力相較於 AR 模型較好。表 2 為營收預測相關文獻。

表 2 營收預測相關文獻

研究者	方法	產業	說明
陳建瑜 (2019)	MARS, RF, SVR, ARIMA, VAR, HWS	半導體產業	預測 IC 設計、製造、封測公司的營收。
Wang & Yun (2020)	DARIMA, VAR, RF, GB	電腦產業	預測主機板公司的營收。



Kiran & Kumar (2020)	SARIMA, HWS, LSTM	農業	預測 Kerala 檳榔的價格。
范銘澄 (2021)	ARIAM, HWS, VAR, XGBoost, RF	半導體產業	預測微處理器公司的營收。
陸宇樂 (2022)	Markov Chain, DEA, HWS, VAR , MARS, ARIMA, DARIMA, SVR	半導體產業	預測記憶體製造商的營收。
Wang & Liu (2022)	VAR, DARIMA	製造業	預測智慧型手機面板製造商的 營收。
Wang & Wang (2022)	RNN, LSTM, SVR, VAR, HWS	零售業	預測 3C 零售通路與電商的 營收。

資料來源：本研究整理

方法備註：

MARS：Multivariate Adaptive Regression Splines

RF：Random Forest

ARIMA：Autoregressive Moving Integrated Average

DARIMA：Dynamic Autoregressive Moving Integrated Average

SARIMA：Seasonal Autoregressive Moving Integrated Average

SVR：Support Vector Regression

HWS：Holt-Winters

GB：Gradient Boosting

LSTM：long-short term memory

XGBoost：eXtreme Gradient Boosting

DEA：Data Envelopment Analysis

RNN：Recurrent Neural Network

VAR：Vector Autoregression Model

## 2.3 文獻總結

依據本研究整理之文獻，由表 3 研究貢獻比較表，可以得知在科技產業中對於競爭分析與營收預測有較多的文獻，相較於其他產業的文獻應用於競爭與營收預測則較少，而利用動態競爭關係的文獻較少使用其他模型預測營收，本研究將其文獻所使用的研究方法應用於零售業與自行車製造業中，用最精簡的方式預測並比較零售業者之間的營收且利用動態競爭解釋之間的關係，最後結合競爭分析與營收預測，探討零售業與自行車製造業的發展與成長趨勢。

表 3 研究貢獻比較表

	產業	競爭分析	營收預測
本研究	零售業、製造業	V	V
Wang & Wang (2022)	零售業	V	V
Wang (2022)	零售業	V	V
吳維哲 (2017)	零售業	V	
馮慶鐘 (2014)	製造業	V	
Wang & Liu (2022)	製造業	V	V

Kiran & Kumar (2020)	農業		V
Wang & Yun (2020)	電腦產業	V	V
Tang & Chang (2005)	半導體產業	V	
蔡璧徽、張俊鴻 (2020)	半導體產業	V	
范銘澄 (2021)	半導體產業	V	V
陸宇樂 (2022)	半導體產業	V	V
Chiang (2012)	半導體產業	V	
陳建瑜 (2019)	半導體產業		V
Kim et al (2006)	通訊業	V	

資料來源：本研究整理

### 第三章 研究方法

本論文的研究架構如圖 11 所示透過公開資訊觀測站搜集便利商店業與自行車業(7-11、Family Mart、Giant、Merida)歷史月營收相關資料，進行月營收之預測與競爭關係。

本研究將使用 LV 模型(Lotka-Volterra Model, LVM)之歷史月營收分析並探討零售商之間的動態競爭關係，以及三次指數平滑法(Holt-Winters, HWS)與向量自我回歸模型(Vector Autoregression model, VAR)預測各家公司之歷史月營收並分析與競爭公司歷史月營收與自家公司產生的影響，最後使用三種評估指標：(1)均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)、(2)平均絕對誤差(Mean Absolute Error, MAE)、(3)平均絕對百分比誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)，以評估預測模型的準確程度，數學方程式如(1)至(3)所示：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (x_i - \hat{x}_t)^2} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^K |x_i - \hat{x}_t| \quad (2)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^K \left| \frac{x_i - \hat{x}_t}{x_i} \right| \times 100\% \quad (3)$$

其中N：筆數

$x_i$ ：實際值

$\hat{x}_t$ ：預測值

上述三種評估指標都是一種常用的統計指標，用於衡量預測值與實際值之間的差異，RMSE 通常評估回歸模型的預測準確度，而數值越小表示預測結果越接近實際值，MAE 是表示預測值與實際值之間的平均絕對差異，它的優點是對異常值比較不敏感，並且可以直觀的解釋誤差的平均大小，而數值越小表示預測結果越接近實際值，MAPE 表示預測值與實際值之間的平均絕對百分比差異，它可以提供預測誤差的相對大小，並且具有比較的可解釋性，而數值越小表示預測結果越接近實際值。



