

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

結合產品生命週期需求與售價
及購買成本持續性遞減於
最佳存貨策略之研究

研 究 生：吳惠庭

指導教授：張炳騰 博士

中 華 民 國 一 〇 八 年 六 月

Optimal Replenishment Policy with PLC Demand under Continuous Unit Cost and Selling Price Decrease

By
Huei-Ting Wu

Advisor : Prof. Ping-Teng Chang

A Thesis

Submitted to the Institute of Industrial Engineering and Enterprise
Information at Tunghai University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Science

In

Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2019

Taichung, Taiwan

結合產品生命週期需求與購買成本及售價持續性遞減於 最佳存貨策略之研究

學生：吳惠庭

指導教授：張炳騰 教授

東海大學工業工程與經營資訊學系

摘 要

存貨管理一向是企業的生產銷售活動中，用來估算成本，衡量進出貨績效的重要議題，而無論是單一工作站、單一部門或是整條供應鏈，於銷售的探討必定為如何進入市場、產量穩定後的趨勢走向分析，直至衰退產量降低，最終退出市場等等，此即為產品生命週期（Product Life Cycle）的理論，而不同的產品具有不同的產品生命週期型態，因此，在其中的趨勢變化，也就是產品在週期中的需求量變化，亦是企業相當注重的部分。

目前，存貨相關的模型已發展出許多類型，但主要皆以單一的需求類型為主軸來做探討，但產品具有許多不同的需求變化與條件，且隨著時代的演進與科技進步，相似產品推陳出新的速度日益增快，僅做單一型態探討並無法及時的因應市場需求，因此，本研究利用產品生命週期做為需求量的變化趨勢，再加上基因演算法進行最佳化求解，分別以利潤極大化與成本極小化為目標，發展一數學模式，同時考量購買價格與售價固定、持續性遞減與分批等類型，經修正最後發展為本研究的目標函數，使用 Matlab 2018b 軟體做基因演算法的分析，透過上述方法，探討各需求型態下的購買價格與售價組合所產生的變化，並根據最佳解所求得之訂購時間點、訂購成本、利潤以及訂購次數進行分析。

關鍵字：產品生命週期、基因演算法，庫存策略、購買成本遞減、售價變動

Optimal Replenishment Policy with PLC Demand under Continuous Unit Cost and Selling Price Decrease

Student : Huei-Ting Wu

Advisor : Prof. Ping-Teng Chang

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

Inventory management has always been an important issue in the production and sales activities of enterprises to estimate costs and measure the performance of incoming and outgoing shipments. Whether it is a single workstation, a single department or the entire supply chain, the discussion of sales must be how to enter the market and output. The trend after stabilization goes to analysis until the decline in production declines, and finally exits the market, etc. This is the theory of Product Life Cycle, and different products have different product life cycle patterns, so in which The change in trend, that is, the change in demand during the cycle of the product, is also a part of the company's considerable focus.

At present, inventory-related models have been developed in many types, but mainly based on a single demand type as the main axis, but the products have many different demand changes and conditions, and with the evolution of the times and technological advancement, similar products are emerging. The speed is increasing, and only a single type of discussion can not meet the market demand in time. Therefore, this study uses the product life cycle as the trend of demand, and then the genetic algorithm is used to optimize the solution. With the goal of maximizing profits and minimizing costs, we will develop a mathematical model, taking into account the types of purchase price and fixed price, continuous declining and batching, and finally develop the objective function of this study, using Matlab 2018b software to make genes. Through the above method, the algorithm analyzes the changes in the purchase price and price combination under various demand types, and analyzes the order time, order cost, profit and order quantity obtained from the best solution.

**Keywords : Product Life Cycle, Genetic Algorithm, Replenishment Policy, Unit Cost
Decrease, Unit Selling Price Decrease**

誌謝

兩年的日子飛逝，在研究所中學到了很多，除了自己學業上的挑戰，另外也從中學習到時間的分配、事情輕重緩急的安排，以及面對各種問題與挑戰時處理的態度與方法。一路上也受到了很多人的照顧。

其中最要感謝的就是炳騰老師，前期算式推導時，老師花了好多時間幫我講解數學式，後期寫程式時，又是另一個挑戰，在程式撰寫與最佳化讓我焦頭爛額的過程中，老師也是逐條陪我除錯找出問題，在我鑽牛角尖的時候點醒我，還不斷地給我信心，要我相信自己可以做得好，謝謝炳騰老師，一路上的指導與不時溫暖的加油打氣，總是給我很多的力量。

要感謝的還有家人，以前輩的身分關心時雖然或多或少給了壓力，但也提供了我很多實質的建議，謝謝你們在最低潮的時期成為我最強大的後盾，給予無限的包容與鼓勵，我愛你們。

最後謝謝研究所的同學、學長姐與學弟妹們，實設組結束後但還是會定期吃飯的桂君、佩蓁與詩舜，還有常常有活動都會找我加一的歡樂精實家，碩班的生活因為有你們才更精采。

吳惠庭 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊學系

2019年6月

目錄

摘要.....	I
ABSTRACT	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	V
圖目錄.....	VII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍與限制.....	2
1.4 研究方法與架構.....	2
第二章 文獻探討	5
2.1 存貨管理(Inventory Management).....	5
2.2 經濟訂購批量與再訂購點	6
2.3 產品生命週期.....	10
2.4 β 分配	12
2.5 基因演算法	12
2.6 總結	17
第三章 研究方法	18
3.1 環境假設	18
3.2 符號定義	19
3.3 數學模式介紹.....	19
3.4 基因演算法	25
第四章 數值分析	29
4.1 成本與利潤最佳化.....	29
4.2 最佳總利潤分析.....	68
4.3 最佳總成本分析.....	76
第五章 結論與未來方向建議.....	83
參考文獻.....	85

表目錄

表 4- 1 (6, 3)需求量下基因演算法參數表	29
表 4- 2 (6,3)購買價格(c)固定,售價(p)固定之總成本表	30
表 4- 3 (6,3)購買價格(c)固定,售價(p)固定之總利潤表	31
表 4- 4 (6,3)購買價格(c)固定,售價(p)固定之最佳解表	31
表 4- 5 (6,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之總成本表	32
表 4- 6 (6,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之總利潤表	33
表 4- 7 (6,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之最佳解表	33
表 4- 8 (6,3)購買價格(c)固定,分批售價(p)之成本最佳化表	34
表 4- 9 (6,3)購買價格(c)固定,分批售價(p)之利潤最佳化表	35
表 4- 10 (6,3)購買價格(c)固定,分批售價(p)之最佳解表	35
表 4- 11 (6,3)購買價格(c)遞減,售價(p)固定之成本最佳化表	36
表 4- 12 (6,3)購買價格(c)遞減,售價(p)固定之利潤最佳化表	37
表 4- 13 (6,3)購買價格(c)遞減,售價(p)固定之最佳解表	37
表 4-14(6,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表	38
表 4-15 (6,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表	39
表 4- 16 (6,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之最佳解表	39
表 4- 17 (6,3)購買價格(c)遞減,分批售價(p)之成本最佳化表	40
表 4- 18 (6,3)購買價格(c)遞減,分批售價(p)之利潤最佳化表	41
表 4- 19 (6,3)購買價格(c)遞減,分批售價(p)之最佳解表	41
表 4- 20 (1,3)需求量下基因演算法參數表	42
表 4- 21 (1,3)購買價格(c)固定,售價(p)固定之成本最佳化表	43
表 4- 22 (1,3)購買價格(c)固定,售價(p)固定之利潤最佳化表	44
表 4- 23 (1,3)購買價格(c)固定,售價(p)固定之最佳解表	44
表 4- 24 (1,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表	45
表 4-25 (1,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表	46
表 4- 26 (1,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之最佳解表	46
表 4- 27 (1,3)購買價格(c)固定,分批售價(p)之成本最佳化表	47
表 4- 28 (1,3)購買價格(c)固定,分批售價(p)之利潤最佳化表	48
表 4- 29 (1,3)購買價格(c)固定,分批售價(p)之最佳解表	48
表 4- 30 (1,3)購買價格(c)遞減,售價(p)固定之成本最佳化表	49
表 4- 31 (1,3)購買價格(c)遞減,售價(p)固定之利潤最佳化表	50
表 4- 32 (1,3)購買價格(c)遞減,售價(p)固定之最佳解表	50
表 4-33(1,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表	51
表 4-34 (1,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表	52

表 4- 35 (1,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之最佳解表	52
表 4- 36 (1,3)購買價格(c)遞減,分批售價(p)之成本最佳化表	53
表 4- 37 (1,3)購買價格(c)遞減,分批售價(p)之利潤最佳化表	54
表 4- 38 (1,3)購買價格(c)遞減,分批售價(p)之最佳解表	54
表 4- 39 (3, 3)需求量下基因演算法參數表	55
表 4- 40 (3,3) 購買價格(c)固定,售價(p)固定之成本最佳化表	56
表 4- 41 (3,3) 購買價格(c)固定,售價(p)固定之利潤最佳化表	57
表 4- 42 (3,3)購買價格(c)固定,售價(p)固定之最佳解表	57
表 4-43(3,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表.....	58
表 4-44 (3,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表.....	59
表 4- 47 (3,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之最佳解表	59
表 4- 48 (3,3) 購買價格(c)固定,分批售價(p)之成本最佳化表	60
表 4- 49 (3,3) 購買價格(c)固定,分批售價(p)之利潤最佳化表	61
表 4- 50 (3,3)購買價格(c)固定,分批售價(p)之最佳解表	61
表 4- 51 (3,3) 購買價格(c)遞減,售價(p)固定之成本最佳化表	62
表 4- 52 (3,3) 購買價格(c)遞減,售價(p)固定之利潤最佳化表	63
表 4- 53 (3,3)購買價格(c)遞減,售價(p)固定之最佳解表	63
表 4- 54 (3,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表.....	64
表 4- 55 (3,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表.....	65
表 4- 56 (3,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之最佳解表	65
表 4- 57 (3,3) 購買價格(c)遞減,分批售價(p)之成本最佳化表	66
表 4- 58 (3,3) 購買價格(c)遞減,分批售價(p)之利潤最佳化表	67
表 4- 59 (3,3)購買價格(c)遞減,分批售價(p)之最佳解表	67
表 4- 60 購買價格固定, 售價固定之最佳總利潤結果列表.....	68
表 4- 61 購買價格固定, 售價隨時間遞減之最佳總利潤結果列表	70
表 4- 62 購買價格固定, 分批售價售價之最佳總利潤結果列表	71
表 4- 63 購買價格隨時間遞減, 售價固定之最佳總利潤結果列表	72
表 4- 64 購買價格隨時間遞減, 售價隨時間遞減之最佳總利潤結果列表.....	73
表 4- 65 購買價格隨時間遞減, 分批售價之最佳總利潤結果列表	74
表 4- 66 購買價格固定, 售價固定之最佳總成本結果列表.....	76
表 4- 67 購買價格固定, 售價隨時間遞減之最佳總成本結果列表	78
表 4- 68 購買價格固定, 分批售價之最佳總成本結果列表.....	79
表 4- 69 購買價格隨時間遞減, 售價固定之最佳總成本結果列表	80
表 4- 70 購買價格隨時間遞減, 售價隨時間遞減之最佳總成本結果列表.....	81
表 4- 71 購買價格隨時間遞減, 分批售價之最佳總成本結果列表	82

圖目錄

圖 2-1 經濟訂購批量模型.....	7
圖 2-2 再訂購點.....	7
圖 2-3 產品生命週期.....	10
圖 2-4 基因演算法流程.....	15
圖 3-1 基因演算法求解流程.....	25
圖 4-1 $\alpha, \beta = (6, 3)$ 需求趨勢.....	29
圖 4-2 $\alpha, \beta = (1, 3)$ 需求趨勢.....	42
圖 4-3 $\alpha, \beta = (3, 3)$ 需求趨勢.....	55
圖 4-4 購買價格固定，售價固定之最佳總利潤長條圖.....	69
圖 4-5 購買價格固定，售價隨時間遞減之最佳總利潤長條圖.....	70
圖 4-6 購買價格固定，分批售價之最佳總利潤長條圖.....	71
圖 4-7 購買價格隨時間遞減，售價固定之最佳總利潤長條圖.....	72
圖 4-8 購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減之最佳總利潤長條圖.....	73
圖 4-9 購買價格隨時間遞減，分批售價之最佳總利潤長條圖.....	75
圖 4-10 購買價格固定，售價固定之最佳總成本長條圖.....	76
圖 4-11 購買價格固定，售價隨時間遞減之最佳總成本長條圖.....	78
圖 4-12 購買價格固定，分批售價之最佳總成本長條圖.....	79
圖 4-13 購買價格隨時間遞減，售價固定之最佳總成本長條圖.....	80
圖 4-14 購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減之最佳總成本長條圖.....	81
圖 4-15 購買價格隨時間遞減，分批售價之最佳總成本長條圖.....	82

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

由於技術的發展與更迭愈來愈快速，全球性的競爭也日漸激烈，如何從同性質的眾產業中脫穎而出，是企業極為看重的議題，以供應鏈來說，產品的生命週期愈來愈短，需求更顯得難以預測，在市場需求不確定性高的情況下，存貨不足容易造成銷售損失，錯失原可獲得的利潤，存貨過剩則是會造成倉儲空間的浪費，時間拉長甚至會使產品直接失去價值。因此，存貨補貨的效率與彈性更顯重要，效率攸關於如何將產品穩定輸出給客戶，避免缺貨的同時，使補貨頻率亦在合理範圍，因為過高的補貨頻率，可能導致補貨成本升高過多；彈性則能使庫存維持在安全水準中。而存貨管理中，又以成本為最直接影響其競爭力的元素，能在生產型態上產生許多決策點，根據這些決策點，使供應鏈管理彈性變高，因此，如何在成本極小化以及利潤最大化的前提下，進行存貨管理的制定，會是企業永續經營與成長的重要目標。

存貨管理的最佳化所需要的解決的問題，包含會影響固定的訂購處理成本的最佳購買次數、影響庫存量、訂購量以及庫存持有成本多寡的最佳訂購點以及攸關企業整體收益的最佳利潤與成本等等，囤積過多的存貨量會導致企業資金流量下降，營收與進出貨效率也降低，另外，額外佔據的倉儲空間以及有時效性的產品的耗損報廢與存貨價值損失，也是存貨管理不佳時會出現的問題，由此可知，存貨管理對企業的影響之大，若能穩定改善，建立良好的存貨策略，不但能增加利潤，減低成本，亦可讓企業的資金流更加順暢。

而以供應鏈的角度來看，企業提升整體獲利的方式即為降低生產成本與持有成本，或是提升產品的銷售量，因此，供應鏈準備庫存時便會著重在如何使持有成本維持在合理範圍，與即時反應市場需求，提升銷售量，而此兩個目標與存貨管理息息相關。

根據以上所述，存貨管理對企業的營運會造成的影響，本研究將探討在三種不同的需求型態下，訂購成本、購買成本、持有成本以及售價採固定與不同的遞減的方式時，找出最適合的存貨策略。

1.2 研究目的

本研究主要目的為探討三種不同的需求型態下，購買價格與售價作為變因，此兩因子對於成本與利潤的影響，根據不同的週期需求型態，分別以利潤最大化與成本極小化為前提，提出修正後的 EOQ 數學模型，再利用基因演算法，找出本研究所探討的三種需求型態，分別在購買價格與售價皆固定、購買價格固定且售價隨時間遞減、購買價格固定且分批售價、購買價格遞減且售價固定、購買價格遞減且售價隨時間遞減以及購買價格遞減且分批售價此六種型態下的最佳訂購次數與最佳訂購點，藉此規劃出最適合之存貨策略。

1.3 研究範圍與限制

本研究範圍基於產品生命週期的不同需求型態，以售價與成本兩者為變數，使規劃期有限，根據上述條件，發展六種不同的購買價格與售價固定與變動之排列組合，並以利潤最大化與成本極小化為目標，進行存貨策略分析。

1.4 研究方法與架構

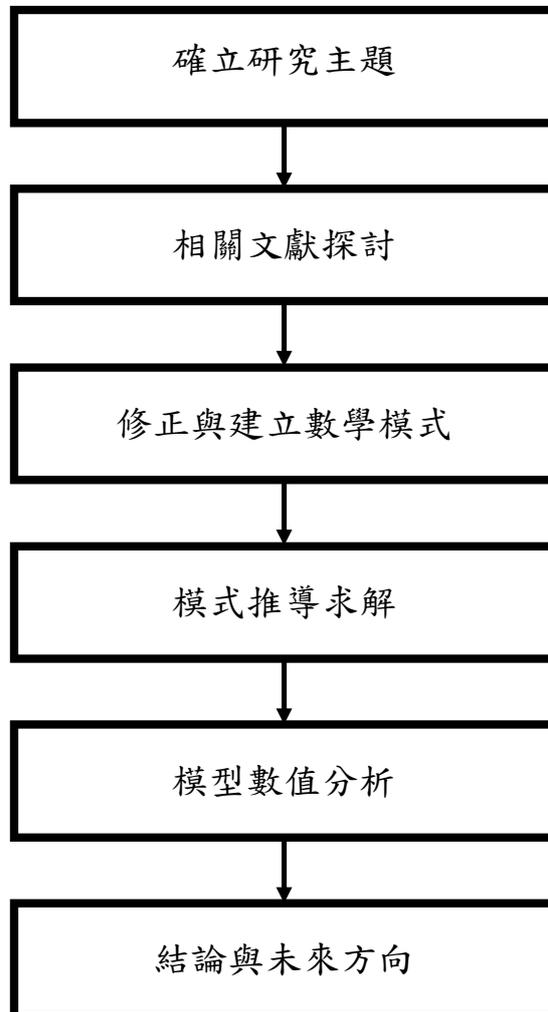
1.4.1 研究步驟

本研究步驟共分為確立研究主題、文獻探討、修正與建立數學模式、模式推導求解、模式數值分析與結論與未來方向建議等數個步驟。

1. 確立研究主題：確立本研究所欲探討的方向與範圍。
2. 相關文獻探討：根據本研究所需之相關理論，進行蒐集與整理，找出相關研究概念，以利本研究後續進行深入探討。
3. 修正與建立數學模式：根據第一步驟所整理之文獻，針對本研究所要探討之領域訴求，建立並修正數學模式。
4. 模式推導求解：將三種不同需求型態與本研究所設計的範圍與限制使用修正後的數學模式求解，並加入基因演算法進行最佳化求解，分別找出在利潤最大化與成本極小化下的最佳解。
5. 模式數值分析：根據上一步驟求解出的數值進行分析與整理，找出三種需求型態，分別的六個排列組合中，在利潤最大化與成本極小化兩者不同的前提下，最佳的訂購次數與訂購時間點。
6. 結論與未來方向：根據上述所有步驟，進行結論與未來持續發展方向之探討。

1.4.2 研究架構

本研究之研究架構如下：



第二章 文獻探討

2.1 存貨管理(Inventory Management)