### 3.1 研究架構

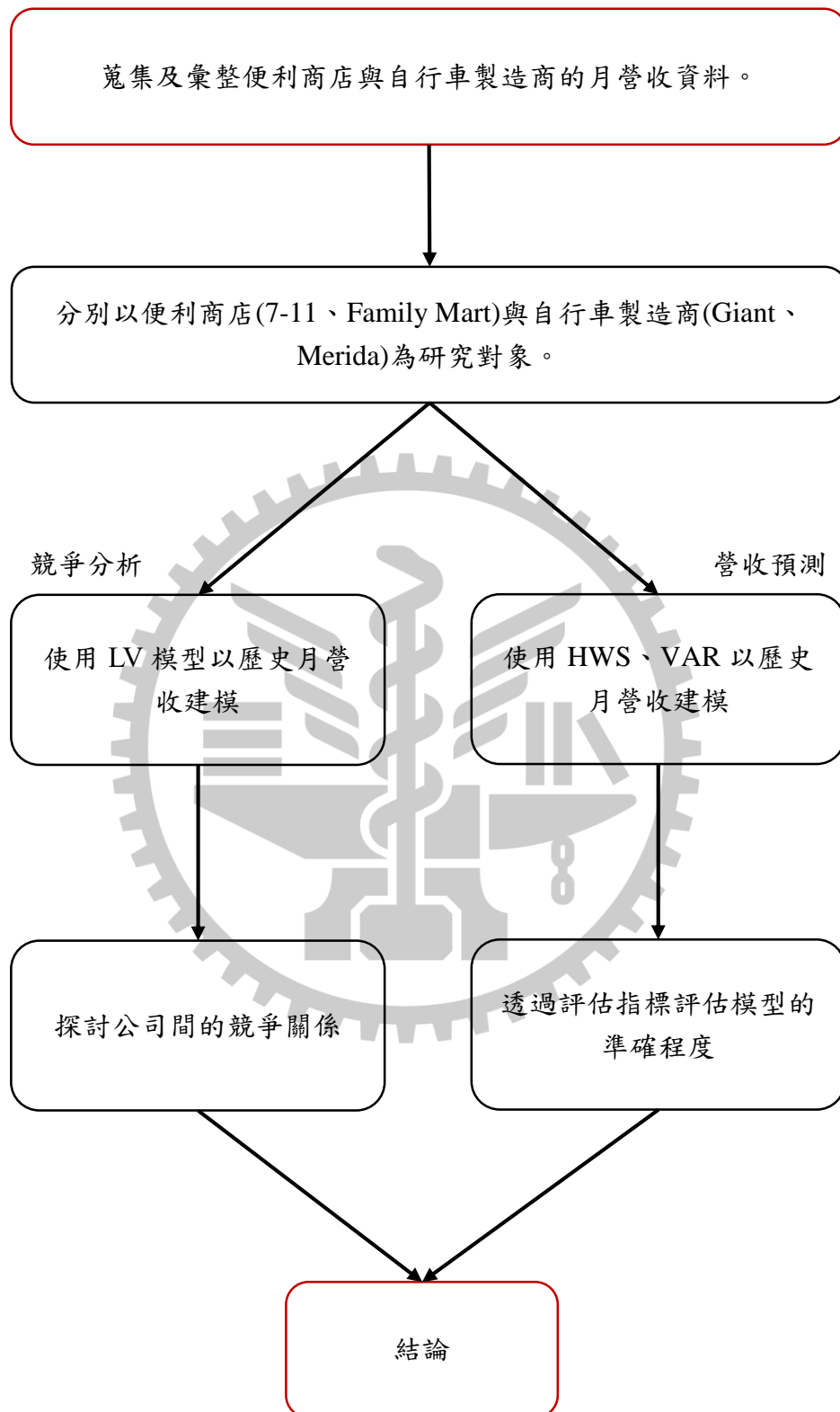


圖 11 研究架構

資料來源：本研究整理

## 3.2 研究模型

### 3.2.1 Lotka-Volterra Model, LVM

Lotka-Volterra Model 是由兩位學者 Lotka (1925) 與 Volterra (1926) 所提出，原先用於生物的生態系統中，掠食者與獵物之間的相互的影響，並以此說明兩個物種或族群之間的消長，因此也可稱此模型為掠食者-獵物方程。提出此模型至今，隨著時代的變化 Lotka-Volterra Model 由生態系統中應用至現在的各種產業當中，用以說明產業之間的動態競爭關係。該模型是以二元一階非線性微分方程組成，其數學方程式如(4)、(5)所示：

$$\frac{dx_1}{dt} = (a_1 - b_1x_1 - c_1x_2)x_1 = a_1x_1 - b_1x_1^2 - c_1x_1x_2 \quad (4)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = (a_2 - b_2x_2 - c_2x_1)x_2 = a_2x_2 - b_2x_2^2 - c_2x_1x_2 \quad (5)$$

其中  $x_1$ ：族群 1 的總數

$x_2$ ：族群 2 的總數

$t$ ：時間

$\frac{dx_1}{dt}$ 、 $\frac{dx_2}{dt}$ ：兩族群隨時間變化的互動影響

$a_i$ ：該族群本身的成長能力參數

$b_i$ ：該族群最大容量的成長限制參數

$c_i$ ：不同族群間的互動參數

Lotka-Volterra Model 以數據分析針對兩族群間動態競爭關係，當中三個參數可以解釋族群的成長狀況， $a_i$ 代表該族群本身的成長能力， $b_i$ 代表該族群成長空間的大小，若 $b_i$ 為正代表該族群沒有成長的空間，反之 $b_i$ 為負代表還有成長的空間，則不同族群間的互動參數 $c_i$ 的正負值可以判斷族群間的動態競爭關係如表 4 所示：

表 4 Lotka-Volterra 動態競爭關係

$(c_1, c_2)$	競爭關係	說明
$(+, +)$	互相競爭	在有限的資源下，兩族群間的成長會互相影響，並雙方可共同生存。
$(+, -)$	掠食者-獵物	掠食者會捕食被掠食者的一方並成長，被掠食者會因掠食者的成長而衰敗。
$(-, -)$	互利共生	兩族群之間互相成長，且獲得利益。
$(+, 0)$	偏害共生	其一族群的衰敗會影響另一族群的衰敗，反之則不受影響。
$(-, 0)$	片利共生	其一族群的成長會影響另一族群的成長，反之則不受影響。
$(0, 0)$	無關共生	兩族群之間互相獨立不受雙方的獲利或衰敗而有顯著的影響。

資料來源：本研究整理

由於本研究將利用數據預測月營收，而上述之 Lotka-Volterra Model 是兩族群間動態競爭關係，因此本研究將利用 Leslie (1957) 提出的模型，分析產業間的動態競爭關係以及預測其營收的增長及變化，其數學方程式如(6)、(7)所示：

$$x_1(t+1) = \frac{\alpha_1 x_1(t)}{1 + \beta_1 x_1(t) + \gamma_1 x_2(t)} \quad (6)$$

$$x_2(t+1) = \frac{\alpha_2 x_2(t)}{1 + \beta_2 x_2(t) + \gamma_2 x_1(t)} \quad (7)$$

其中  $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ ：該族群的成長參數

$\gamma_i$ ：不同族群間的互動參數

連續型與離散型參數轉換數學方程式如(8)至(10)所示：



$$a_i = \ln \alpha_i \quad (8)$$

$$b_i = \frac{\beta_i \ln \alpha_i}{\alpha_i - 1} \quad (9)$$

$$c_i = \frac{\gamma_i \ln \alpha_i}{\alpha_i - 1} \quad (10)$$

### 3.2.2 三次指數平滑法(Holt-Winters, HWS)

指數平滑法是移動平均法的一種由 Robert G.Brown (1959)提出，其特點是將時間序列數據給予不同的權重並預測，當時間序列數據是安定且規律時，過去的數據可以在某種程度上延續或影響未來的數據，因此時間越近的觀測數據會給予較大的權重，反之時間越遠的觀測數據權重會越小，其數學方程式如(11)所示：

$$y_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)y_{t-1} \quad (11)$$

其中  $y_t$ ：第  $t$  期的預測值

$y_{t-1}$ ：第  $t-1$  期的預測值

$A_t$ ：第  $t$  期的實際值

$\alpha$ ：平滑指數， $0 \leq \alpha \leq 1$

平滑指數  $\alpha$  值的大小會影響指數平滑法預測的準確程度，當  $\alpha$  值越小，平滑的作用越大且對預測值的調整越小，因此實際值的變動反應較不靈敏，適用於預測長期的趨勢；當  $\alpha$  值越大，平滑的作用越小且對預測值的調整越大，因此實際值的變動反應較敏感，適用於預測短期的趨勢。

由於一次指數平滑法無法有效展現趨勢的變動，因此 Holt (1957)將趨勢加入，並提出 Holt's Model 並加入水平因素(Level)與趨勢因素(Trend)，而後 Winters (1960)將 Holt's Model 的模型進行拓展加入季節性因素(Seasonality)，並提出本研究所使用的 Holt-Winters 模型，因此當時間序列數據帶有季節性的形式時，Holt-Winters 模型比上述所提到的一次指數平滑法有更加準確的預測結果。Holt-

Winters 模型依照不同的因素關係分成加法模型(Additive Model)和乘法模型(Multiplicative Model)，加法模型之數學方程式如(12)至(14)所示：

$$y_t = \alpha(A_t - s_{t-k}) + (1 - \alpha)(y_{t-1} + z_{t-1}) \quad (12)$$

$$z_t = \beta(y_t - y_{t-1}) + (1 - \beta)z_{t-1} \quad (13)$$

$$s_t = \gamma(A_t - y_t) + (1 - \gamma)s_{t-k} \quad (14)$$

乘法模型之數學方程式如(15)至(17)所示：

$$y_t = \frac{\alpha A_t}{s_{t-k}} + (1 - \alpha)(y_{t-1} + z_{t-1}) \quad (15)$$

$$z_t = \beta(y_t - y_{t-1}) + (1 - \beta)z_{t-1} \quad (16)$$

$$s_t = \frac{\gamma A_t}{s_{t-k}} + (1 - \gamma)s_{t-k} \quad (17)$$

其中 $y_t$ ：第 $t$ 期的預測值

$y_{t-1}$ ：第 $t-1$ 期的預測值

$A_t$ ：第 $t$ 期的實際值

$s_t$ ：第 $t$ 期的季節預測值

$z_t$ ：第 $t$ 期的趨勢預測值

$z_{t-1}$ ：第 $t-1$ 期的趨勢預測值

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ：平滑指數， $0 \leq \alpha \leq 1$