傳統的存貨管理較常見的方式有

1. 永續盤存：定量採購，適用範圍為需求量變動較大的產品。
2. 定期盤存：定期採購，定期檢查目前庫存量再進行新的採購活動，適用於需求量變動較小的產品，訂購成本相較於永續盤存較低，且其採購數量會依市場變化而需頻繁調整者。

存貨在供應鏈中具有很重要的功能，其主要功能在於

1. 預防缺貨發生，供應短缺可能會造成相關成本的上升與市場的損失。
2. 顧客需求量增加時，可即時滿足需求，抑或是在淡季時預先做好旺季的存貨準備。

避免受到市場金額波動影響，若市場金額波動劇烈，可能導致企業無法負荷當中所產生的巨額成本與利潤損耗。

訂購次數的增加，亦會增加額外的訂購處理成本，良好的存貨管理能有效的防止缺貨，且使訂購次數在合理範圍內，減去不必要的成本。

與存貨管理相關之文獻具有很多不同的探討方向，由此可知存貨管理對於企業的重要程度，以下為存貨管理的相關文獻：

Toktay et al.(2000)：存貨管理有助於找到訂購策略，並可最大限度的減少預期採購總量、庫存持有量與銷售成本的損失。

Sampath & Jayashankar(2001)：當需求增長時，企業需定期增加機台，但此作法容易導致產能過剩，因此，透過建立庫存管理系統，可以滿足未來需求增長的環境，延遲投資新機台，藉以節省不必要的支出。

Grzegorz. (2008)：企業的基本財務目標就是將價值最大化，而太多的庫存會對企業造成資金負擔。

Michalski (2008)：影響價值的眾多因素中，存貨管理對企業決策變化與總成本的影響最為明顯。而存貨影響的成本眾多，如訂購處理成本、庫存持有成本、購買成本等等，因此可將存貨管理視為要將價值最大化時的首要解決方向。

Singh (2008)：公司的營運資金包含對流動資產的投資，而流動資產中包含短期資產、現金、存貨、應收帳款與有價證券，當中以存貨為大宗，其反映了公司的投資項目，存貨規模亦會直接影響營運資本，有效的管理存貨避免不必要的投資，可將庫存水平降低，且不會對生產與銷售產生不利影響。

Alreza et al.(2010)：發展了分散與集中訂購模型，以研究零售商集體訂購對總存貨成本之影響。

2.2 經濟訂購批量與再訂購點

經濟訂購批量(Economic Order Quantity , EOQ)是固定訂購批量模型的一種，可用來確定企業單次訂貨之數量，其概念是根據訂購成本，來平衡且維持存貨持有成本，當訂購批量越大，平均的存貨越大，相對來說，持有成本亦會越高。然而，訂購批量變大，每一計畫期所需的訂貨次數就越少，相對而言，訂貨總成本也會越低，根據此一概念，利用經濟訂購批量模型，即可找出能使持有成本與訂貨成本相加最低的總成本與每次的訂貨量，進而藉此求得再訂購點，此模式目前是企業廣泛運用的訂購模式。

經濟訂購批量模型之圖型如下：

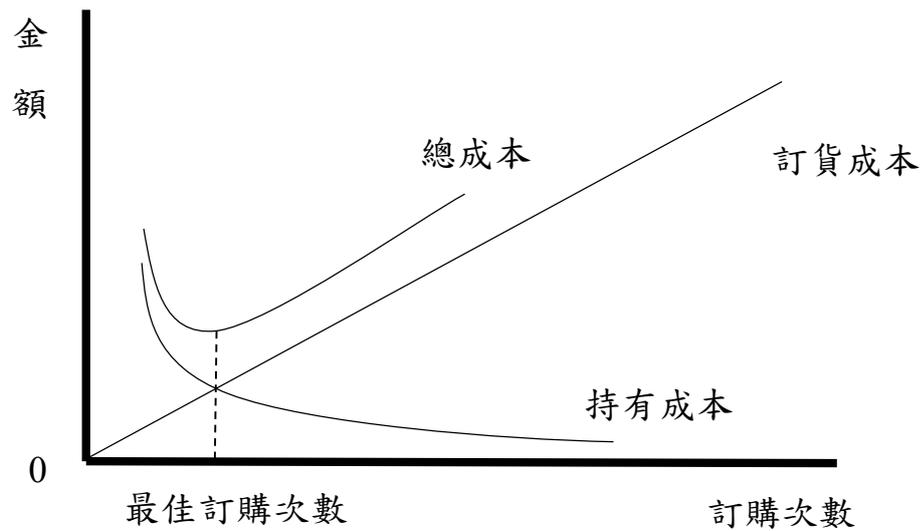


圖 2-1 經濟訂購批量模型

資料來源：本研究整理

由圖 2-1 可知，經濟訂購批量模型(Economic Order Quantity, EOQ)是訂購成本(Ordering costs)與庫存持有成本(Holding costs)做結合，來使成本最低，藉此來找最佳的訂貨批量的方法，如圖所示，總成本、庫存持有成本以及訂購成本之交點，即為我們要找的最佳訂購次數。

再訂購點即為下一次訂購的時間點，當庫存到達貨即將低於所設定之水平時，則準備再次訂購，再訂購點圖形如下：

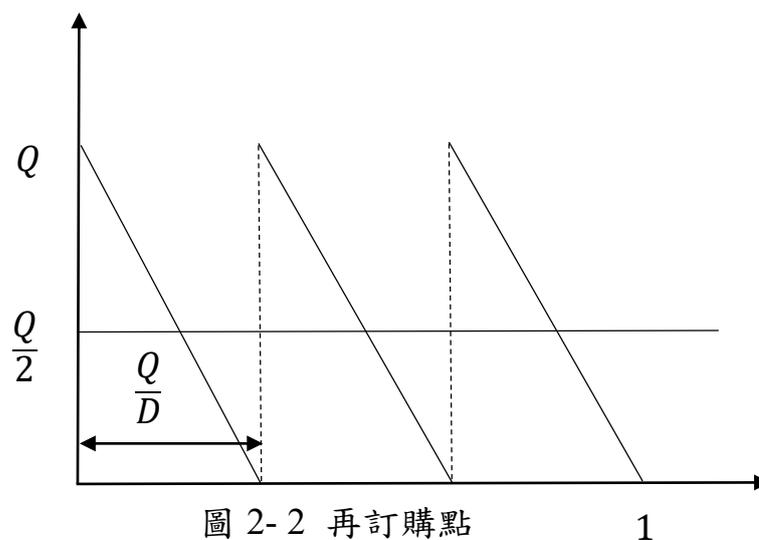


圖 2-2 再訂購點

資料來源：本研究整理

如圖 2-2，Q 為每次的訂購數量，D 為單位時間的需求量，而該圖之訂購水平為 $\frac{Q}{2}$ ，當存貨量低於 $\frac{Q}{2}$ 時，則需準備再次訂購，若無動作，則會導致缺貨，另外，若訂購數量過高，則會造成庫存持有成本提升，與倉儲空間的浪費。

現有文獻對於庫存的考慮十分多元，但大多鎖定特定領域，較無完整之探討，本研究為求更完整之探討，在購買價格與售價的變化進行更多元的排列組合，並同時求解利潤與成本最佳結果，找出最適存貨策略。下列為過往文獻基於 EOQ 模型對存貨管理進行的各項探討：

Ghare & Schrader (1963)	某些產品價格會隨時間縮減到一定比例，比例與負指數函數相似，藉此結果，首度提出指數遞減的庫存模式。
Hollier & Mak(1983)	在固定和可變動的補貨條件下，在市場中對衰退的產品進行指數遞減的補貨政策，而後 Hariga & Benkherouf(1994)延伸其模型，增加了指數遞增與下降的考量條件。
Wee(1995)	使需求呈指數遞減，規劃期固定，為推導出最佳服務水平與補貨頻率，利用模型觀察批量之大小。
Liu & Cheung(1997)	透過連續時間的馬可夫鏈分析模型，得出平均庫存損失減少率、有效需求、庫存補充率、預期庫存水平及預期的顧客等待時間等指標，藉由所得結果，選擇最適合之存貨管理策略。
Ferguson et al. (2006)	採用售價持續性遞減模式，需求固定，規劃期固定，針對產品需求衰退的週期調整模型訂單數量解決損壞問題。

Jung & Klein (2006)

基於 EOQ 模型，透過訂價來控制需求，利用估算三種不同形式的成本函數的方式比較各形式的最佳訂貨量以及價格利潤的變化，藉此找出最優解決方案。

時間在於庫存管理中圍相當重要的一環，下列文獻則以時間為主軸，對需求量做不同面向的探討：

Hariga. (1996)：考慮遞增與遞減的需求函數，規劃期固定，針對隨時間衰退之產品發展了庫存批量模型。

Balkhi & Benkherouf (1996)與 Pal & Mandal (1997)則是使用 EOQ 模型考慮了隨時間變化的庫存模型，其生產週期中的需求隨時間點變化。

Yan & Cheng(1998)：確立了 EOQ 模型的最佳生產終止時間與再次開始時間，其中的需求、生產與衰退率皆取決於時間。

由上述文獻可知，利用 EOQ 模型探討存貨策略時，需考量下列重要指標，

1. 需求：固定或隨時間遞增遞減
2. 規劃期：有限或無限期
3. 成本：包含訂購處理成本、購買成本、持有成本、懲罰成本等等
4. 利潤：初始售價與後續售價之變動，均會影響利潤的多寡

由於大多文獻僅探討單一需求或是單一成本型態，如僅考慮固定需求，或僅分析遞減成本，為使研究更全面，本研究將保留上述文獻之特色，再加入不同的需求型態考量，以及針對購買價格與售價的變動組合，經修正後發展成為本研究之模式，以利潤極大化與成本極小化分別進行分析，找出屬於各組合的最佳訂購次數以及訂購時間點，藉此訂定符合企業產品需求之存貨策略。

2.3 產品生命週期

產品生命週期(Product Life Cycle)是產品的市場營銷壽命，即為一個產品從剛開始進入市場，直至被市場淘汰的整個過程。在動態市場的競爭環境中，產品會因為顧客需求而產生不同的階段性影響，典型的產品生命週期可分成四個階段，導入期、成長期、成熟期以及衰退期。

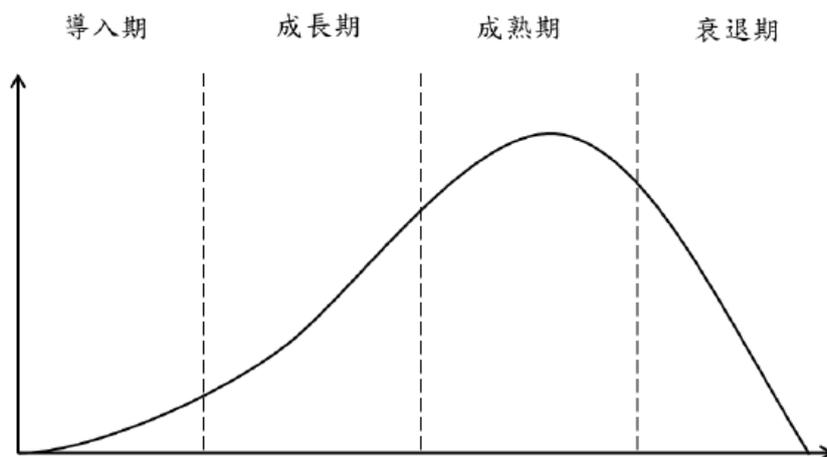


圖 2-3 產品生命週期

資料來源：Levitt, T.(1965). Exploit the Product Life Cycle, Harvard Business Review, 4, 82.

下列為產品生命週期四個階段說明：

導入期	從試營運階段開始，產品剛進入市場，此時消費者對於該產品沒有過多資訊，銷售趨勢緩慢成長。此階段產品需求量較小，製造與購買成本高，因數量有限，亦使售價較為高昂。
成長期	當產品進入市場並獲利，逐漸取得消費者認同，因具有消費者回饋，可進行產品性能的改善加強，需求量大幅提升，製造成本降低，利潤迅速攀升，但亦須注意同質性產品與競爭者崛起，雖產品市佔率持續提升，但亦可能被同類型產品瓜分市場。

成熟期	市場趨於飽和，銷售成長趨勢逐漸緩慢，並開始下降，此原因在於該類型產品已普及化，為與競爭者需做出差異化，須提升產品性能與規格或是釋出更優惠的售價，藉此維持較高的市佔率，但與此同時，會使成本提高，使利潤下降。
衰退期	世代的更迭與科技的進步迅速，售價更受消費者青睞且性能更佳的产品推出，使原產品失去競爭力遭到取代，原產品生命週期趨勢逐漸下降，直至完全退出市場。

Rogers(1962)：產品生命週期是描述產品銷售歷史的概念，其銷售量指的是消費者首次購買或重複購買的數量。

Levitt(1965)：產品生命週期是從最開始於市場出現，直至衰退從市場淘汰的期間內，產品的需求變化與時間變動的關係，且不同的產品具有不同的市場特性。

Klepper(1996)：產品生命週期是當一個新產業進入市場，有許多入門的產品，創新率高，而市場持續成長，隨後趨於緩慢，產品創新的多樣性降低且競爭者眾多，致力於改善生產過程，使市場佔有率趨於穩定的模式。

Jüttner et al.(2006)：供應鏈需求量與產品生命週期趨勢若能相符，可成為競爭優勢的來源。

簡秀儒(2013)：利用產品生命週期作為需求量趨勢，並追求成本遞減的模式，觀察在不同需求類型下，成本遞減對於整體趨勢之影響。

本研究亦基於產品生命週期趨勢做需求量考量，另外，再加入固定購買價格、固定售價、分批購買價格、分批售價等組合，不僅針對成本，同時對利潤做更多元的探討。

2.4 β 分配

β 分配是統計中的其中一種跟 gamma 分布有關的機率分配函數統計模式，有兩個自由參數，是指定義在某區間內的連續機率分布，定義域 x 在 $[0,1]$ 之間，內含兩個參數 α (形狀參數)， β (比例參數)，兩參數皆大於 0，機率密度函數圖形的不同變化則是透過將兩個參數做不同的變化而產生。

機率密度函數 $P(x)$ 與累積分布函數 $D(x)$ 如下

$$P(x) = \frac{(1-x)^{\beta-1}x^{\alpha-1}}{B(\alpha, \beta)} = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}(1-x)^{\beta-1}x^{\alpha-1} \quad (1)$$

$$D(x) = I(x, a, b) = I(x, \alpha, \beta) \quad (2)$$

其中 $B(\alpha, \beta)$ 是 beta 函數， $\alpha, \beta > 0$ ， $\Gamma(v)$ 為 gamma 函數。

Chen et al.(2007)設計一存貨模型，並根據其所提出之策略，使價格隨時間遞減來銷售產品，透過訂單數量、售價與預售價格的變化，找出最適合之最佳決策。由於 Chen et al.(2007)之模型對訂單的大小、定價具有極大的彈性，本研究將延伸 Chen et al.(2007)的經濟訂購批量模型，並結合原已考慮的價格遞減模式，再加入購買價格與售價一同變動的模式，對環境設計與參數加以修正後成為本研究的訂貨批量模型，藉此探討在不同的排列組合中，最佳的訂購次數與訂購時間點，訂定最適合之存貨策略。

2.5 基因演算法

2.5.1 基因演算法定義

基因演算法是一種應用自然界的進化淘汰規律所演化出來的搜索方法，為適者生存，不適者淘汰的優勝劣汰機制，此理論是根據 1859 年達爾文的進化論所發展出來的觀念，而將這種自然界的選擇方法系統化，並發展成可用的模式，最早是在 1975 年，由美國密西根大學 J. Holland 提出遺傳演算法的基本架構，為以機率為基礎而建構而成的最佳化求解工具，遺傳演

算法主要的運算方式是以一組位元字串（可行解），來模擬生物界中的染色體，藉由染色體中的基因，進行基因組合交換，新生出多個點來求解所選區間中的最佳解，每一世代的染色體以隨機方式來進行選擇、交配(Crossover)與突變(Mutation)，而當中的突變機制，可用來避免掉入區域極值，可順利找到目標函數極值。

2.5.2 基因演算法步驟

基因演算法運用天擇、交配及突變三種基本運算來對大量的染色體做運算，在基因演算法中，須先將問題表示成可運算的模式，因此步驟為染色體編碼，再決定初始族群大小，與訂定適應函數，最後設置終止條件。

1. 編碼(Coding)

常用的編碼方式包含二進位法、整數編碼、實數編碼與文字編碼等等，編碼的選擇會影響演算法搜尋的結果，而為避免產生無效的數值，必須先確立變數的合理性，再將所需要的所有變數以固定長度的字串逐一編碼，基因演算會保留適應力高的基因，使所求解能隨每一代演化改善。

2. 產生初始母體(Initial population)

初始母體的產生方式，通常透過隨機亂數來生成，但在此之前，需先決定母體數量大小，由於族群太小會有過早收斂的問題，運算次數不足可能導致結果精確度較低，而運算次數過大，又會耗費過多的運算時間，最終結果可能已達收斂，卻仍持續計算，若有此情形發生，則會發現後面的運算結果差異極小，甚至相同。

3. 定義適應函數 (Fitness Function)

適應函數即為研究中所求的目標函數，針對不同的問題，具有不同的適應函數，目的是根據研究所需求之解，來設計適應函數，進而判斷研究中所建構的變數值組合的適應程度。在做最佳化求解時，會對染色體進行篩選，在所有組合中找出適應程度最高的變數值組合，則演算法則會選定該組合為最佳解。

4. 終止條件

迭代次數可於終止條件處設定，要求演算法演化（運算）到該代數即停止，另外，若已演化多代，已無明顯的差異、抑或是歷經幾次的代數後，函數值誤差持續落在某一固定比例內，便視為已找到最佳解，即可終止運算。

5. 天擇(Selection)

天擇是模擬優勝劣敗、物競天擇的自然界生存模式，其方式包括輪盤法(Roulette Wheel Selection)、競爭法(Tournament Selection)與菁英法(Elitist Selection)等等。從母體中隨機挑選染色體，並根據每條染色體的適應函數值，決定該染色體是否被選擇到下一代，進行子代的繁衍，倘若適應函數值結果越佳，被選擇的機率越高，反之，若是映函數的結果不理想，被選擇的機率就越低，終至淘汰。

6. 交配(Crossover)

交配是透過隨機選擇兩個母代染色體，進行部分的基因互換，進而形成兩個新子代染色體，並取代原本的母代染色體，其目的是為了讓子代染色體具有母代染色體的優點，並繼續繁衍到下一代。

染色體之間的基因會互換，透過此方式，能使子代獲得更好的適應函數值。但由於基因演算法是以機率為基礎架構，因此，子代染色體亦有變差的可能性，在後續演化的過程，便會因適應函數值不佳，而被淘汰。而交配方法分為單點交配、雙點交配、母代染色體隨機配對等等。

7. 突變(Mutation)