$k$ ：季節週期

加法模型與乘法模型的不同之處在於，當時間序列數據的季節因素(Seasonality)與水平因素(Level)相互獨立時，可以選擇使用加法模型，而反之季節因素(Seasonality)會跟隨水平因素(Level)改變時，可以選擇使用乘法模型。

### 3.2.3 向量自我回歸模型(Vector Autoregression Model, VAR)

VAR 模型是 Vector Autoregression Model 的簡稱，原先應用於宏觀經濟學領域的經濟統計模型由 Christopher Sims (1980) 提出，VAR 模型是 AR 模型的延伸，AR 模型只能計算一個變數，而 VAR 模型可以計算多個變數，並且可以預測未來的數據，由於 VAR 模型是由多個變數以及多組迴歸方程式所形成，因此模型的每個變數皆會被表示為自身的滯留期與其他變數的線性組合，較長的滯留期會增加模型的複雜度，而較短的滯留期可能會無法完全解釋變數之間的相互影響和作用，基本型的 VAR 模型數學方程式如(18)所示：

$$y_t = \lambda + v_1 y_{t-1} + v_2 y_{t-2} + \cdots + v_p y_{t-p} + \epsilon_t \quad (18)$$

其中  $y_t$ ： $m$  個變數組成的  $m \times 1$  的向量

$\lambda$ ： $m \times 1$  的常數向量

$v_p$ ： $m \times m$  的矩陣

$p$ ：延後期數

$\epsilon_t$ ： $m \times 1$  的誤差向量

本研究所使用的 VAR 模型式是利用各自帶有  $t$  期的 2 個變量，其中兩個變量都包含自身與過去時間的觀測值，因此也更好的反應兩個變量之間的關係，其數學方程式如(19)所示：

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-2} \\ y_{2,t-2} \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-3} \\ y_{2,t-3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (19)$$

## 第四章 研究結果與分析

本章依據第三章之研究方法進行分析，使用 R 語言以蒐集的資料進行分析研究，透過公開資訊觀測站蒐集所需資料，分別為 7-11、Family Mart、Giant、Merida 之月營收資料，起訖時間為 1999 年 1 月至 2023 年 6 月之月營收資料。

本研究第一節為動態關係，透過公司間的月營收資料探討相同產業中公司之間的動態關係，第二節為以公司自身的月營收的歷史資料預測未來的營收與利用相同產業下的其他公司月營收的歷史資料來預測自身公司的營收。

### 4.1 動態關係

本節動態關係是使用 Lotka-Volterra 競爭模型，分別分析兩家便利商店與兩家自行車製造商之間的動態關係。

#### 4.1.1 便利商店業動態關係(7-11、Family Mart)

兩家便利商店之動態關係結果如表 5 所示。7-11 與 Family Mart 為片利共生並且 Family Mart 對 7-11 有利，表示當 Family Mart 的營收上升時，7-11 的營收會上升更多。而當 7-11 的營收上升時，Family Mart 的營收不會受到影響。

表 5 兩家便利商店之動態關係

Outcome	Predictor	Parameters( $\alpha, \beta, \gamma$ )	Relationship
7-11	Family Mart	1.018(***) , 6.242e-9(*), -1.799e-0.8(**)	片利共生 (Family Mart 對 7-11 有利)
Family Mart	7-11	1.061(***) , 1.871e-8(*), -.3554e-9	

%Significance level used: \*\*\*<0.001, \*\*<0.01, \*<0.05, and .<0.1

根據 Lotka-Volterra 競爭模型所求得之平衡點可以得知在長期穩定狀態下，7-11 與 Family Mart 的營收有持續成長的空間，分別增加 2.38%和 0.64%，如表 6 所示。

表 6 兩家便利商店之平衡點(營收)

	7-11	Family Mart
2023/6	26528724	8361325
Stable equilibriums	27159988 (2.38%)	8414573 (0.64%)
$R^2$	0.9782	0.9767

#### 4.1.2 自行車製造業動態關係(Giant、Merida)

兩家自行車製造商之動態關係結果如表 8 所示。Giant 與 Merida 為片利共生並且 Giant 對 Merida 有利，表示當 Giant 的營收上升時，Merida 的營收會上升更多而當 Merida 的營收上升時，Giant 的營收不會受到影響。

表 7 兩家自行車製造商之競爭關係

Outcome	Predictor	Parameters( $\alpha, \beta, \gamma$ )	Relationship
Giant	Merida	1.539(***), 5.317e-08(**), 6.418e-08	片利共生 (Giant 對 Merida 有利)
Merida	Giant	1.038(***), 1.037e-07(**), -4.240e-08(***)	

%Significance level used: \*\*\*<0.001, \*\*<0.01, \*<0.05, and .<0.1

根據 Lotka-Volterra 競爭模型所求得之平衡點可以得知，如表 8 所示，推測 Giant 的平衡點下降 15.83%，可能的原因是由於產業之間的競爭，而 Merida 增加了 4.62%，表示還有成長的趨勢。

表 8 兩家自行車製造商之平衡點(營收)

	Giant	Merida
2023/6	7713712	2884206
Stable equilibriums	6492131 (-15.83%)	3017421 (4.62%)
$R^2$	0.9184	0.8604

## 4.2 營收預測結果

本節利用三次指數平滑法(HWS)與向量自我回歸模型(VAR)以及 Lotka-Volterra 競爭模型，以月營收進行預測並比較三個模型的績效。

### 4.2.1 便利商店業營收預測結果(7-11、Family Mart)

表 9 便利商店業歷史預測誤差績效

	7-11			Family Mart		
	HWS	VAR	LVM	HWS	VAR	LVM
RMSE	616081.1	836870.6	940142.3	165910.6	272252.4	298968.9
MAE	390059.2	564748.1	689244.1	115047.3	184065.0	231763.0
MAPE	3.19%	4.57%	5.78%	2.93%	4.53%	6.02%

由表 9 的結果可知，在便利商店業預測營收，以公司自身的營收進行預測優於以利用相同產業下的公司營收對於自身營收預測，HWS 之平均絕對百分比誤差分別為 7-11 3.19%、Family Mart 2.93%，其中以 Family Mart 在 HWS 預測效果優於 7-11，圖 12 與圖 13 為兩家便利商店業的營收預測圖。

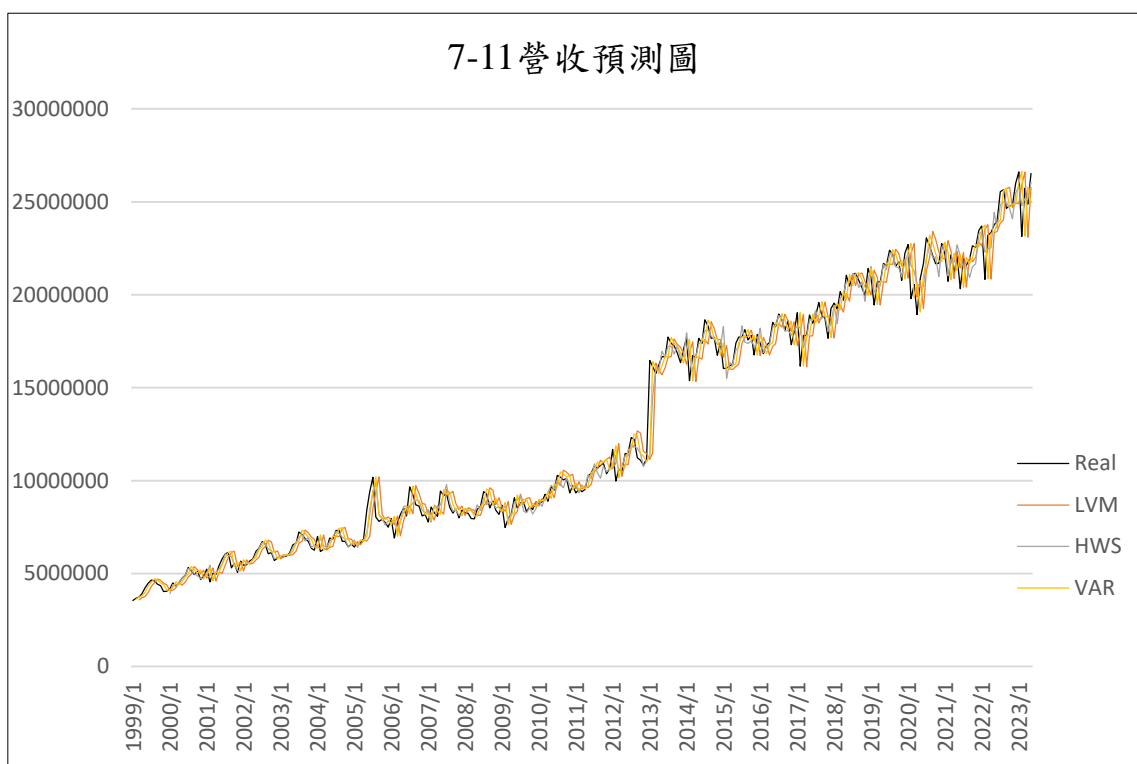


圖 12 7-11 營收預測圖(單位：千元)