突變是將交配後產生的子代染色體，以特定方式與機率進行基因的突變，突變可以避免掉在交配過程中，因外在因素的刺激，使一些重要資訊的損失，另外，突變亦可避免結果過早收斂，導致染色體適應函數落入區域最佳解，而藉由突變，也可增加個體的變異性，增加個體的多樣性。

2.5.3 基因演算法流程圖

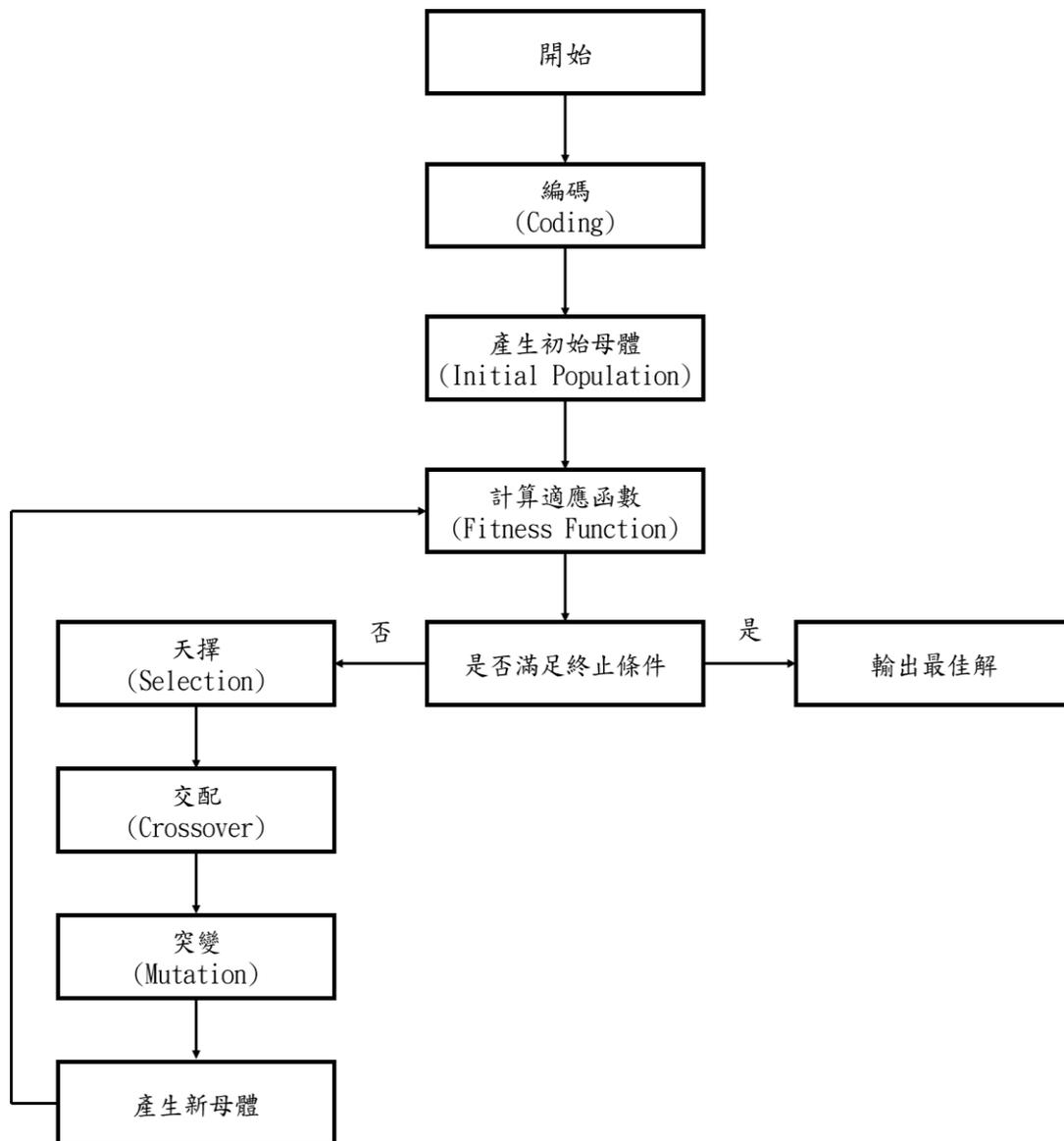


圖 2-4 基因演算法流程

資料來源：本研究整理

而現今常用的最佳化方法除了基因演算法，粒子群演算法（Particle Swarm Optimization, PSO）亦為當今常使用的求解最佳解方法，以下列出粒子群演算法之演算步驟：

1. 使用亂數初始化粒子位置與速度
2. 利用適應函數，評估粒子適應值
3. 更新粒子自身及群體最佳位置
4. 移動粒子
5. 若結束則輸出結果，反之則重新評估粒子適應值

下表為基因演算法與粒子群演算法之比較：

	隨機搜尋	淘汰機制
基因演算法	○	○
粒子群演算法	X	X

隨機搜尋：

粒子群演算法的粒子移動與更新都是根據自身及群體經驗，假設較好的粒子皆位於 A，下一次的迭代就不可能出現位於 B 的粒子。而基因演算法具備隨機搜尋之能力，以上述假設為例，若較好的基因皆位於 A，但於下一次迭代時，基因演算法基於突變的關係，仍會搜尋 B 基因，可避免遺漏較好基因少但仍可能產生最佳解的區間。

淘汰機制：

粒子群演算法並無淘汰機制，不會有粒子被淘汰，其採用的模式為逐漸將粒子帶離較差的區間。而基因演算法因具備淘汰機制，可將不好的基因淘汰，逐漸篩選出最好的結果。

基於上述比較可以得知，基因演算法對於求解最佳解具備更全面且準確的能力，因此選用基因演算法求解本研究之目標函數，以求能獲得更精確之結果。

2.6 總結

Panda(2011)提到，在高科技產業頻繁的推陳出新的世代，有一共同特點，零組件價格會因時間的推移而逐漸降低，並在一定的時間後因用途降低，或遭到取代而衰退，終至退出市場，由此可知，產品可能因其於同質性商品而導致需求量降低，但以目前文獻中，多只考慮單一類型，如Goyal(2006)，雖已將連續型成本遞減進行分析，但其需求設定為固定，尚無納入需求與成本皆隨時間變動的類型進行考量。

You(2003)探討季節性產品的變動價格與批量大小調整之間的關係，而為了獲得最佳總利潤，Chen et al.(2007)設計一庫存模型，根據所提出之策略，使價格隨時間遞減來銷售產品，透過訂單數量、售價與預售價格的變化，找出最適合之最佳決策。

由於Chen et al.(2007)之模型對訂單的大小、定價具有極大的彈性，本研究將延伸Chen et al.(2007)的經濟訂購批量模型，並結合其原已考慮的價格遞減模式，再加入購買價格與售價一同變動的模式，觀察更多不同變化的排列組合中，以利潤最大化與成本極小化為目標時，最佳的訂購次數與訂購時間點，訂定最適合之存貨策略。

另外，在產品別方面，使用產品生命週期，來探討不同的產品型態在各式組合下之變化及其原因，藉由上述之考慮，對環境設計與參數加以修正後成為本研究的訂貨批量模型。

接著，本研究將使用修正完的訂貨批量模型，求解基於三種根據上述的產品生命週期需求型態中，購買價格固定、遞減與售價固定、隨時間遞減與分批售價三種類型共六種組合，利用基因演算法優勝劣汰之優點，來進行最佳化求解，得到之最佳訂購時間點、最佳訂購次數、最佳利潤與最佳成本，藉此分別選擇最適合之存貨訂購策略。

第三章 研究方法

3.1 環境假設

1. 需求函數假設

本研究採用 Chen et al.(2007)所修正過之機率密度函數來估算產品生命週期需求，公式如下：

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^{Ht} t^{\alpha-1} (Ht - t)^{\beta-1} dt \quad (3)$$

$$f(t) = \frac{Q}{B(\alpha, \beta)} t^{\alpha-1} (Ht - t)^{\beta-1} \quad (4)$$

當 α 、 β 數值改變，需求函數會呈現不同的趨勢型態，根據其趨勢圖形，便可將其分類為數個不同的產品生命週期型態。於本研究中， Ht 為規劃期， Q 為在 Ht 期間所累積的需求量。

2. 購買成本假設

過去文獻考慮的多為持續遞減型的購買成本，但由於做更全面性的探討，才能使研究本身更為精確與適用於更多庫存狀況，本研究除了考慮原本的持續遞減型，亦會把固定型態的購買成本納入考量。

3. 售價假設

本研究除考慮成本因素，亦同時考量固定與變動的售價型態，變動的售價分為兩種，隨著時間變動的售價，和在每一批次前決定好的分批售價，上述三種售價模式透過與成本排列組合，再使用最佳化演算法求解，找出各需求與組合中，最佳的成本或最佳的利潤落點。

4. 其他假設

本研究不考慮大量訂購可能獲得的折扣或缺貨狀況，且使規劃期、前置時間固定，需求的增減趨勢部分，隨 α 、 β 增減而變動，期初與期末存貨皆為0，最後目標為最小總成本及最大總利潤。

3.2 符號定義

Ht ：規劃期

n ：訂購次數

α ：形狀參數

β ：比例參數

T_i ：第 i 個訂購週期時間起點

$f(t)$ ：時間點 t 的需求

m ：持有成本為購買成本的比例

Q ：規劃期內的總需求量

Y ：每次訂購成本

c ：購買價格

c_1 ：初始購買價格

b ：購買價格的下降範圍

p_i ：售價

p_1 ：初始售價

s ：售價的下降範圍

3.3 數學模式介紹

根據上一小節的符號定義，本研究提出一數學模型，以下為目標函數及限制式。

1. 目標函數

最小總成本=總訂購成本+總購買成本+總持有成本

最大總利潤=-(總訂購成本+總購買成本+總持有成本)+總售價

2. 限制式：

$$0 = T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < \dots < T_i < T_n < T_{n+1} \leq Ht$$

本研究之總成本由以下三者組成：

(1) 訂購成本

將每次訂購成本固定為 Y ，乘上訂購次數 n 可得

總訂購成本

$$Y \cdot n \quad (5)$$

訂購成本亦可稱為訂購處理成本，為訂購前所需的固定成本，因此，若訂購頻率高，該成本越高，訂購頻率低，該成本越低，對於需求量穩定的產品而言，庫存穩定不須頻繁訂貨，可透過減少訂購次數，來減少訂購成本。

(2) 購買成本

$f(t)$ 為單位時間的需求量，由 $f(t)$ 可以求出每個批量的大小，將其積分即可得週期的總需求量，本研究欲考慮成本的固定與遞減情形

$$\text{若成本固定，則 } c(T_i) = c \quad (6)$$

$$\text{若成本遞減， } c(T_i) = c - bT_i \quad (7)$$

c 為初始購買價格， b 為購買價格下降的範圍，將兩種單位週期購買價格分別乘上週期需求量，可得週期購買成本

成本固定時為

$$c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \quad (8)$$

成本遞減時為

$$(c - bT_i) \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \quad (9)$$

分別加總後可計算出總購買成本

成本固定的總購買成本：

$$\sum_{i=1}^n [c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt] \quad (10)$$

成本遞減的總購買成本：

$$\sum_{i=1}^n [(c - bT_i) \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt] \quad (11)$$

本研究考慮固定購買成本以及隨時間遞減購買成本兩種類型，是為因應大量且穩定的產品或是市場熱門程度逐漸下降且普及程度提高的產品購買價格會不同的產品的情形做考慮，

(3) 持有成本

將單位時間內的需求量 $f(t)$ 乘上持有時間 $(t - T_i)$ ，積分後可得週期庫存持有時間內的量：

$$\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \quad (12)$$

成本 $c(T_i)$ 固定時， $c(T_i) = c$ ，週期庫存持有成本為

$$c \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \quad (13)$$

成本遞減時， $c(T_i) = c - bT_i$ ，週期庫存持有成本為

$$(c - bT_i) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \quad (14)$$

接著，將全部的持有成本加總，但由於持有成本會受到購買成本的改變影響，因此本研究將加總後的持有成本再乘上一比例 m ， m 為持有成本為購買成本的比例，得

$$m \cdot \sum_{i=1}^n [c(T_i) \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right)] \quad (15)$$

(4) 售價

本研究納入三種不同的售價模式，固定售價、售價隨時間變動以及分批售價。將單位時間需求量 $f(t)$ 乘上售價 p_i ，可得單位需求量的總金額。

售價 p_i 固定時， $p_i = p$

週期總金額為

$$p \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \quad (16)$$

售價 p_i 隨時間變動時

週期總金額為

$$\int_{T_i}^{T_{i+1}} (f(t) \cdot p_i) dt \quad (17)$$

售價 p_i 分批時， $p_i = p_1 - (s \cdot T_i)$

週期總金額為

$$(p_1 - (s \cdot T_i)) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right) \quad (18)$$

接著，分別將所有的售價加總，可得

售價固定的總金額：

$$\sum_{i=1}^n [p_i \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right)] \quad (19)$$

售價隨時間變動的總金額：

$$\sum_{i=1}^n \left[\int_{T_i}^{T_{i+1}} (f(t) \cdot p_i) dt \right] \quad (20)$$

分批售價的總金額：

$$p_i \cdot \sum_{i=1}^n \left[\int_{T_i}^{T_{i+1}} (f(t)) dt \right] \quad (21)$$

企業的重點在於獲利與降低成本，藉由將總成本加上固定售價的總金額、隨時間變動的售價總金額或是分批售價的總金額，可求出不同排列組合下的利潤金額，可更進一步的分析在不同的售價與成本型態下，訂購次數增加或減少可獲得最佳利潤。

3. 庫存模式

Min Total cost $\{n, T_i\}$

$$= Y \cdot n + \sum_{i=1}^n \left[c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right] + \sum_{i=1}^n \left[c(T_i) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \right] \quad (22)$$

Max Total profit $\{n, T_i\}$

售價固定時：

Max Total profit $\{n, T_i\}$

$$= - \left(Y \cdot n + \sum_{i=1}^n \left[c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right] + \sum_{i=1}^n \left[c(T_i) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \right] \right) + \sum_{i=1}^n \left[p_i \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right) \right] \quad (23)$$

售價隨時間變動時：

Max Total profit $\{n, T_i\}$

$$= - \left(Y \cdot n + \sum_{i=1}^n \left[c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right] + \sum_{i=1}^n \left[c(T_i) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \right] \right) + \sum_{i=1}^n \left[\left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} (f(t) \cdot p_i) dt \right) \right] \quad (24)$$

分批售價時：

Max Total profit $\{n, T_i\}$

$$\begin{aligned}
 = & - \left(Y \cdot n + \sum_{i=1}^n \left[c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right] + \sum_{i=1}^n \left[c(T_i) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \right] \right) \\
 & + p_i \cdot \sum_{i=1}^n \left[\left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right) \right] \quad (25)
 \end{aligned}$$

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^{Ht} t^{\alpha-1} (Ht - t)^{\beta-1} dt \quad (26)$$

$$f(t) = \frac{Q}{B(\alpha, \beta)} t^{\alpha-1} (Ht - t)^{\beta-1} \quad (27)$$

3.4 基因演算法

3.4.1 演算法流程

確認完目標函數後，利用基因演算法求解，本研究所採用的求解方法流程步驟如下圖

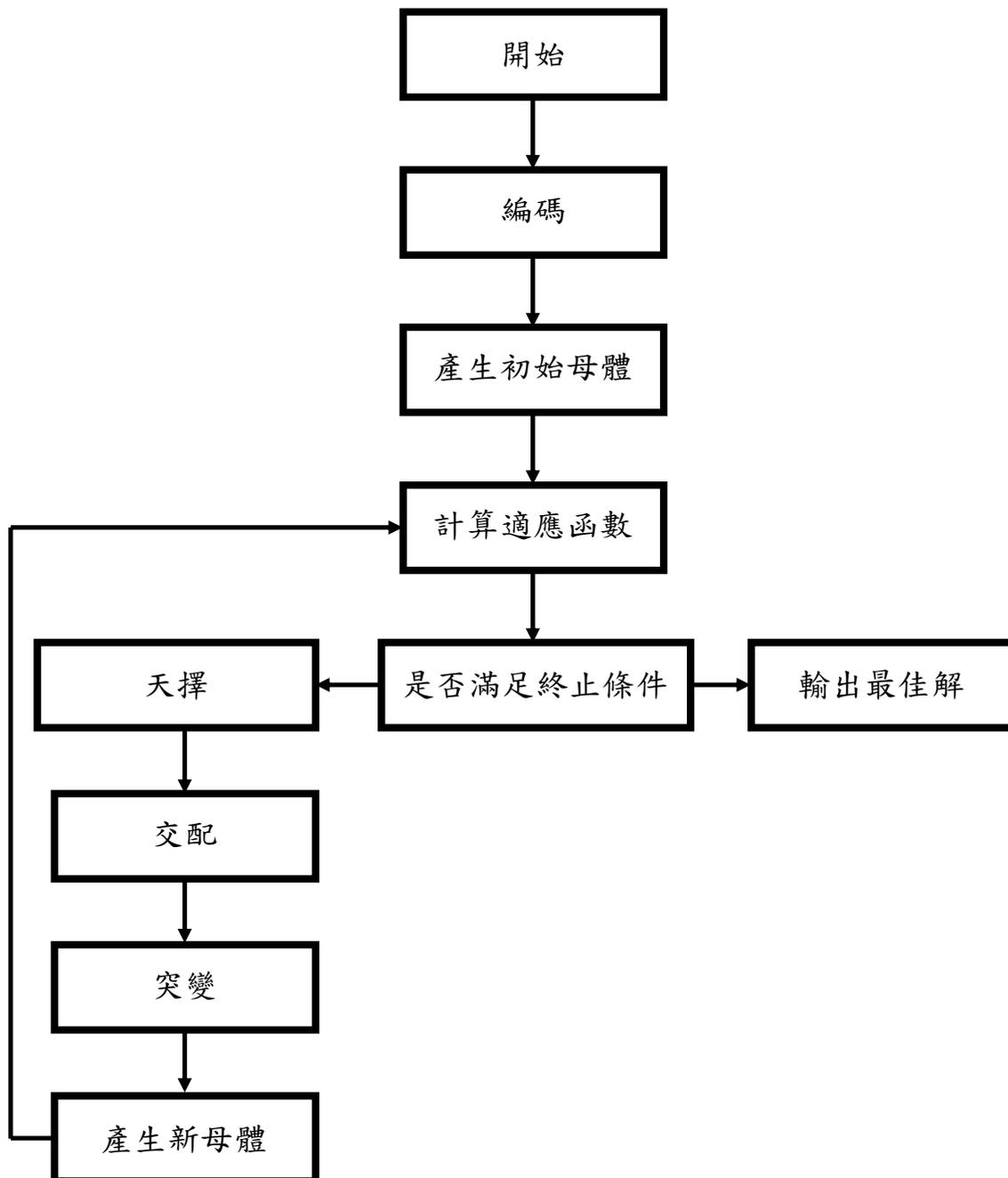


圖 3-1 基因演算法求解流程

資料來源：本研究整理

染色體編碼(Chromosome Representation)