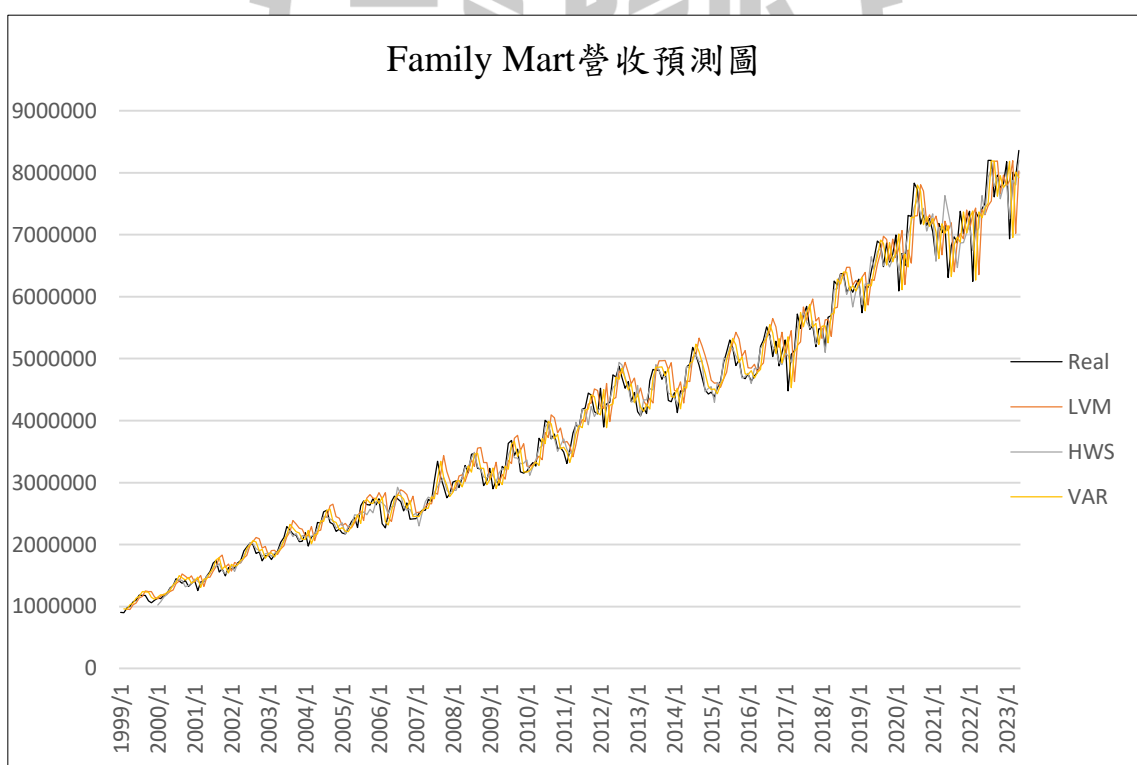


圖 13 Family Mart 營收預測圖(單位：千元)

#### 4.2.1 自行車製造業營收預測結果(Giant、Merida)

表 10 自行車製造業歷史預測誤差績效

	Giant			Merida		
	HWS	VAR	LVM	HWS	VAR	LVM
RMSE	485238.2	592673.4	581914.3	253963.1	298936.4	288817.4
MAE	292638.2	352611.3	352600.8	185350.9	227205.0	215703.6
MAPE	1.24%	1.63%	10.37%	1.66%	2.68%	16.86%

由表 10 的結果可知，在自行車製造業預測營收，也以公司自身的營收進行預測優於以利用相同產業下的公司營收對於自身營收預測，HWS 之平均絕對百分比誤差分別為 Giant 1.24%、Merida 1.66%，其中以 Giant 在 HWS 預測效果優於 Merida，圖 14 與圖 15 為兩家自行車製造業的營收預測圖。

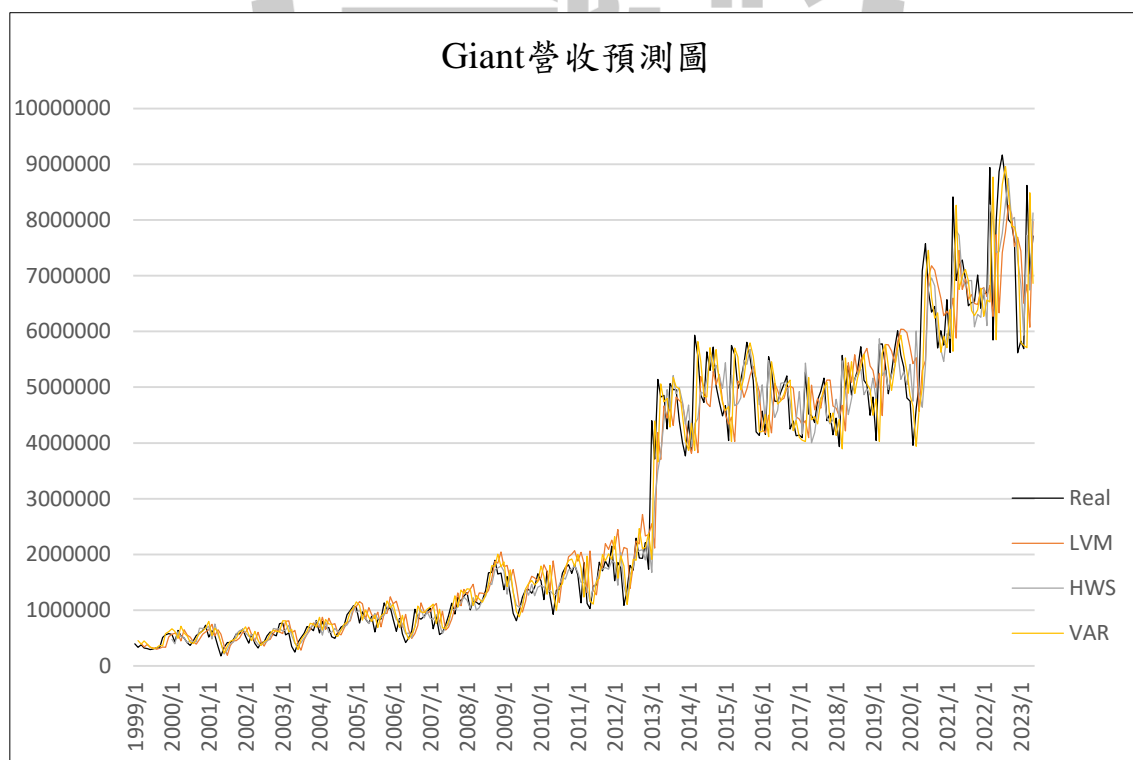


圖 14 Giant 營收預測圖(單位：千元)



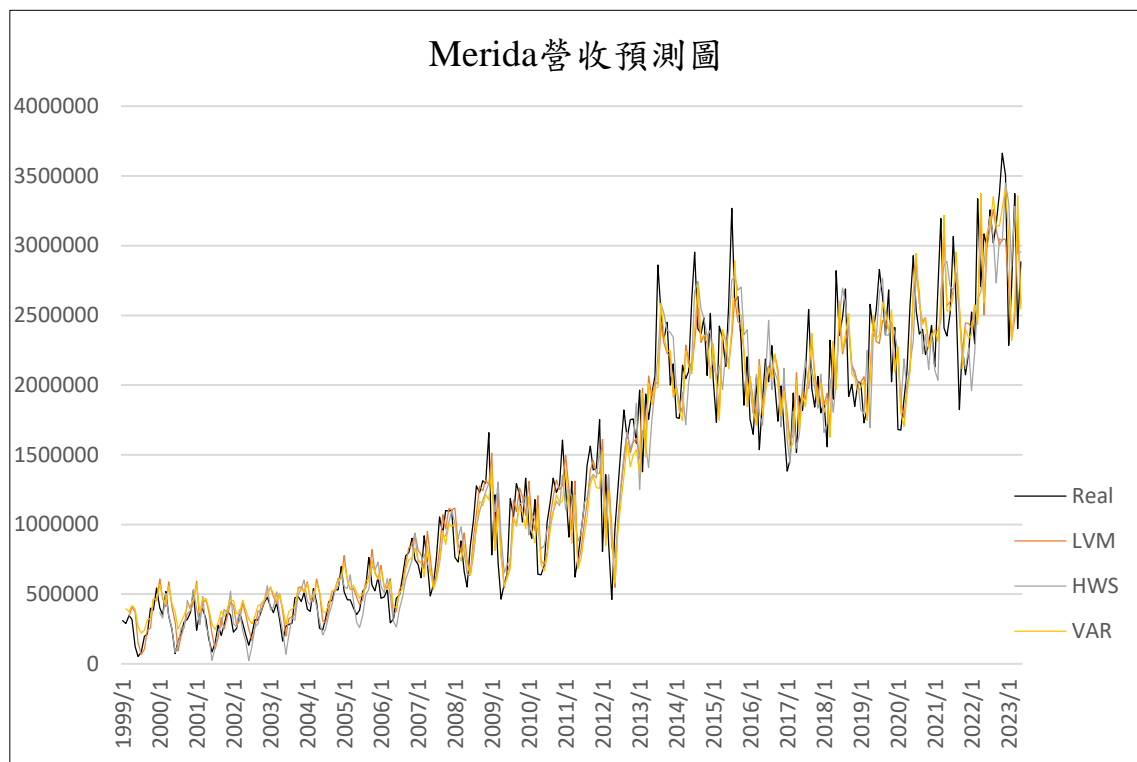


圖 15 Merida 營收預測圖(單位：千元)

## 第五章 結論與未來研究

本章節分為兩個部分，第一部分為研究結論，說明本研究之研究結果。第二部分為研究限制與未來可發展之研究方向。

### 5-1 研究結論

在動態關係方面，本研究利用 Lotka-Volterra Model 探討各公司間的動態關係，可發現 7-11 與 Family Mart 為片利共生，而 Family Mart 的成長對 7-11 是有利的，且平衡點均呈現上升的趨勢，若未來隨著疫情逐漸趨緩對於便利商店的需求提高，因此推測未來整體產業持續擴張，且 Family Mart 的營收上升也會帶動 7-11 的營收一起成長。