一個基因代表一實數整數值，而一條染色體上有多個基因，而基因的數目即代表求解問題的參數數目，因此，本研究共有 12 組參數值變化。

每個染色體具有 n 個基因， n 在本研究代表的是訂購次數，而在限制式的規範下，將規劃期設定為 Ht ，時間點 T_i 由小到大排列，最小從規劃期 0 開始，最終結束在 Ht 。

初始化(Initialization Population)

初始化是為了決定演算法中的族群(Population Size)大小，而所產生的對應染色體集合，其第一組即為初始族群。

本研究的初始族群在限制條件的規範下隨機產生，其限制條件包含

1. 規劃期從 0 開始
2. 下一時間點不可大於上一時間點
3. 最後一個基因必須小於規劃期 Ht

適應函數 (Fitness function) :

本研究的目標函數如下

$$\begin{aligned} & \text{Min Total cost}\{n, T_i\} \\ & = Y \cdot n + \sum_{i=1}^n \left[c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right] + \sum_{i=1}^n \left[c(T_i) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \right] \end{aligned} \quad (28)$$

Max Total profit $\{n, T_i\}$

售價固定時：

$$\begin{aligned} & \text{Max Total profit}\{n, T_i\} \\ & = - \left(Y \cdot n + \sum_{i=1}^n \left[c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right] + \sum_{i=1}^n \left[c(T_i) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \right] \right) \\ & \quad + \sum_{i=1}^n \left[p_i \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right) \right] \end{aligned} \quad (29)$$

售價隨時間變動時：

$$\begin{aligned}
 & \text{Max Total profit}\{n, T_i\} \\
 & = - \left(Y \cdot n + \sum_{i=1}^n \left[c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right] + \sum_{i=1}^n \left[c(T_i) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \right] \right) \\
 & \quad + \sum_{i=1}^n \left[\left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} (f(t) \cdot p_i) dt \right) \right] \tag{30}
 \end{aligned}$$

分批售價時：

$$\begin{aligned}
 & \text{Max Total profit}\{n, T_i\} \\
 & = - \left(Y \cdot n + \sum_{i=1}^n \left[c \cdot \int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right] + \sum_{i=1}^n \left[c(T_i) \cdot \left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t)(t - T_i) dt \right) \right] \right) \\
 & \quad + p_i \cdot \sum_{i=1}^n \left[\left(\int_{T_i}^{T_{i+1}} f(t) dt \right) \right] \tag{31}
 \end{aligned}$$

根據 Beta 分配所計算出的週期訂購量，代入本研究上述的數學模式中，分別計算出總成本與總利潤，即為本研究之適應函數值。

終止條件

終止條件即為迭代次數的上限，亦即演算法停止計算的時刻，設置迭代次數上限時，需重複測試找出最適合之迭代次數，以本研究之試驗來說，初始設定之迭代次數為 200 代，而後發現運算過久，且結果誤差值過小，而後縮為 100 代，卻又出現過早收斂的情形，因此最終將終止迭代次數設定為 150 代，來求得本研究之解。

天擇(Selection)

本研究於母體採隨機取樣，在母體中隨機挑選染色體做交互比較，再將被挑選出的染色體做交互比較，適應函數值較好者為親代染色體。

本研究同時探討利潤極大化及成本極小化，因此，在利潤極大化時，選擇適應函數值最大者；於成本極小化時，則改為選擇適應函數值最小者。

交配(Crossover)

基因演算法中主要會以較高的機率來讓親代進行交配，一般的交配機率皆介在 0.7-0.9 之間，以 0.9 為例，即代表每隔 100 條染色體，會有 90 條染色體進行交配。交配能將兩條染色體經合併運算後，產生子代染色體，使子代染色體具有親代染色體的特性，其目的是產出具有母代染色體優點的子代，但由於基因演算法是基於機率來做運算，因此，子代亦有可能遺傳到親代的缺點，因此天擇機制的重要性便在於此，透過天擇，將較優良的子代染色體留下持續繁衍。

突變(Mutation)

突變機制是為避免適應函數值過早收斂落入區域最佳解，且為避免基因進行交配後，其群體改變太過細微，透過突變，來尋找新的基因最佳適應性，但因基因演算法是由機率來做運算，因此與交配相同，亦須注意產生更差適應函數解的可能性，但一樣透過天擇機制，在後續天擇時，適應函數值較差者便會逐漸被淘汰，僅留下較佳的子代基因。

第四章 數值分析

4.1 成本與利潤最佳化

1. $(\alpha, \beta) = (6, 3)$

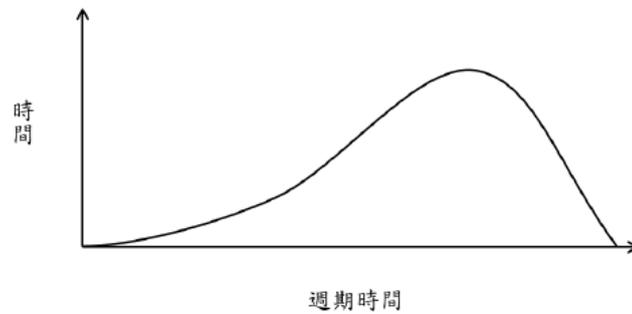


圖 4-1 $(\alpha, \beta) = (6, 3)$ 需求趨勢

形狀參數	α	6
比例參數	β	3
總需求量	Q	100000
規劃期(月)	H	12
訂購成本	K	4500
初始售價	p_1	50
單位時間售價遞減/遞增的比例	s	2
初始購買價格	c_1	35
單位時間購買價格遞減/遞增的比例	b	1
持有成本為購買成本的比例	h	0.2
母體大小	Population size	12
迭代次數	Generations	150
交配率	c_f	0.8
突變率	m_f	0.1

表 4-1 $(6, 3)$ 需求量下基因演算法參數表

資料來源：本研究整理

在 $(\alpha, \beta) = (6, 3)$ 時，需求量曲線最為接近常態的產品生命週期趨勢，而根據上表所設定之最佳化演算法參數，為以下不同的成本售價模式進行數值分析。

表 4-2 (6,3)購買價格(c)固定, 售價(p)固定之總成本表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳總成本	最佳解
3	[1.00 4.28]	-9113500	-9113500 (批數 3)
4	[2.09 5.98 8.99]	-9118000	
5	[1.83 3.09 7.97 9.19]	-9122500	
6	[2.07 3.83 5.60 6.75 8.85]	-9127000	
7	[1.45 2.29 4.46 7.46 8.39 9.95]	-9131500	
8	[1.01 2.99 4.00 6.00 7.00 8.99 10.00]	-9136000	
9	[1.40 2.40 3.40 5.20 6.20 8.00 9.00 10.20]	-9140500	
10	[1.00 2.02 3.20 4.04 5.97 7.04 8.00 9.07 10.64]	-9145000	
11	[1.00 2.05 3.04 4.04 5.17 6.32 7.27 8.70 9.29 10.47]	-9149500	
12	[1.00 2.00 3.02 4.02 4.99 6.00 7.00 7.99 8.95 9.99 11.05]	-9154000	

資料來源：本研究整理

表 4-3 (6,3)購買價格(c)固定, 售價(p)固定之總利潤表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳總利潤	最佳解
3	[1.01 5.61]	1386500	1387500 (批數 5)
4	[2.34 4.97 7.07]	1382000	
5	[2.96 5.45 7.90 10.10]	1387500	
6	[1.65 2.83 5.26 7.80 9.12]	1396200	
7	[1.39 4.72 6.01 7.11 8.58 9.72]	1368500	
8	[1.07 2.25 4.97 5.99 7.11 8.99 10.19]	1384000	
9	[1.54 2.73 3.58 5.22 6.30 7.60 8.87 10.54]	1359500	
10	[1.75 2.2 3.40 4.72 5.80 7.45 8.32 10.04 11.11]	1365000	
11	[1.00 2.10 3.05 4.19 5.74 6.59 7.34 8.51 9.93 10.99]	1350500	
12	[1.06 2.0 3.00 4.00 5.04 5.84 6.99 8.19 9.02 10.01 11.00]	1346000	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 6，比例參數 β 為 3，購買價格固定且售價固定時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據圖 4-2 可知，該組合之最佳總成本為-9113500，訂購次數為 3 次；根據圖 4-3 可知，最佳總利潤為 1387500，訂購次數為 5 次。

表 4-4 (6,3)購買價格(c)固定, 售價(p)固定之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	9113500	3
最佳總利潤	1387500	5

資料來源：本研究整理

表 4- 5 (6,3)購買價格(c)固定, 售價(p)隨時間遞減之總成本表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[2.83 8.01]	-9113500	-9111800 (批數 4)
4	[1.31 3.60 7.16]	-9111800	
5	[4.60 6.55 7.22 9.70]	-9122500	
6	[1.72 3.52 5.59 7.91 9.01]	-9127000	
7	[1.34 3.84 4.86 5.63 8.41 9.92]	-9131500	
8	[1.99 3.00 4.00 5.99 6.99 8.85 10.01]	-9136000	
9	[1.02 2.00 3.95 5.01 6.00 7.02 8.00 10.00]	-9144500	
10	[2.29 3.50 4.95 6.03 7.00 7.89 9.01 10.79 11.99]	-9145000	
11	[1.00 2.00 3.00 4.03 5.00 6.01 7.00 8.01 9.03 10.02]	-9149500	
12	[1.01 2.00 3.00 3.97 5.04 6.00 6.98 7.99 9.00 9.88 10.87]	-9154000	

資料來源：本研究整理

表 4- 6 (6,3)購買價格(c)固定, 售價(p)隨時間遞減之總利潤表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳總利潤	最佳解
3	[2.83 8.01]	4365000	4375000 (批數 5)
4	[1.31 3.60 7.16]	4320000	
5	[4.60 6.55 7.22 9.70]	4375000	
6	[1.72 3.52 5.59 7.91 9.01]	4373000	
7	[2.58 2.84 4.86 5.63 8.41 9.92]	4368600	
8	[0.99 3.00 4.00 5.99 6.99 8.85 10.00]	4364000	
9	[1.02 2.00 3.95 5.01 6.00 7.00 8.00 10.00]	4359500	
10	[2.29 4.40 5.35 6.03 7.00 7.89 9.01 10.77 11.99]	4345000	
11	[1.01 2.00 3.13 4.01 5.00 6.09 7.01 8.01 9.91 10.84]	4349500	
12	[1.00 2.30 3.15 4.00 4.99 6.00 7.13 8.18 9.00 9.99 11.33]	4354000	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 6，比例參數 β 為 3，購買價格固定且售價隨時間遞減時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據圖 4-5 可知，該組合之最佳總成本為-9111800，訂購次數為 4 次；根據圖 4-6 可知，最佳總利潤為 4375000，訂購次數為 5 次。

表 4- 7 (6,3)購買價格(c)固定, 售價(p)隨時間遞減之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	9111800	4
最佳總利潤	4375000	5

資料來源：本研究整理

表 4-8 (6,3)購買價格(c)固定, 分批售價(p)之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳總成本	最佳解
3	[2.04 10.18]	-9113500	-9113500 (批量 3)
4	[1.88 4.27 8.63]	-9118000	
5	[2.46 3.00 7.17 10.14]	-9122500	
6	[3.71 5.49 6.77 8.01 9.25]	-9127000	
7	[1.19 3.00 5.00 8.00 10.37 11.75]	-9131500	
8	[3.21 4.59 5.63 6.56 7.39 8.44 9.55]	-9136000	
9	[3.05 4.34 5.39 6.29 7.15 8.02 8.90 9.88]	-9140500	
10	[1.00 2.03 3.07 4.21 5.22 6.34 7.71 8.72 9.72]	-9145000	
11	[2.63 3.74 4.49 5.37 6.15 7.03 7.83 8.61 9.31 10.11]	-9149500	
12	[1.16 2.56 3.26 4.46 5.53 6.65 7.50 8.78 9.75 10.84 11.98]	-9154000	

資料來源：本研究整理

表 4-9 (6,3)購買價格(c)固定, 分批售價(p)之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳總利潤	最佳解
3	[5.20 7.89]	5374900	5614800 (批數 8)
4	[4.65 6.82 8.61]	5477300	
5	[3.90 5.7688 7.13 8.77]	5528700	
6	[3.51 5.30 6.65 7.89 9.26]	5570700	
7	[3.40 4.97 6.08 7.20 8.28 9.38]	5598800	
8	[2.60 4.39 5.45 6.75 7.87 8.89 9.89]	5614800	
9	[2.75 3.87 5.12 6.0 7.00 7.91 8.83 9.80]	5535200	
10	[1.91 3.03 4.38 5.29 6.20 7.14 8.00 8.95 9.86]	5543200	
11	[2.61 3.82 4.68 5.51 6.33 7.15 7.91 8.64 9.34 10.12]	5565800	
12	[1.76 2.92 3.90 4.76 5.50 6.31 7.16 7.94 8.76 9.69 10.4265]	5569300	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 6，比例參數 β 為 3，購買價格固定且分批售價時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-8 可知，該組合之最佳總成本為-9113500，訂購次數為 3 次；由表 4-9 可知，該組合之最佳總利潤為 5614800，訂購次數為 8 次。

表 4-10 (6,3)購買價格(c)固定, 分批售價(p)之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	9113500	3
最佳總利潤	5614800	8

資料來源：本研究整理

表 4- 11 (6,3)購買價格(c)遞減, 售價(p)固定之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[1.20 10.69]	-1169900	-1165100 (批數 4)
4	[1.12 2.53 10.22]	-1165100	
5	[1.52 3.30 8.61 10.56]	-1353300	
6	[2.05 3.86 5.93 7.89 8.92]	-1247000	
7	[1.27 2.04 3.73 7.51 9.33 10.73]	-1326100	
8	[1.83 2.73 4.36 5.97 7.68 8.76 10.98]	-1426800	
9	[1.45 2.75 5.97 7.85 8.49 9.66 10.77 11.34]	-1451000	
10	[1.11 2.39 4.18 6.74 7.89 9.10 10.45 10.99 11.60]	-1462600	
11	[1.84 2.85 3.20 4.84 5.35 6.90 7.90 8.96 9.27 10.00]	-1350000	
12	[1.30 2.42 3.64 5.44 6.81 7.94 8.82 9.60 10.21 10.95 11.66]	-1438000	

資料來源：本研究整理

表 4- 12 (6,3)購買價格(c)遞減, 售價(p)固定之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[1.00 7.0972]	1733050	1864300 (批數 6)
4	[1.23 4.50 9.98]	1854100	
5	[1.52 2.30 8.61 9.66]	1807500	
6	[2.05 3.86 5.93 7.89 8.92]	1864300	
7	[1.06 2.30 3.38 8.42 9.91 10.96]	140980	
8	[1.85 2.73 5.34 6.00 8.19 9.00 10.43]	1435880	
9	[1.45 2.75 5.37 6.95 8.29 9.06 10.10 11.14]	1345600	
10	[1.12 2.00 5.18 6.16 7.80 8.53 9.34 10.22 10.90]	1347500	
11	[1.04 2.95 3.90 4.84 5.55 6.70 7.90 8.96 9.85 10.50]	1342200	
12	[1.05 2.23 3.33 4.84 5.79 6.67 7.39 8.98 9.63 10.68 11.36]	1338400	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 6，比例參數 β 為 3，購買價格遞減且售價固定時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據圖 4-11 可知，該組合之最佳總成本為-1165100，訂購次數為 4 次；根據圖 4-12 可知，最佳總利潤為 1864300，訂購次數為 6 次。

表 4- 13 (6,3)購買價格(c)遞減, 售價(p)固定之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	1165100	4
最佳總利潤	1864300	6

資料來源：本研究整理

表 4-14(6,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[2.21 9.95]	-1055700	-1016900 (批數 4)
4	[1.34 4.95 10.61]	-1016900	
5	[1.22 2.79 9.22 10.67]	-1438000	
6	[1.11 2.92 5.19 9.32 10.94]	-1263200	
7	[1.61 2.98 3.14 4.60 8.37 9.81]	-1575700	
8	[1.11 3.18 4.16 6.42 8.38 9.46 10.56]	-1850000	
9	[2.40 3.61 4.63 7.61 8.19 8.95 10.49 11.34]	-1301800	
10	[1.98 2.65 3.95 4.70 7.00 8.65 9.20 10.97 11.61]	-1584400	
11	[1.15 2.36 3.67 4.04 5.21 6.29 8.95 9.65 10.47 11.24]	-1207100	
12	[1.00 2.65 3.19 4.91 5.19 6.35 7.08 8.69 9.16 10.00 11.14]	-1386400	

資料來源：本研究整理

表 4-15 (6,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[0.38 10.54]	5166500	5232900 (批數 6)
4	[3.66 5.47 7.03]	5172800	
5	[1.29 2.19 6.42 9.96]	5225700	
6	[1.11 2.18 5.19 9.32 10.70]	5232900	
7	[1.61 2.98 3.14 4.60 9.37 10.81]	5222300	
8	[1.11 3.18 4.16 7.42 8.38 9.46 10.56]	5226100	
9	[1.40 2.61 4.63 7.61 8.19 9.35 10.49 11.34]	5212000	
10	[1.49 2.41 3.07 4.54 6.67 7.65 9.49 10.57 11.47]	5231100	
11	[1.15 2.36 3.67 4.54 5.21 6.29 7.95 8.95 9.97 10.74]	5211400	
12	[1.31 2.65 3.59 4.41 5.29 6.35 7.08 7.79 8.63 10.00 10.84]	5231000	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 6，比例參數 β 為 3，購買價格遞減且售價隨時間遞減時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-14 可知，該組合之最佳總成本為-1016900，訂購次數為 4 次；根據表 4-15 可知，最佳總利潤為 5232900，訂購次數為 6 次。

表 4- 16 (6,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	1016900	4
最佳總利潤	5232900	6

資料來源：本研究整理

表 4- 17 (6,3)購買價格(c)遞減, 分批售價(p)之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[1.00 5.76]	-1158800	-1158100 (批數 4)
4	[1.13 3.10 10.72]	-1158100	
5	[2.46 5.23 6.90 11.40]	-1393600	
6	[1.46 2.68 5.24 6.88 9.57]	-1389400	
7	[1.32 2.91 3.31 6.92 9.19 10.33]	-1380300	
8	[1.53 2.74 4.01 5.80 6.58 7.27 8.06]	-1336300	
9	[2.78 4.12 5.14 6.98 7.01 8.61 9.22 10.97]	-1330300	
10	[1.87 2.79 4.20 5.17 6.01 6.92 7.98 8.60 11.43]	-1489800	
11	[1.89 2.42 3.53 4.55 5.35 6.07 7.97 8.77 9.68 10.42]	-1500900	
12	[1.52 2.91 3.60 4.58 5.52 6.33 7.20 8.00 8.89 9.11 10.92]	-1532800	

資料來源：本研究整理

表 4- 18 (6,3)購買價格(c)遞減, 分批售價(p)之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[1.00 6.44]	3923500	5343900 (批數 7)
4	[1.46 4.86 7.68]	4736300	
5	[1.39 4.51 6.53 11.37]	5128500	
6	[1.93 2.63 5.35 6.91 9.89]	5272500	
7	[1.45 2.55 3.58 7.92 9.79 10.69]	5343900	
8	[2.50 3.90 5.20 6.35 7.56 8.87 9.87]	5317700	
9	[1.01 2.00 3.08 5.98 7.01 8.61 9.22 10.77]	5324800	
10	[1.86 3.35 4.26 5.36 6.19 7.06 8.00 9.00 10.43]	5329000	
11	[1.89 2.42 3.53 4.55 5.35 6.07 7.79 8.36 9.61 10.89]	5330200	
12	[1.52 2.91 3.60 4.58 5.52 6.33 7.20 8.00 8.77 9.11 10.88]	5335500	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 6，比例參數 β 為 3，購買價格遞減且分批售價時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-17 可知，該組合之最佳總成本為-1158100，訂購次數為 4 次；據表 4-18 可知，該組合之最佳總利潤為 5343900，訂購次數為 7 次。

表 4- 19 (6,3)購買價格(c)遞減, 分批售價(p)之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	1016900	4
最佳總利潤	5232900	7

資料來源：本研究整理

2. $(\alpha, \beta) = (1, 3)$

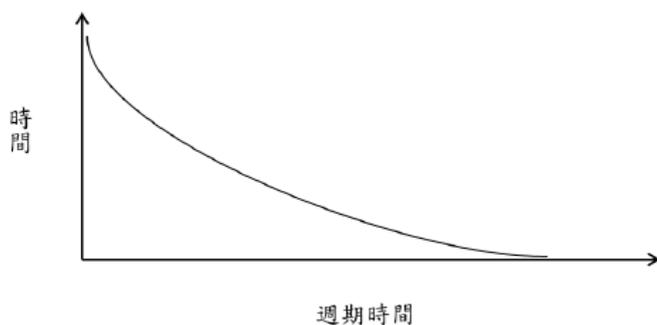


圖 4-2 $(\alpha, \beta) = (1, 3)$ 需求趨勢

形狀參數	α	1
比例參數	β	3
總需求量	Q	100000
規劃期(月)	H	12
訂購成本	K	4500
初始售價	p_1	50
單位時間售價遞減/遞增的比例	s	2
初始購買價格	c_1	35
單位時間購買價格遞減/遞增的比例	b	1
持有成本為購買成本的比例	h	0.2
母體大小	Population size	12
迭代次數	Generations	150
交配率	c_f	0.8
突變率	m_f	0.1

表 4-20 $(1,3)$ 需求量下基因演算法參數表

資料來源：本研究整理

在 $(\alpha, \beta) = (1, 3)$ 時，需求量曲線呈現持續遞減的趨勢，初始為最高，過程中陸續下降，終至週期結束，而根據上表所設之最佳化演算法參數，為以下不同的成本售價模式進行數值分析。

表 4- 21 (1,3)購買價格(c)固定, 售價(p)固定之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳總成本	最佳解
3	[2.00 9.99]	-5415000	-5260000 (批數 4)
4	[1.57 5.12 8.64]	-5260000	
5	[1.20 3.84 8.63 9.75]	-5300000	
6	[1.00 4.99 6.96 7.99 9.93]	-5636000	
7	[1.28 2.86 4.60 6.52 7.41 8.93]	-5350000	
8	[1.68 2.15 4.83 6.07 7.10 8.04 10.68]	-5598000	
9	[1.00 2.35 4.00 5.00 6.13 7.67 8.97 10.00]	-5645000	
10	[1.61 3.01 3.94 4.75 5.98 6.99 8.03 9.90 10.98]	-5660000	
11	[1.00 2.44 3.12 4.00 5.07 6.04 7.29 8.28 9.85 10.98]	-5649500	
12	[1.00 2.00 2.80 4.00 5.01 6.00 7.00 8.00 9.00 10.00 10.99]	-5654000	

資料來源：本研究整理

表 4- 22 (1,3)購買價格(c)固定, 售價(p)固定之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[1.50 6.69]	2386500	2386500 (批數 3)
4	[3.57 6.56 9.26]	2382000	
5	[1.78 4.77 7.59 10.89]	2377500	
6	[1.97 3.01 5.82 7.06 8.91]	2373000	
7	[1.37 2.96 4.73 5.98 8.60 9.55]	2368500	
8	[2.85 3.11 4.12 6.14 7.21 8.92 9.99]	2364000	
9	[1.00 2.00 3.71 4.79 6.11 7.06 8.68 10.00]	2359500	
10	[1.03 2.67 3.37 4.13 5.99 7.00 8.86 9.98 10.97]	2355000	
11	[1.00 2.00 3.14 4.12 5.10 6.45 7.00 8.81 9.53 10.89]	2350500	
12	[1.02 2.00 3.16 4.12 5.00 6.00 7.00 8.00 8.98 9.99 10.90]	2346000	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 1，比例參數 β 為 3，購買價格固定且售價固定時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-21 可知，該組合之最佳總成本為-5260000，訂購次數為 4 次；根據表 4-22 可知，最佳總利潤為 2386500，訂購次數為 3 次。

表 4- 23 (1,3)購買價格(c)固定, 售價(p)固定之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	5260000	4
最佳總利潤	2386500	3

資料來源：本研究整理

表 4- 24 (1,3)購買價格(c)固定, 售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[2.71 7.15]	-5631500	-5618000 (批數 4)
4	[1.81 6.78 8.20]	-5618000	
5	[2.72 4.44 6.60 8.68]	-5622500	
6	[1.00 4.87 6.88 7.99 9.98]	-5627000	
7	[1.00 6.17 7.00 8.00 10.00 10.89]	-5635100	
8	[2.97 3.7 4.17 5.99 6.80 7.48 11.17]	-5636000	
9	[2.00 3.25 4.11 4.98 6.78 7.98 9.00 10.73]	-5640500	
10	[2.39 4.72 5.66 6.99 7.85 8.00 9.18 10.04 10.92]	-5645000	
11	[1.63 2.63 3.87 4.88 5.03 6.98 8.04 9.33 10.80 11.68]	-5649500	
12	[1.26 2.13 3.09 4.79 5.07 6.30 7.04 8.13 9.82 10.54 11.39]	-5645400	

資料來源：本研究整理

表 4-25 (1,3)購買價格(c)固定, 售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[2.71 5.91]	813500	836300 (批數 8)
4	[1.81 6.78 8.20]	818000	
5	[2.72 4.44 6.60 8.68]	822500	
6	[1.00 4.87 6.88 7.99 9.98]	827000	
7	[1.00 6.17 7.00 8.00 10.00 11.81]	831500	
8	[2.97 3.70 4.47 5.99 6.80 8.48 11.00]	836300	
9	[1.00 2.20 3.11 4.08 6.78 7.98 9.0 10.73]	824500	
10	[2.39 4.72 5.66 6.99 7.67 8.60 9.38 10.04 10.92]	825000	
11	[1.00 2.63 3.87 4.88 5.03 6.98 7.04 9.3 10.80 11.68]	824940	
12	[1.26 2.13 3.09 4.79 5.07 6.30 7.04 8.13 9.82 10.54 11.39]	824600	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為1, 比例參數 β 為3, 購買價格固定且售價隨時間遞減時, 根據基因演算法求最佳解可求得, 如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點(訂購點), 以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-24 可知, 該組合之最佳總成本為-5618000, 訂購次數為 4 次; 由表 4-25 可知, 該組合之最佳總利潤為 836300, 訂購次數為 8 次。

表 4- 26 (1,3)購買價格(c)固定, 售價(p)隨時間遞減之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	5618000	4
最佳總利潤	836300	8

資料來源：本研究整理

表 4- 27 (1,3)購買價格(c)固定, 分批售價(p)之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[2.18 6.73]	-5613500	-5613500 (批數 3)
4	[1.11 4.71 7.04]	-5618000	
5	[1.68 3.47 5.16 6.94]	-5622500	
6	[1.88 2.83 5.31 7.94 9.05]	-5627000	
7	[3.41 5.03 6.15 7.10 8.24 9.40]	-5631500	
8	[2.19 3.25 4.99 6.48 7.76 8.84 9.85]	-5636000	
9	[1.04 2.00 3.04 4.00 6.02 7.05 8.99 9.97]	-5636500	
10	[1.01 2.04 3.34 4.43 5.97 7.60 8.88 9.75 1.28]	-5645000	
11	[1.06 2.93 3.35 4.78 5.85 6.96 8.45 9.54 10.20 11.46]	-5648500	
12	[1.00 2.68 3.32 4.12 5.40 6.22 7.42 8.78 9.97 10.88 11.70]	-5645500	

資料來源：本研究整理

表 4- 28 (1,3)購買價格(c)固定, 分批售價(p)之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[1.25 7.00]	1088600	1198400 (批數 7)
4	[1.63 3.42 5.62]	1025300	
5	[1.60 3.26 4.90 6.68]	1074600	
6	[1.27 2.57 4.00 5.64 7.33]	1170700	
7	[1.15 2.31 3.44 4.77 6.08 7.72]	1198400	
8	[1.15 2.51 3.90 5.37 6.67 7.75 9.15]	1111700	
9	[1.08 2.12 3.17 4.37 5.66 6.80 7.63 9.35]	1132900	
10	[1.0 2.00 3.01 3.98 5.06 6.17 7.64 9.01 9.99]	1144000	
11	[1.02 2.01 2.93 3.84 4.85 5.64 6.46 7.32 8.36 9.18]	1157200	
12	[1.01 2.00 2.92 3.92 4.89 5.90 6.77 7.60 8.57 9.32 10.30]	1160600	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 1，比例參數 β 為 3，購買價格固定且分批售價時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-27 組合之最佳總成本為-5613500，訂購次數為 3 次；根據表 4-28，最佳總利潤為 1198400，訂購次數為 7 次。

表 4- 29 (1,3)購買價格(c)固定, 分批售價(p)之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	5613500	3
最佳總利潤	1198400	7

資料來源：本研究整理

表 4- 30 (1,3)購買價格(c)遞減, 售價(p)固定之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[1.00 5.29]	-1176000	-1175500 (批量 5)
4	[1.23 4.50 9.98]	-1178000	
5	[1.52 2.30 9.61 10.56]	-1175500	
6	[2.05 3.86 5.93 7.89 8.92]	-1376800	
7	[1.0 2.30 3.38 8.42 9.91 10.96]	-1369400	
8	[1.12 2.15 4.36 5.60 7.68 8.96 9.93]	-1522800	
9	[1.45 2.75 5.97 7.85 8.49 9.66 10.77 11.34]	-1624300	
10	[1.27 2.00 4.99 7.90 8.6060 9.53 10.22 10.99 11.60]	-1690800	
11	[1.84 2.85 3.20 4.84 5.35 6.90 7.90 8.96 9.27 10.00]	-1727900	
12	[1.30 2.42 3.64 5.44 6.81 7.94 8.82 9.60 10.21 10.95 11.66]	-1741700	

資料來源：本研究整理

表 4- 31 (1,3)購買價格(c)遞減, 售價(p)固定之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[1.89 8.65]	5355300	5377500 (批數 5)
4	[1.36 5.45 9.89]	5320400	
5	[2.23 3.00 4.18 9.09]	5377500	
6	[1.05 4.24 6.47 8.55 9.12]	5319100	
7	[1.49 2.09 5.37 8.74 9.59 10.83]	5376500	
8	[2.85 4.00 4.85 6.00 8.85 9.64 10.64]	5360000	
9	[1.31 2.63 4.05 7.32 8.67 9.27 10.08 11.32]	5369100	
10	[1.61 2.40 3.00 4.02 5.21 6.40 7.72 8.88 9.83]	5366700	
11	[1.53 2.46 3.47 4.72 6.16 8.61 9.01 10.48 11.27]	5324000	
12	[1.24 2.69 3.70 4.86 6.05 7.61 8.18 8.95 9.89 10.65 11.17]	5320500	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 1，比例參數 β 為 3，購買價格遞減且售價固定時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-30 組合之最佳總成本為-1175500，訂購次數為 5 次；根據表 4-31 組合之最佳總利潤為 5377500，訂購次數為 5 次。

表 4- 32 (1,3)購買價格(c)遞減, 售價(p)固定之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	1175500	5
最佳總利潤	5377500	5

資料來源：本研究整理

表 4-33(1,3)購買價格(c)遞減, 售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[3.91 9.68]	-5898800	-5805200 (批數 7)
4	[1.26 7.81 9.71]	-5865500	
5	[1.60 1.99 8.64 9.89]	-5805400	
6	[1.26 2.34 5.38 8.49 10.35]	-5888700	
7	[1.42 3.85 4.00 7.72 8.21 8.99]	-5805200	
8	[1.40 2.24 3.28 6.17 7.83 8.01 9.30]	-5896700	
9	[1.33 2.90 3.05 3.87 4.57 8.72 9.44 10.98]	-5850700	
10	[1.81 2.54 4.14 5.89 6.86 7.19 8.96 9.96 10.90]	-5886200	
11	[1.27 2.29 3.83 4.85 5.67 7.86 8.46 9.01 10.13 10.85]	-5873900	
12	[1.15 1.93 3.09 4.15 5.20 7.45 6.58 8.83 9.31 10.01 10.88]	-5857400	

資料來源：本研究整理

表 4-34 (1,3)購買價格(c)遞減, 售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[3.77 9.67]	6329500	6830400 (批數 8)
4	[1.46 9.18 10.72]	6077300	
5	[1.05 2.87 8.45 9.34]	6222800	
6	[1.26 2.34 8.38 9.49 10.50]	6456450	
7	[1.42 2.85 4.00 5.72 8.21 9.99]	6350700	
8	[1.14 2.24 5.29 6.73 7.83 9.01 10.99]	6830400	
9	[1.33 2.90 3.05 4.87 5.50 8.72 9.54 10.86]	6485400	
10	[1.59 2.54 4.14 5.89 6.86 8.19 8.96 9.69 10.60]	6658000	
11	[1.27 2.29 4.38 5.08 6.60 7.86 8.46 9.41 10.13 10.95]	6575000	
12	[1.15 2.93 3.79 5.15 6.20 7.44 8.58 9.03 9.81 10.21 11.48]	646910 0	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 1，比例參數 β 為 3，購買價格遞減且售價隨時間遞減時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-33 之最佳總成本為-5805200，訂購次數為 7 次；根據表 4-34，最佳總利潤為 6830400，訂購次數為 8 次。

表 4-35 (1,3)購買價格(c)遞減, 售價(p)隨時間遞減之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	5805200	7
最佳總利潤	6830400	8

資料來源：本研究整理

表 4- 36 (1,3)購買價格(c)遞減, 分批售價(p)之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[2.18 6.73]	-6911300	-6727700 (批數 5)
4	[1.11 4.71 7.04]	-6832500	
5	[1.78 4.31 8.00 10.93]	-6727700	
6	[1.88 2.83 5.31 7.94 9.05]	-7070600	
7	[3.41 5.0 6.15 7.10 8.24 9.40]	-6970700	
8	[2.19 3.25 4.99 6.48 7.76 8.8 9.85]	-7328300	
9	[1.04 2.00 3.04 4.00 6.02 7.05 8.99 9.97]	-7056900	
10	[1.01 2.04 3.34 4.43 5.97 7.60 8.88 9.75 11.28]	-7575000	
11	[1.06 2.93 3.35 4.78 5.85 6.96 8.45 9.54 10.00 11.76]	-7320900	
12	[1.00 2.68 3.32 4.12 5.40 6.22 7.42 8.78 9.97 10.88 11.70]	-7282000	

資料來源：本研究整理

表 4- 37 (1,3)購買價格(c)遞減, 分批售價(p)之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[1.25 7.00]	1088600	1198400 (批數 7)
4	[1.63 3.42 5.62]	1025300	
5	[1.60 3.26 4.90 6.68]	1074600	
6	[1.27 2.57 4.00 5.64 7.33]	1170700	
7	[1.15 2.31 3.44 4.77 6.08 7.72]	1198400	
8	[1.15 2.51 3.90 5.37 6.67 7.75 9.15]	1111700	
9	[1.08 2.12 3.17 4.37 5.66 6.80 7.63 9.35]	1132900	
10	[1.00 2.00 3.01 3.98 5.06 6.17 7.64 9.01 9.99]	1144000	
11	[1.02 2.01 2.93 3.84 4.85 5.64 6.46 7.32 8.36 9.18]	1157200	
12	[1.01 2.00 2.92 3.92 4.89 5.90 6.77 7.60 8.57 9.32 10.30]	1160600	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 1，比例參數 β 為 3，購買價格遞減且分批售價時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-36 組合之最佳總成本為-6727700，訂購次數為 5 次；根據表 4-37，最佳總利潤為 1198400，訂購次數 7 次。

表 4- 38 (1,3)購買價格(c)遞減, 分批售價(p)之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	6727700	5
最佳總利潤	1198400	7

資料來源：本研究整理

3. $(\alpha, \beta) = (3, 3)$

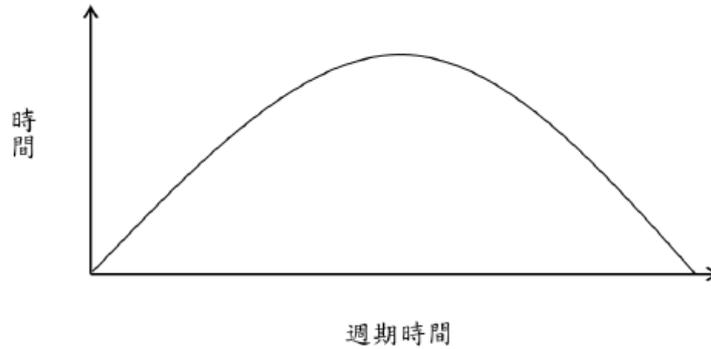


圖 4-3 $(\alpha, \beta) = (3, 3)$ 需求趨勢

形狀參數	α	3
比例參數	β	3
總需求量	Q	100000
規劃期(月)	H	12
訂購成本	K	4500
初始售價	p_1	50
單位時間售價遞減/遞增的比例	s	2
初始購買價格	c_1	35
單位時間購買價格遞減/遞增的比例	b	1
持有成本為購買成本的比例	h	0.2
母體大小	Population size	12
迭代次數	Generations	150
交配率	c_f	0.8
突變率	m_f	0.1

表 4-39 $(3, 3)$ 需求量下基因演算法參數表

資料來源：本研究整理

在 $(\alpha, \beta) = (3, 3)$ 時，需求量曲線呈常態分布，過程中穩定上升亦穩定下降，終至週期結束，而根據上表所設之最佳化演算法參數，為以下不同的成本售價模式進行數值分析。