另一方面自行車製造商 Giant 與 Merida 也為片利共生，而 Giant 對 Merida 是有利的，但平衡點 Giant 有下降的趨勢而 Merida 為上升的趨勢，因此可以推測自行車的產業競爭激烈，但也可以知道 Merida 的持續成長。

在營收預測方面，本研究利用 HWS、VAR、LVM 三種模型預測四家公司的營收，其中以 HWS 的效果最佳，因此利用自身的營收進行預測效果優於利用相同產業下的公司營收預測自身的公司的營收預測效果較佳，因此在營收預測方面在缺乏其他公司營收資料的情況下，使用 HWS 用以預測營收是一個很好的選擇。

### 5-2 研究限制與未來研究

本研究的限制在於(1)資料方面，本研究只使用營收數據進行預測並未加入其他的相關資料，因此無法充分的反應產業的趨勢，若能增加更多的相關資料，例如市占率、出貨量等或許會有更佳的研究結果。(2)由上述(1)知，如果加入其他相關資料可以利用的預測模型可以有更多的選擇，並利用相關的模型預測出更為準確的預測結果與研究。(3)當有突發的內部或者是外部的因素，例如 2020 年疫情的影響，模型無法準確的預測突發事件所帶來的影響，從而導致預

測值與實際值存在更多的誤差。

本研究只針對公司之營收歷史資料進行預測，因此有許多限制希望未來研究可以加入更多相關的資料，並且考慮加入本研究所未提及之公司，另外也可以將產業細分例如自行車產業可以細分為傳統自行車與電動自行車並比較兩者之間的關係。因此未來研究可以考慮相同產業下其他公司之間的動態關係，以及考慮分析不同產品之間的關係，以利於未來的發展方向。



## 參考文獻

### 中文文獻

- 吳維哲 (2017)。台灣電商產業與超商產業之互動關係。國立交通大學工業工程管理學系碩士論文，新竹市。
- 范銘澄 (2021)。微處理器的銷售預測與需求規劃。國立陽明交通大學工業工程管理學系碩士論文，新竹市。
- 陳建瑜 (2019)。結合機器學習及時間序列預測半導體產業鏈之營收。國立交通大學工業工程管理學系碩士論文，新竹市。
- 陸宇樂 (2022)。動態隨機存取記憶體產業的營收預測與市佔估計。國立陽明交通大學工業工程管理學系碩士論文，新竹市。
- 馮慶鐘 (2014)。競爭關係分析與預測模型應用於工具機產業之研究。開南大學商學院在職專班經營管理組碩士論文，桃園市。
- 蔡璧徽、張俊鴻 (2020)。應用 Lotka-Volterra 模型於台灣晶圓代工雙雄之競爭分析。全球商業經營管理學報，12,2076-9474。

### 英文文獻

- Brown, R. G. (1959). Statistical forecasting for inventory control.
- Chiang, S. Y. (2012). An application of Lotka–Volterra model to Taiwan's transition from 200 mm to 300 mm silicon wafers. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(2), 383-392.
- Holt, C. C. (1957). Forecasting trends and seasonals by exponentially weighted moving averages. *ONR Memorandum*, 52(52), 5-10.
- Kim, J., Lee, D. J., & Ahn, J. (2006). A dynamic competition analysis on the Korean mobile phone market using competitive diffusion model. *Computers & Industrial Engineering*, 51(1), 174-182.
- Lotka, A. J. (1925). Elements of physical biology: Williams and wilkins company.

*Baltimore, Maryland.*

- Leslie, P. H. (1958). A stochastic model for studying the properties of certain biological systems by numerical methods. *Biometrika*, 45(1-2), 16-31.
- Sabu, K. M., & Kumar, T. M. (2020). Predictive analytics in agriculture: Forecasting prices of arecanuts in Kerala. *Procedia Computer Science*, 171, 699-708.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1-48.
- Tang, Y., & Zhang, J. W. (2005). A competition model for two CPU vendors. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 348, 465-480.
- Volterra, V. (1926). Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically. *Nature*, 118(2972), 558-560.
- Wang, C. H. (2022). Considering economic indicators and dynamic channel interactions to conduct sales forecasting for retail sectors. *Computers & Industrial Engineering*, 165, 107965.
- Wang, C. H., & Liu, C. C. (2022). Market competition, technology substitution, and collaborative forecasting for smartphone panels and supplier revenues. *Computers & Industrial Engineering*, 169, 108295.
- Wang, C. H., & Yun, Y. (2020). Demand planning and sales forecasting for motherboard manufacturers considering dynamic interactions of computer products. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106788.
- Wang, C. H., & Wang, R. H. (2022). Incorporating Economic Indicators and Competitive Dynamics into the Prediction of 3C Retailing Stores and Online E-Commerce Platforms. *管理與系統*, 29(2), 281-302.
- Winters, P. R. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, 6(3), 324-342.