表 4- 40 (3,3) 購買價格(c)固定, 售價(p)固定之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳總成本	最佳解
3	[3.01 8.97]	-7727000	-7713500 (批數 6)
4	[1.33 3.89 7.47]	-7718000	
5	[1.99 2.99 6.00 7.00]	-7722500	
6	[2.10 3.12 5.25 8.08 9.09]	-7713500	
7	[1.65 2.90 3.72 7.53 9.10 10.35]	-7731500	
8	[1.89 3.16 5.09 6.05 7.85 8.45 10.04]	-7736000	
9	[1.07 2.00 3.08 4.99 5.95 7.98 8.79 9.95]	-7745000	
10	[1.00 2.00 4.02 4.97 6.03 7.00 8.00 8.89 11.86]	-7743500	
11	[1.00 2.00 3.00 4.04 5.00 6.22 7.01 8.06 9.08 10.15]	-7749500	
12	[1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00 6.95 8.00 9.00 10.00 11.00]	-7754000	

資料來源：本研究整理

表 4- 41 (3,3) 購買價格(c)固定, 售價(p)固定之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳總利 潤	最佳解
3	[3.79 7.64]	1786500	1786500 (批數 3)
4	[4.00 5.90 7.99]	1782000	
5	[2.60 4.49 6.26 9.00]	1777500	
6	[2.06 3.00 5.99 6.99 9.00]	1773000	
7	[2.05 3.66 4.09 5.99 8.01 10.71]	1768500	
8	[0.99 3.79 4.64 6.81 7.12 8.91 10.08]	1764000	
9	[1.16 2.05 3.28 4.49 6.01 7.54 8.64 10.09]	1759500	
10	[1.00 2.23 3.27 4.00 6.00 7.00 8.52 9.60 10.93]	1755000	
11	[1.46 2.30 3.41 4.60 5.52 6.94 7.76 8.88 9.84 10.99]	1750500	
12	[1.30 2.01 3.23 4.18 5.11 6.45 7.23 8.16 9.00 9.99 11.01]	1746000	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 3，比例參數 β 為 3，購買價格固定且售價固定時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-40 可知，該組合之最佳總成本為-7713500，訂購次數為 6 次；根據表 4-41 可知，該組合最佳總利潤為 1786500，訂購次數為 3 次。

表 4- 42 (3,3)購買價格(c)固定, 售價(p)固定之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	7713500	6
最佳總利潤	1786500	3

資料來源：本研究整理

表 4-43(3,3)購買價格(c)固定, 售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[1.96 9.71]	-7733500	-7718000 (批數 4)
4	[1.26 5.91 7.10]	-7718000	
5	[2.12 3.50 7.78 8.76]	-7722500	
6	[1.34 4.14 6.42 8.74 10.10]	-7727000	
7	[1.39 5.20 5.77 7.67 8.74 9.88]	-7731500	
8	[2.99 4.61 5.98 7.05 7.99 9.13 10.24]	-7736000	
9	[1.47 2.41 3.25 5.64 6.44 7.94 9.79 10.92]	-7740500	
10	[1.63 2.05 3.39 4.73 5.99 7.99 8.97 9.96 10.90]	-7745000	
11	[1.46 3.34 4.22 4.95 6.01 7.01 7.99 8.94 9.68 10.99]	-7749500	
12	[1.02 2.34 3.07 4.01 5.88 6.21 6.99 7.95 8.70 10.00 10.99]	-7754000	

資料來源：本研究整理

表 4-44 (3,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[1.62 9.92]	2913500	2961500 (批數 7)
4	[2.82 5.99 10.16]	2912000	
5	[2.97 5.93 6.99 9.98]	2922500	
6	[1.34 4.14 6.42 8.70 10.10]	2927000	
7	[1.09 2.64 5.16 6.97 7.95 8.84]	2961500	
8	[1.12 2.36 4.9 5.82 7.11 8.47 10.32]	2936000	
9	[1.30 2.20 4.16 6.63 7.82 8.99 9.73 10.41]	2851200	
10	[1.95 2.27 4.36 6.64 7.00 8.22 9.01 9.95 10.86]	2845400	
11	[1.46 3.34 4.22 4.95 5.67 7.01 7.99 8.94 9.22 9.99]	2949500	
12	[1.81 3.83 4.23 4.93 5.97 6.97 7.11 7.84 9.47 10.47 11.39]	2954000	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 3，比例參數 β 為 3，購買價格固定且售價隨時間遞減時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-45 可知，該組合之最佳總成本為-7718000，訂購次數為 4 次；根據表 4-46 可知，最佳總利潤為 2961500，訂購次數為 7 次。

表 4- 47 (3,3)購買價格(c)固定,售價(p)隨時間遞減之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	7718000	4
最佳總利潤	2961500	7

資料來源：本研究整理

表 4- 48 (3,3) 購買價格(c)固定,分批售價(p)之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[3.46 6.11]	-7713500	-7712500 (批數 5)
4	[2.08 4.06 6.04]	-7718000	
5	[3.04 6.75 7.99 8.98]	-7712500	
6	[2.33 3.88 5.24 6.59 8.17]	-7727000	
7	[3.51 5.05 6.33 7.39 8.40 9.50]	-7731500	
8	[1.56 2.60 3.36 4.80 7.86 9.00 11.53]	-7736000	
9	[1.13 2.67 3.32 4.05 6.42 6.91 7.84 8.98]	-7745500	
10	[1.79 2.96 3.99 5.02 6.13 6.98 8.21 8.89 9.83]	-7745000	
11	[1.34 2.15 3.55 4.85 5.84 6.01 6.73 7.84 8.76 9.71]	-7739400	
12	[1.52 2.4 3.40 4.28 5.12 6.74 7.05 8.07 9.25 9.88 10.51]	-7744000	

資料來源：本研究整理

表 4- 49 (3,3) 購買價格(c)固定,分批售價(p)之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[3.61 6.42]	3713500	3884400 (批數 7)
4	[2.99 5.15 7.28]	3712000	
5	[2.64 4.46 6.11 7.88]	3716000	
6	[1.34 4.14 6.42 8.74 10.10]	3855700	
7	[2.03 3.39 4.61 5.71 6.97 8.46]	3884400	
8	[1.92 3.15 4.37 5.63 6.69 7.88 9.14]	3836600	
9	[1.81 3.02 4.15 5.23 6.29 6.29 7.33 8.36 9.45]	3825100	
10	[1.74 2.95 3.94 4.95 5.31 6.86 7.54 8.88 9.61]	3840600	
11	[1.54 2.56 3.43 4.33 5.18 5.97 6.77 7.58 8.43 9.40]	3856600	
12	[1.47 2.37 3.34 4.19 5.07 5.96 6.89 7.80 8.56 9.29 10.99]	3863800	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 3，比例參數 β 為 3，購買價格固定且分批售價時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-46 可知，該組合之最佳總成本為-7712500，訂購次數為 5 次；根據表 4-47 可知，最佳總利潤為 3884400，訂購次數為 7 次。

表 4- 50 (3,3)購買價格(c)固定,分批售價(p)之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	7712500	5
最佳總利潤	3884400	7

資料來源：本研究整理

表 4- 51 (3,3) 購買價格(c)遞減,售價(p)固定之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[4.70 8.84]	-8300300	-8300300 (批數 3)
4	[1.19 8.88 9.94]	-8405200	
5	[1.51 3.14 8.04 9.98]	-8400900	
6	[1.34 2.61 3.17 8.34 9.76]	-8350600	
7	[1.21 2.81 3.25 5.32 8.98 9.59]	-8359000	
8	[1.98 2.32 3.18 6.19 8.84 9.44 10.82]	-8399100	
9	[1.36 2.51 3.24 4.55 7.75 8.26 9.50 10.90]	-8309100	
10	[1.87 3.05 4.08 5.05 6.02 6.93 7.86 8.91 9.97]	-8359200	
11	[1.30 2.18 3.10 4.04 5.13 6.00 6.91 7.76 8.66 9.67]	-8356100	
12	[1.32 2.27 3.20 4.17 5.07 5.88 7.00 8.03 8.89 9.98 10.58]	-8346800	

資料來源：本研究整理

表 4- 52 (3,3) 購買價格(c)遞減,售價(p)固定之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點	最佳 總利潤	最佳解
3	[1.97 10.32]	454420	459960 (批數 6)
4	[1.19 8.0890 9.94]	452810	
5	[1.51 2.54 7.94 9.05]	448340	
6	[1.34 3.07 4.62 8.13 9.76]	459960	
7	[1.21 2.65 3.45 4.74 8.70 9.90]	453940	
8	[1.50 2.23 3.34 5.19 6.94 10.03 11.02]	450700	
9	[1.65 2.51 3.99 4.55 8.75 9.56 10.11 10.90]	452130	
10	[1.87 3.52 4.38 5.35 6.02 7.04 7.86 9.91 10.97]	453500	
11	[1.34 2.10 3.10 4.04 5.13 6.00 6.95 7.56 8.66 9.71]	453000	
12	[1.32 2.27 3.26 4.17 5.10 5.99 7.01 8.03 8.89 9.87 10.89]	453100	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 3，比例參數 β 為 3，購買價格遞減且售價固定時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-49 可知，該組合之最佳總成本為-8300300，訂購次數為 3 次；根據表 4-50 可知，最佳總利潤為 459960，訂購次數為 6 次。

表 4- 53 (3,3)購買價格(c)遞減,售價(p)固定之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	8300300	3
最佳總利潤	459960	6

資料來源：本研究整理

表 4- 54 (3,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點	最佳 總成本	最佳解
3	[1.14 7.90]	-7388500	-7318700 (批數 6)
4	[1.82 2.31 11.06]	-7397900	
5	[1.34 2.36 7.85 9.92]	-7383600	
6	[1.11 4.90 7.33 8.82 9.89]	-7318700	
7	[1.49 3.80 5.49 6.18 9.67 10.99]	-7377500	
8	[1.45 3.60 5.66 7.73 8.80 9.91 10.81]	-7370000	
9	[1.34 2.72 5.98 6.61 8.88 9.09 9.85 10.83]	-7381200	
10	[1.23 2.88 4.47 5.75 6.05 7.13 8.50 9.44 10.97]	-7322500	
11	[1.33 2.42 3.17 4.16 5.19 6.24 7.33 8.78 9.34 10.78]	-7359900	
12	[1.20 2.57 3.64 4.27 5.04 5.88 6.53 7.29 8.72 9.35 10.24]	-7367700	

資料來源：本研究整理

表 4- 55 (3,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點	最佳 總利潤	最佳解
3	[2.27 1.39]	4743200	4977500 (批數 7)
4	[1.08 2.55 10.81]	4805200	
5	[1.70 3.00 9.92 11.35]	4712100	
6	[1.86 2.42 6.12 8.82 10.68]	4747300	
7	[1.90 3.11 5.49 6.18 8.90 10.76]	4977500	
8	[1.45 3.90 4.66 5.88 8.42 8.91 9.81]	4970900	
9	[1.67 2.72 3.98 7.61 8.98 9.71 10.41 11.06]	4799700	
10	[1.02 1.88 2.07 3.51 5.04 7.61 8.45 9.54 10.30]	4800100	
11	[1.33 2.42 3.17 4.10 7.10 7.84 8.53 9.68 10.44 11.14]	4872700	
12	[1.2018 2.5723 3.6482 4.1272 5.0462 6.7724 7.5302 8.2978 9.0724 9.9500 11.20]	4861900	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 3，比例參數 β 為 3，購買價格遞減且售價隨時間遞減時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-52 可知，該組合之最佳總成本為-7318700，訂購次數為 6 次；根據表 4-53 可知，最佳總利潤為 4977500，訂購次數為 7 次。

表 4- 56 (3,3)購買價格(c)遞減,售價(p)隨時間遞減之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	7318700	6
最佳總利潤	4977500	7

資料來源：本研究整理

表 4- 57 (3,3) 購買價格(c)遞減,分批售價(p)之成本最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總成本	最佳解
3	[3.91 7.22]	-9803700	-9803700 (批數 3)
4	[2.39 4.54 8.96]	-10108000	
5	[2.23 3.38 5.26 10.87]	-12106000	
6	[1.97 3.41 4.89 5.60 8.90]	-11903000	
7	[1.02 2.33 3.68 4.78 6.99 8.38]	-13798000	
8	[1.69 2.91 3.96 5.01 6.12 7.32 8.36]	-11703000	
9	[1.48 2.53 3.66 4.80 6.0034 6.97 8.59 9.73]	-13349000	
10	[1.16 2.29 4.02 5.03 6.99 7.50 8.73 9.97 10.99]	-15329000	
11	[1.46 2.45 3.32 4.18 5.15 5.99 6.86 7.64 8.44 9.08]	-15530000	
12	[1.48 2.49 3.31 4.08 5.06 6.15 7.02 7.81 8.62 9.05 10.00]	-17561000	

資料來源：本研究整理

表 4- 58 (3,3) 購買價格(c)遞減,分批售價(p)之利潤最佳化表

最佳 訂購批數	最佳訂購點(月)	最佳 總利潤	最佳解
3	[1.48 10.66]	2713600	3626500 (批數 9)
4	[2.3285 4.1448 5.96]	3004800	
5	[2.23 3.79 5.2 6.61]	3140600	
6	[1.97 3.33 4.44 5.60 6.90]	3221200	
7	[1.11 2.02 3.46 4.78 6.13 7.89]	3350500	
8	[1.63 2.54 3.69 5.01 6.12 7.20 8.53]	3346100	
9	[1.23 2.99 3.66 4.80 6.34 6.97 7.59 10.89]	3626500	
10	[1.52 2.29 3.9156 4.67 6.99 7.45 8.26 9.70 10.92]	3412000	
11	[1.86 2.82 3.80 4.81 5.90 7.23 7.96 8.64 9.92 10.66]	3340300	
12	[1.67 2.94 3.62 4.93 5.57 6.01 7.19 7.71 8.74 9.79 10.89]	3337500	

資料來源：本研究整理

在形狀參數 α 為 3，比例參數 β 為 3，購買價格遞減且分批售價時，根據基因演算法求最佳解可求得，如上兩表所列出之不同批數所下訂單的時間點（訂購點），以及該批數所需的總成本與總利潤。

根據表 4-55 可知，該組合之最佳總成本為-9803700，訂購次數為 3 次；根據表 4-56 可知，最佳總利潤為 3626500，訂購次數為 9 次。

表 4- 59 (3,3)購買價格(c)遞減,分批售價(p)之最佳解表

	金額	批次
最佳總成本	9803700	3
最佳總利潤	3626500	9

資料來源：本研究整理

總結

本研究將購買價格與售價的固定與變動型態分類為六種組合，下列將一一對各種組合下不同需求之最佳化結果作分析。

4.2 最佳總利潤分析

以下為不同組合下，三個需求型態的總利潤最佳解比較。

可由訂購點觀察出，下一訂購點減上一訂購點，數值越小，即代表訂購週期較短，反之，數值越大即代表訂購週期較長。

購買價格固定，售價固定			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總利潤	1387500	2386500	1786500
訂購次數	5	3	3
訂購點	0	0	0
	2.96	1.50	3.79
	5.45	6.69	7.64
	7.90		
	10.10		

表 4- 60 購買價格固定，售價固定之最佳總利潤結果列表

資料來源：本研究整理

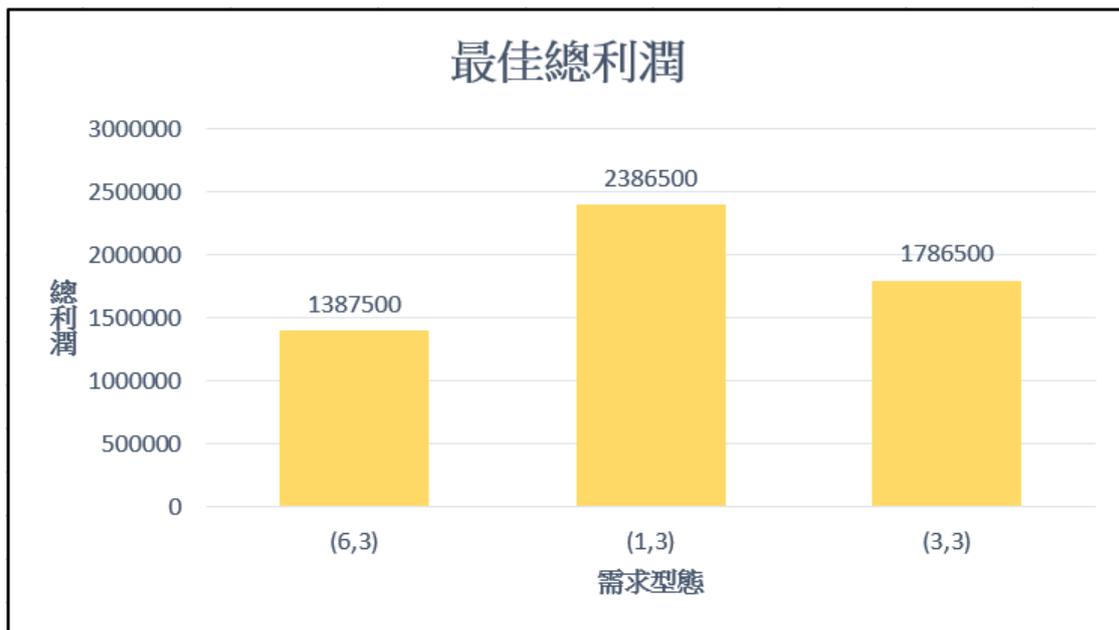


圖 4-4 購買價格固定，售價固定之最佳總利潤長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格固定，售價固定時，(1,3)可獲得最佳的利潤，另外，可由訂購次數觀察到，呈常態產品生命週期趨勢的(6,3)後期仍有較高的需求量，因此比(1,3)與(3,3)需增加更多的訂購次數，也因訂購次數較多，固定訂購成本增加，由表 4-58 可知，(6,3)的最佳總利潤低於另外兩需求型態。用訂購點觀察(1,3)和(3,3)，可知雖訂購次數皆為 3 次，但(1,3)需求量變化為持續遞減，因此無須在後期再次進貨，而常態分佈的(3,3)則須在中段再度進貨，以滿足後面所有的需求量。

購買價格固定，售價隨時間遞減			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總利潤	4375000	836300	2961500
訂購次數	5	8	7
訂購點	0 4.60 6.55 7.22 9.70	0 2.97 3.70 4.47 5.99 6.80 8.48 11.00	0 1.09 2.64 5.16 6.97 7.95 8.84

表 4- 61 購買價格固定，售價隨時間遞減之最佳總利潤結果列表

資料來源：本研究整理

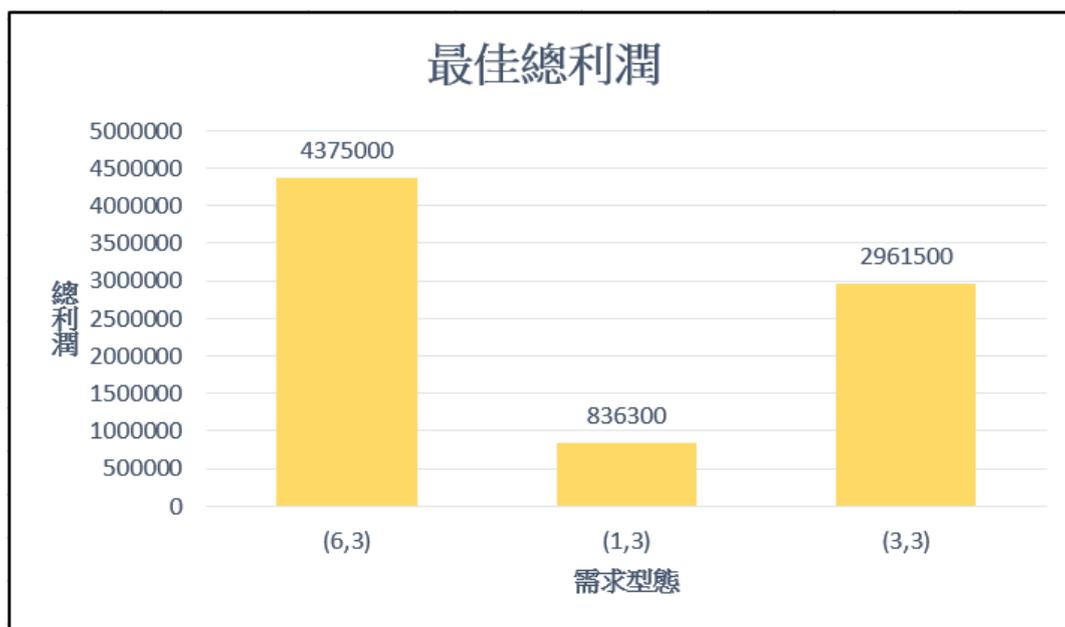


圖 4- 5 購買價格固定，售價隨時間遞減之最佳總利潤長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格固定，售價隨時間遞減時，可由訂購次數看出，(6,3)的訂購次數最低，(1,3)次之，最高為(3,3)，而其原因在於具有該特性之產品，於市場上的熱門程度減緩，須逐步降價出售，但該產品未完全退出市場，因此

企業仍然多次訂貨，是為了避免單次下單過多導致滯銷及產生額外的庫存持有成本，反之，單次下單過少則會造成獲利損失。

購買價格固定，分批售價			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總利潤	5614800	1198400	3884400
訂購次數	8	7	7
訂購點	0	0	0
	2.60	1.15	2.03
	4.39	2.31	3.39
	5.45	3.44	4.61
	6.75	4.77	5.71
	7.87	6.08	6.97
	8.89	7.72	8.46
	9.89		

表 4- 62 購買價格固定，分批售價售價之最佳總利潤結果列表

資料來源：本研究整理

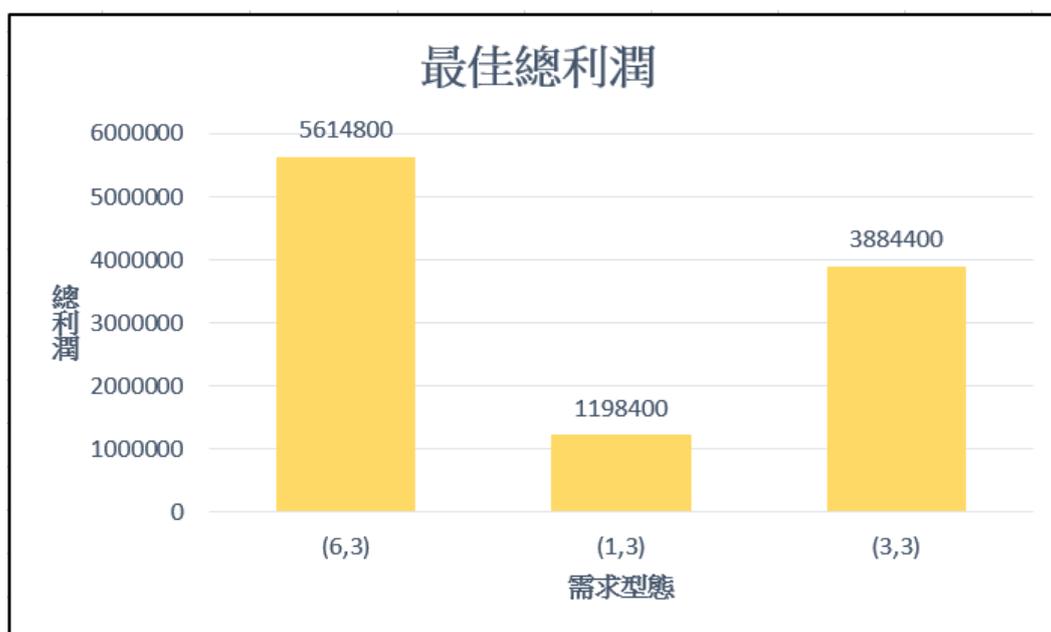


圖 4- 6 購買價格固定，分批售價之最佳總利潤長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格固定，分批售價時，可觀察出(6,3)可獲得最好的利潤，其主要原因在於(6,3)到後期比起其他兩者還有很高的需求量，因此，若單批需求

量低，訂購次數多，會致使固定的訂購處理成本與獲利降低，但因需求量大，訂購量所撐起的利潤較成本高出許多，沒有獲利降低的考量後，訂購次數多反倒能成為因應需求量變化的優點，亦不會因為大量囤貨而產生不必要的庫存持有成本。

購買價格隨時間遞減，售價固定			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總利潤	1864300	5377500	459960
訂購次數	6	5	6
訂購點	0	0	0
	2.05	2.23	1.34
	3.86	3.00	3.07
	5.93	4.18	4.62
	7.89	9.09	8.13
	8.92		9.76

表 4- 63 購買價格隨時間遞減，售價固定之最佳總利潤結果列表

資料來源：本研究整理

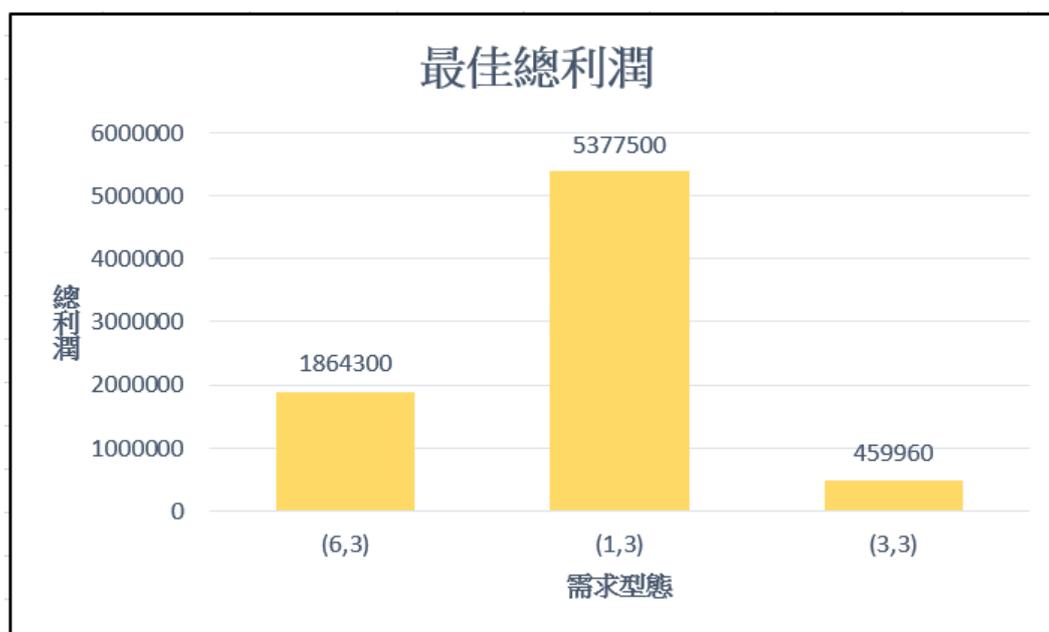


圖 4- 7 購買價格隨時間遞減，售價固定之最佳總利潤長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格隨時間遞減，售價固定時，可觀察出(1,3)具有最佳的總利潤，以訂購點來看，(1,3)在後期的訂購週期拉的較長，(1,3)為呈持續遞減之

需求量趨勢，因此可知其將後續需求量一次購買完成，藉此減少固定訂購成本，亦可得到較好的總利潤。

購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總利潤	5232900	6830400	4977500
訂購次數	6	8	7
訂購點	0 1.11 2.18 5.19 9.32 10.70	0 1.14 2.24 5.29 6.73 7.83 9.01 10.99	0 1.90 3.11 5.49 6.18 8.90 10.76

表 4- 64 購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減之最佳總利潤結果列表

資料來源：本研究整理

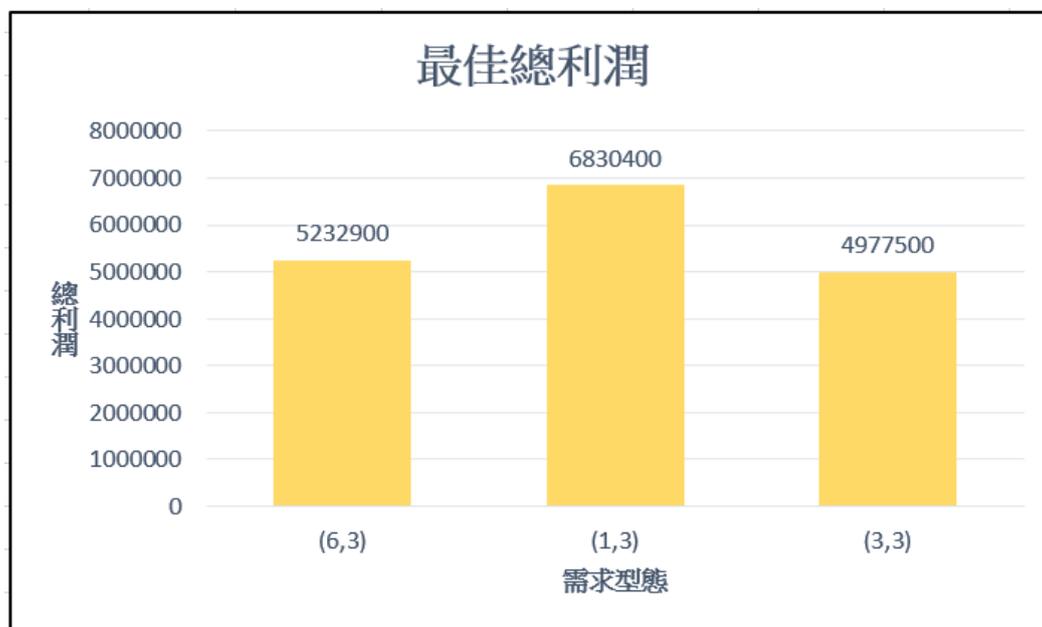


圖 4- 8 購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減之最佳總利潤長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減時，可觀察到(1,3)的總利潤最佳，因為購買價格與售價同時隨時間遞減，代表產品可能逐漸普及，甚至有退出市場的可能性，這與(1,3)本身持續遞減的特性相符，但三者於此組合的最佳總利潤並無極大差異，因此，在特殊狀況時，如購買價格遞減速度較快於售價時，因中後期需求量大於(1,3)，所以(6,3)與(3,3)的最佳總利潤就有機會超過(1,3)。

購買價格隨時間遞減，分批售價			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總利潤	5343900	1198400	3626500
訂購次數	7	7	9
訂購點	0	0	0
	1.45	1.15	1.23
	2.55	2.31	2.99
	3.58	3.44	3.66
	7.92	4.77	4.80
	9.79	6.08	6.34
	10.69	7.72	6.97
			7.59
			10.89

表 4- 65 購買價格隨時間遞減，分批售價之最佳總利潤結果列表

資料來源：本研究整理

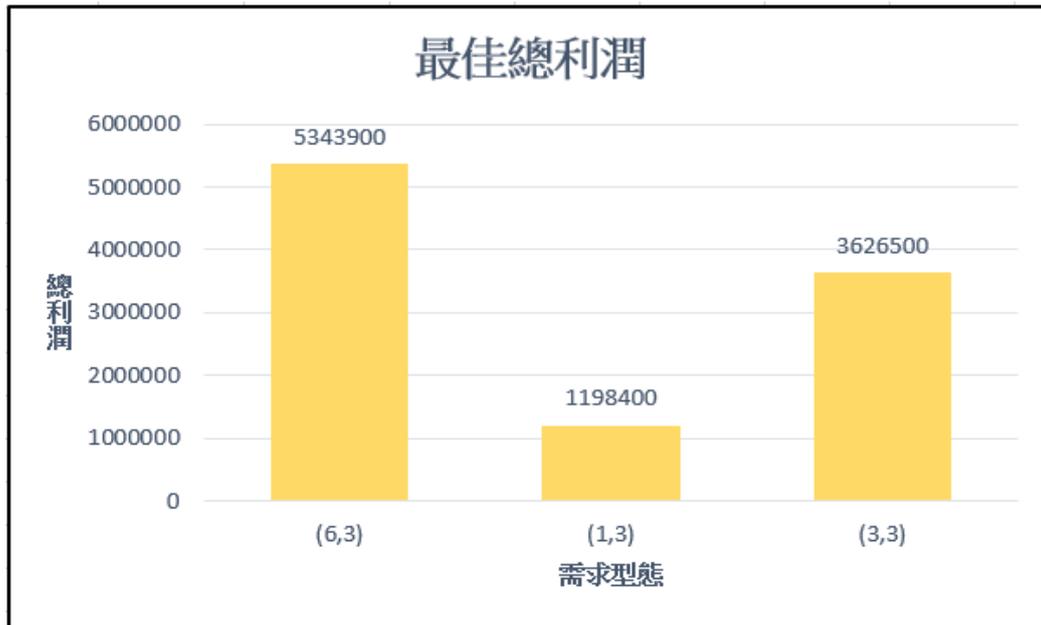


圖 4-9 購買價格隨時間遞減，分批售價之最佳總利潤長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格隨時間遞減，分批售價時，可觀察到(6,3)具有最好的總利潤，(3,3)次之，(1,3)最低，可能原因在於(1,3)後期需求量低，但其訂購次數並無明顯低於其他兩者，當中所產生的固定訂購處理成本即會導致利潤降低，而(6,3)與(3,3)則因(6,3)後期需求量較高於(3,3)，且其訂購次數較低，除了獲利較高外所產生成本相比之下較低，因此最佳總利潤為最高。

4.3 最佳總成本分析

以下為不同組合下，三個需求型態的總成本最佳解比較。

可由訂購點觀察出，下一訂購點減上一訂購點，數值越小，即代表訂購週期較短，反之，數值越大即代表訂購週期較長。

購買價格固定，售價固定			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總成本	-9113500	-5260000	-7713500
訂購次數	3	4	6
訂購點	0	0	0
	1.00	1.57	2.10
	4.28	5.12	3.12
		8.64	5.25
			8.08
			9.09

表 4- 66 購買價格固定，售價固定之最佳總成本結果列表

資料來源：本研究整理

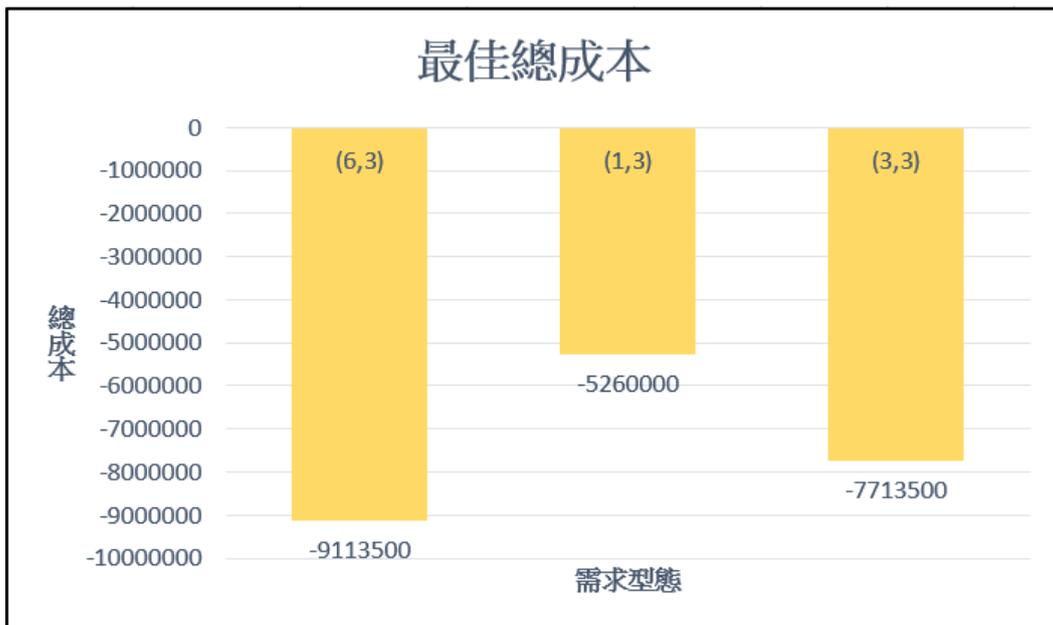


圖 4- 10 購買價格固定，售價固定之最佳總成本長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格固定，售價固定時，可觀察出(1,3)具有最佳的總成本，其原因在於隨時間遞減的需求量，以訂購點來觀察，一開始的再訂購點較為快速，是為因應較高的需求量，而(6,3)總成本最高，可能原因為訂購次數較少，代表每次訂購數量極高，產生了額外的持有成本。

購買價格固定，售價隨時間遞減			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總成本	-9111800	-5618000	-7718000
訂購次數	4	4	4
訂購點	0 1.31 3.60 7.16	0 1.81 6.78 8.20	0 1.26 5.91 7.10

表 4- 67 購買價格固定，售價隨時間遞減之最佳總成本結果列表

資料來源：本研究整理



圖 4- 11 購買價格固定，售價隨時間遞減之最佳總成本長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格固定，售價隨時間遞減時，可知該組合之最佳總成本為(1,3)，原因在於雖然隨時間遞減的售價使後期的利潤下降，但為持續遞減曲線的(1,3)在後期的需求量也逐漸降低，因此受到的影響與(6,3)和(3,3)較小。

購買價格固定，分批售價			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總成本	-9113500	-5613500	-7712500
訂購次數	3	3	5
訂購點	0 2.04 10.18	0 2.18 6.73	0 3.04 6.75 7.99 8.98

表 4- 68 購買價格固定，分批售價之最佳總成本結果列表

資料來源：本研究整理



圖 4- 12 購買價格固定，分批售價之最佳總成本長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格固定，分批售價時，可獲得與上一型態類似的結果，因分批的訂價是隨著批次越多而降低，因此訂購次數越多可獲得的利潤則會降低，以訂購次數來看，(3,3)擁有較高的訂購次數，因此獲利也因此較低，而訂購次數相同的(6,3)與(3,3)，則可由訂購點的區間觀察到，雖然(6,3)拉大了訂購週期，但因需求量大的緣故，仍然會產生較多的成本。

購買價格隨時間遞減，售價固定			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總成本	-1165100	-1175500	-8300300
訂購次數	4	5	3
訂購點	0 1.12 2.53 10.22	0 1.52 2.30 9.61 10.56	0 4.70 8.84

表 4- 69 購買價格隨時間遞減，售價固定之最佳總成本結果列表

資料來源：本研究整理



圖 4- 13 購買價格隨時間遞減，售價固定之最佳總成本長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格隨時間遞減，售價固定時，可得知(6,3)擁有較好的最佳總成本，但由於與(1,3)差距不大，因此可稱兩者皆可在該購買價格與售價組合中，獲得較好的總成本。

購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總成本	-1016900	-5805200	-7318700
訂購次數	4	7	6
訂購點	0 1.34 4.95 10.61	0 1.42 3.85 4.00 7.72 8.21 8.99	0 1.11 4.90 7.33 8.82 9.89

表 4- 70 購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減之最佳總成本結果列表

資料來源：本研究整理

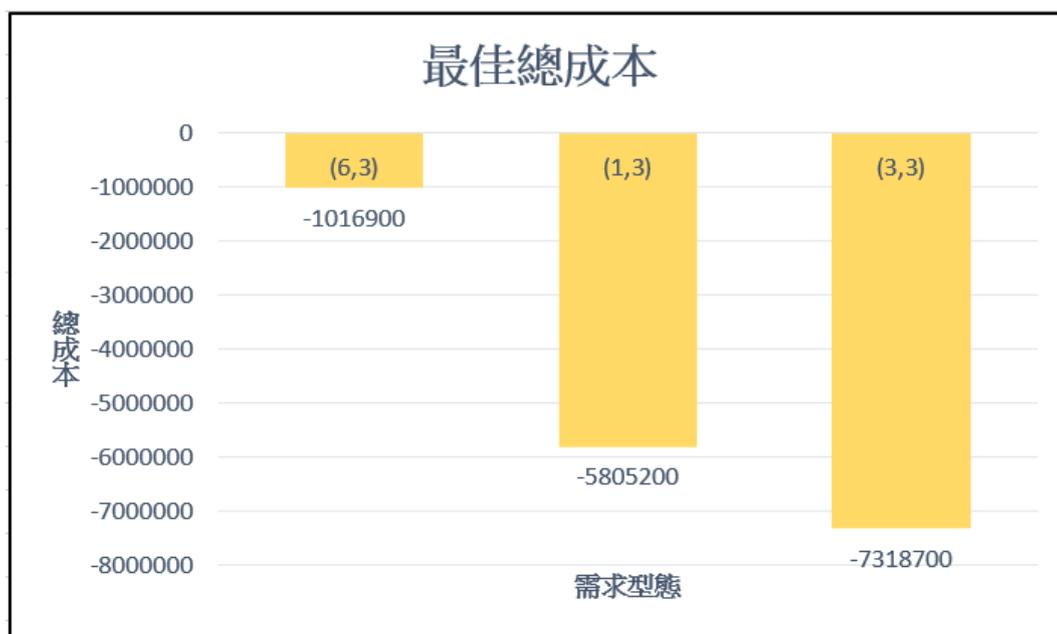


圖 4- 14 購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減之最佳總成本長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減時，可由訂購次數看出，(6,3)訂購次數最低，(3,3)次之，最高為(1,3)，而這也影響到該組合之固定訂購成本，因而使(6,3)獲得最佳的總成本。

購買價格隨時間遞減，分批售價			
(α, β)	(6,3)	(1,3)	(3,3)
最佳總成本	-1158100	-6727700	-9803700
訂購次數	4	5	3
訂購點	0	0	0
	1.13	1.78	3.91
	3.10	4.31	7.22
	10.72	8.00	
		10.93	

表 4- 71 購買價格隨時間遞減，分批售價之最佳總成本結果列表

資料來源：本研究整理

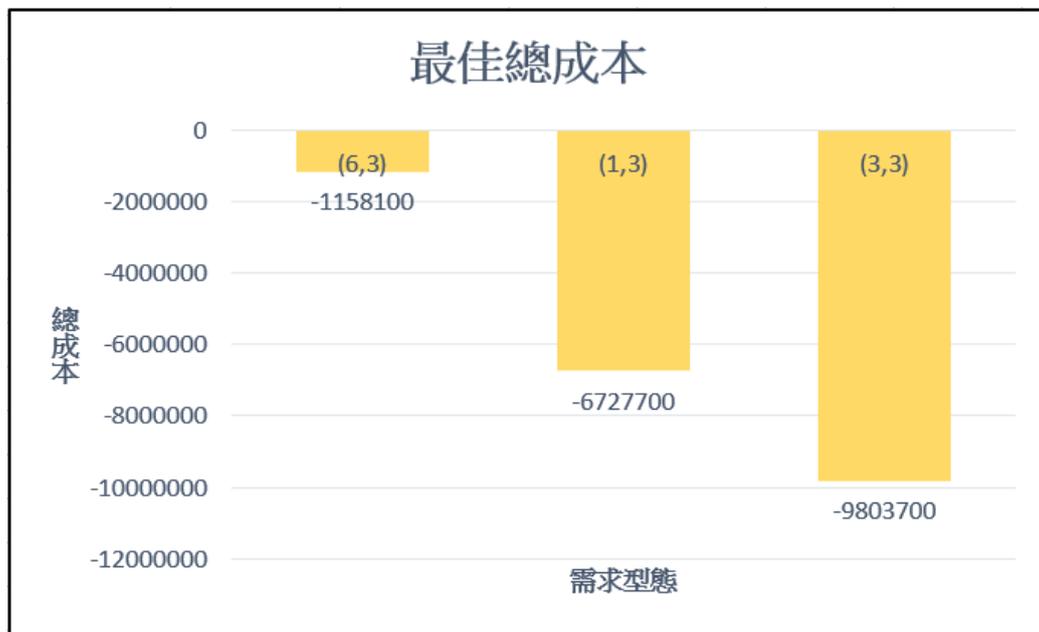


圖 4- 15 購買價格隨時間遞減，分批售價之最佳總成本長條圖

資料來源：本研究整理

當購買價格隨時間遞減，分批售價時，可知(6,3)具有最好的總成本，其原因可由訂購點分布觀察而知，雖呈多數產品生命需求趨勢的(6,3)訂購次數為三者最高，但僅高出一次，因此沒有過多的訂購處理成本，且後期需求量夠高，利潤也在此時提升，因此可獲得最好的總成本。

第五章 結論與未來方向建議

對於企業而言，庫存的相關變動都會對其造成極大的影響，而為讓在存貨管理方面能有更完善的規劃，使企業之管理效率更為流暢，本研究匯聚過往文獻所提出之理論，並考量不同因素所能發展出的不同特性，找出過往文獻未完整或全面考慮的部分，並因應現今的市場變化，將存貨策略變得更具有彈性，另外，為使模型精確度更高，除了於售價與成本做固定、隨時間遞減與分批的考量，再配合採用三種不同的產品生命週期趨勢加入作為需求量，逐一分析修正為本研究的經濟批貨模型，最後，再使用基因演算法對目標函數最佳化，來求出最佳總成本與最佳總利潤分別的最佳訂購點及最佳訂購次數，作為本研究所求之最佳解，經由整理後，分析最佳解結果來探討以下六種類型：

以利潤最大化與成本最小化做考量時，對

1. 購買價格固定，售價固定
2. 購買價格固定，售價隨時間遞減
3. 購買價格固定，分批售價
4. 購買價格隨時間遞減，售價固定
5. 購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減
6. 購買價格隨時間遞減，分批售價

以上六種型態的進行分析，而經由分析後獲得以下結論，

在本研究假設下，當購買價格固定，售價固定，需求量增加時，訂購次數增加，固定的訂購處理成本增加，持有成本增加，訂購週期縮短，總利潤下降，總成本因此上升；需求量減少時，訂購次數減少，訂購處理成本降低，持有成本亦低，訂購週期拉長，總利潤提高，總成本因此降低。

當購買價格固定，售價隨時間遞減時，會產生提早訂購的情形（訂購點集中於前中段），因為產品在後期的利潤逐漸變低，但對後期仍有大量需求的產品而言，必須衡量庫存持有成本與可獲得的總利潤，如何不花費過多的成本同時亦可獲得最高的利潤。

當購買價格固定，分批售價時，產品價格為分批遞減，遞減速度低於上一組合，因此提早訂購的情形較上一組合趨緩。

當購買價格隨時間遞減，售價固定時，後期的利潤逐漸提高，前期需求高者，利潤較低，總成本較高，訂購週期短；後期需求高者，利潤較高，總成本低，訂購週期長。

當購買價格隨時間遞減，售價隨時間遞減時，同步遞減則要觀察訂購次數與訂購週期，若訂購次數過高，訂購週期短，會導致訂購處理成本提高，訂購次數過低，代表訂購週期拉長，單次產品需求高，產生額外的庫存持有成本，需衡量訂購處理成本與持有成本多寡來找出最佳的利潤。

當購買價格隨時間遞減，分批售價時，時間變成非常重要的考慮因素，因訂購點的不同會影響利潤的多寡，前期需求高時，利潤較低，成本較高，後期需求高時，利潤較高，成本較低。

透過六種型態更多面向的做存貨策略的探討，可知在每個組合與每種形態中需考慮的因素層出不窮，而市場的變化只會越來越多且迅速，更精準且全面性的考量不可或缺，提升企業總體效能與效率的同時，也使運作更為流暢。

本研究以利潤最大化及成本最小化為目標，但因為並無納入全部的條件做考量，如缺貨成本、懲罰成本等等，應可在未來再將未納入的細項成本條件加入作討論，而相關的插單、大量訂購的折扣比率，以及有時效性之產品的折損率，亦是本研究認為未來可加入討論的部分。

參考文獻

中文文獻

張育昇(2010)。利用庫存管理遊戲進行不同補貨策略之比較。國立交通大學，新竹市。

陳士昂、霍佳震(2008)。有限次補貨的短生命週期產品的庫存控制策略。同濟大學學報，**36(5)**，707-710。

孫光天、程千芬、蔡淑燕(2003)。運用進階基因演算法於選題策略之研究。全國計算機會議(NCS,03)。

英文文獻

Abou-El-Ata, M., Kotb. K. (1997). Multi-item EOQ inventory model with varying holding cost under two restrictions: a geometric programming approach, *Prod Plan Control*, 8(6), 608–611.

A. K. Pal, B. Mandal. (1997). An EOQ model for deteriorating inventory with alternating demand rates, *Korean Journal of Computational and Applied Mathematics*, 4, 397-407.

A. S. Yadav., P. M. Sharma., A. Swami., A. Garg. (2017), Analysis of six stages supply chain management in inventory optimization for warehouse with artificial bee colony algorithm using genetic algorithm, *Selforganizology*, 4(3), 41-51.

A. S. Albana., Y. Frein., R. Hammami. (2018). Effect of a lead time-dependent cost on lead time quotation, pricing, and capacity decisions in a stochastic make-to-order system with endogenous demand, *Elsevier*; 203, 83-95.

Broda, C., & D. E. Weinstein. (2007). Product Creation and Destruction: Evidence and Price Implications, *NBER Working Paper*, 13041.

P. A. N. Bosman & H. La Poutre. (2007). Inventory Management and the Impact of Anticipation in Evolutionary Stochastic Online Dynamic Optimization, *IEEE Congress on Evolutionary Computation*, 268–275.

Briano, E., Caballini, C., Giribone, P. & Revertria, R. (2010). Using system dynamics for short life cycle supply chain evaluation, *Proceedings of Winter Simulation Conference, Baltimore, MD*, 5-8 December.

Berbain, S., Bourbonnais R., & Vallin, P. (2011). Forecasting, Production and Inventory Management of Short Life-Cycle Products: A Review of the Literature and Case Studies, *Supply Chain Forum an International Journal, ISSN online, 1624-6039*.

Chen, C. K., Hung, T. W., & Weng, T. C. (2007). A net present value approach in developing optimal replenishment policies for a product life cycle, *Elsevier, 184*, 360-373.

Disney, S. M., Towill, D. R., & Van de Velde, W. (2004). Variance amplification and the golden ratio in production and inventory control, *International Journal of Production Economics, 90(3)*, 295-309.

Disney, S. M., Maltz, A., Wang, X., & Warburton, R.D. (2016). Inventory management for stochastic lead times with order crossovers, *European Journal of Operational Research, 248(2)*, 473-486.

El Saadany, A. and Jaber, M. (2010). A production/ remanufacturing inventory model with price and quality dependent return rate, *Computers and Industrial Engineering, 58(3)*, 352-362.

Golder, Peter N., Gerard J. Tellis. (2004). Growing, growing, gone: Cascades, diffusion, and turning points in the product life cycle, *Marketing Sci, 23(2)*, 207–220.

Glock, C. H. (2012). Lead time reduction strategies in a single-vendor–single-buyer integrated inventory model with lot size-dependent lead times and stochastic demand, *Int J Prod Econ, 136*, 37–44.

Grunder, O., Hammoudan, Z. and Moudni, A.E. (2016). Production and delivery scheduling problem with delivery times and costs dependent on batch-size, *International Journal of Logistics Systems and Management, 24(3)*, 333-355.

H. M. Wee, (1995). A deterministic lot size inventory model for deteriorating items with shortages and declining market, *Computers & Operations Research, 22(3)*, 345-356.

- J. M. Swaminathan. (2001). A coordinated production planning model with capacity expansion and inventory management, *Management Sci*, 47(11), 1562–1580.
- H. Yan, T. E. C. Cheng. (1998). Optimal production stopping and restarting times for an EOQ model with deteriorating items, *Journal of the Operational Research Society*, 49, 1288-1295.
- Jüttner, U., Godsell, J., & Christopher, M. G. (2006). Demand chain alignment competence—delivering value through product life cycle management, *Industrial Marketing Management*, 35(8), 989–1001.
- Jung, H., & Klein, C. M. (2006). Optimal inventory policies for profit maximizing EOQ models under various cost functions, *European Journal of Operational Research*, 174, 689–705.
- Klepper, S., (1996). Entry, Exit, Growth and innovation over the product life cycle, *The American Economic Review*, 86(3), 562-583.
- Kozak, M. & Martin, D. (2012). Tourism life cycle and sustainability analysis: profit-focused strategies for mature destinations, *Tourism Management*, 33(1), 188-194.
- Levitt, T. (1965). Exploit the Product Life Cycle, *Harvard Business Review*, 4, 81-91.
- L. Liu, K. L. Cheung. (1997). Service constrained inventory models with random lifetimes and lead times, *Journal of the Operational Research Society*, 48, 1022-1028.
- M. Khouja, S, Goyal., (2006). Single item optimal lot sizing under continuous unit cost decrease, *International Journal of Production Economics*, 102(1), 87-94.
- M. Hariga, L. Benkherouf. (1994). Optimal and heuristic replenishment models for deteriorating items with exponential time varying demand, *European Journal of Operational Research*, 79, 123-137.
- M. Hariga. (1996). Optimal EOQ models for deteriorating items with time-varying demand, *Journal of the Operational Research Society*, 47, 1228-1246.
- M. Ferguson., V. Jayaraman., G. C. Souza. (2007). An application of the EOQ model with nonlinear holding cost to inventory management of perishables, *European Journal of Operational Research*, 180(1), 485-490.

M. Grzegorz. (2008). Valued-based inventory management, *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 9(1), 82-90.

Michalski, G.(2008). Corporate inventory management with value maximization in view, *ZEMEDELSKA EKONOMIKA-PRAHA*, 54(5), 187.

Mousavi, S. M., & Pasandideh, S.H. (2011). A Multi-Periodic Multi-Product Inventory Control Problem with Discount: GA Optimization Algorithm, *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 4(7), 37-44.

Muriana, C. (2016). An EOQ model for perishable products with fixed shelf life under stochastic demand conditions, *European Journal of Operational Research*, 255(2), 388–396.

Olsen, A. L., (2008). Inventory replenishment with interdependent ordering costs: an evolutionary algorithm solution, *International Journal of Production Economics*, 113 (1), 359–369.

Omar, M., (2009). An integrated equal-lots policy for shipping a vendor's final production batch to a single buyer under linearly decreasing demand, *International Journal of Production Economics*, 118, 185-188.

P. N. Ghare., G.F. Schrader. (1963). A model for exponentially decaying inventories, *Journal of Industrial Engineering*, 15, 238-243.

P. S. You. (2003). Dynamic pricing of inventory with cancellation demand, *J. Oper. Res. Soc.*, 54, 1093–1101.

Rogers, E, M. (1962). *The diffusion of Innovations*, New York: The Free Press.

R.H., Hollier, K. L. Mak. (1983). Inventory replenishment policies for deteriorating items in a declining market, *International Journal of Production Research*, 21(7), 813-826.

Sarker R., Newton, C. (2002). Genetic algorithm for solving economic lot size scheduling problem, *Computers & Industrial Engineering*, 42, 189-198.

Singh, P. (2008). Inventory and Working Capital Management: An Empirical Analysis, *The Icfai Journal of Accounting Research*, 7(2), 53-73.

- Sana, S. S. (2011a). Price-sensitive demand for perishable items - An EOQ model, *Applied Mathematics and Computation*, 217(13), 6248-6259.
- Sana, S. S. (2011b). The stochastic EOQ model with random sales price, *Appl. Math. Comput.*, 218,239–248.
- S. Panda. (2011). Optimal pricing and replenishment policy in a declining price sensitive environment under continuous unit cost decrease, *International Journal of Mathematics in Operational Research*, 3(4), 431-450.
- S. Panda. (2013). Coordinating a manufacturer-retailer chain under time price dependent demand rate, *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(2), 84-92.
- Toktay, L.B., L. M. Wein, S. A. Zenios. (2000). Inventory Management of Remanufacturable Products, *Management science*, 46(11), 1412-1426
- Taleizadeh, A. A., et al., (2013). An EOQ model for perishable product with special sale and shortage, *International Journal of Production Economics*, 145(1), 318-338
- Valliathal, M., Uthayakumar, R. (2010). The Production - Inventory Problem for Ameliorating Deteriorating Items with Non-Linear Shortage Cost under Inflation and Time Discounting, *Applied Mathematical Sciences*, 4, 289 – 304.
- Wang, X. Li, D., O'Brien, C., Li, Y. (2010), A production planning model to reduce risk and improve operations management, *International Journal of Production Economics*, 124(2),463-474.
- You, P. S., & Chen, T. C. (2007). Dynamic pricing of seasonal goods with spot and forward purchase demands, *International Journal of Computers and Mathematics with Application*, 54(4), 490–498.
- Zhou, S. X., Y. Yu. (2011). Optimal product acquisition, pricing, and inventory management for systems with remanufacturing, *Oper. Res.*, 59(2), 514-521.