

# 利用馬可夫鏈來解決生產排程不穩定的問題

## -以 R 公司為例

### Use the Markov chain to solve the problem of the production schedule-Base on the case of R Corporation

洪啟訓 Chi-Hsun Hung<sup>1</sup>

王超弘 Chau-Hung Wang<sup>2</sup>

#### 摘要

許多製造廠常無法讓生產排程穩定，主因多為零件材料採購無足夠前置時間，導致供應商無法準時交貨。本研究以個案 R 公司為例進行研究並試著解決生產排程的問題。首先用馬可夫鏈找出訂單數量的穩定狀態機率後，再利用預測模型推算每月訂單數量並做趨勢分析。為使生產平穩與降低成本，以總體規劃與平穩化生產模式決定最佳每月生產數量，然後以此數量進行零件材料採購與安全庫存量設定。最後本研究結果已經應用在 R 公司實際生產作業，證實可以解決生產排程不穩定的問題。

**關鍵字：**馬可夫鏈、生產排程、總體規劃、平穩化生產

#### ABSTRACT

Many factories often cannot make production schedule stably. Most of reasons are that they do not have enough lead time to purchase parts and materials and their suppliers hardly deliver goods on time. In this research, the R Company case will be studied and tried to solve this problem. First, use Markov Chain to find the steady-state probabilities of volumes to be ordered. Then, use the forecasting model to predict the volume of order monthly and make trend analysis. In order to make production smoothly and reduce cost, use the aggregate planning and the smooth production model to determine the best monthly production quantity. Then, this quantity will be used to purchase parts and materials and set the volume of safety stock. Finally, the result of this study has been applied to the actual production of the R Company, and been verified that it can solve the problem of unstable production schedule.

**Keywords:** Markov Chain, Production schedule, Aggregate planning, Smooth production.

---

<sup>1</sup> 東吳大學企業管理學系碩士在職專班研究生(E-mail: erichung0904@gmail.com)。

<sup>2</sup> 東吳大學企業管理學系教授(E-mail: bachw@scu.edu.tw)。

## 壹、緒論

### 一、個案公司說明

個案公司（以 R 來簡稱）於 1975 年由邵義勝先生以資金新台幣五十萬元成立『諧和工業股份有限公司』，1986 年 10 月與日本 Roland Corporation 合資，於隔年的 1 月公司名稱更名為 R 公司。由日本 Roland Corporation 授權在台生產『Roland』與『BOSS』等品牌之部分產品，為電吉他及電貝斯周邊用的效果器與擴大器，與一般及專業錄音室用之錄音設備等。R 公司主要是由營業課接受日本 Roland Corporation 的機種訂單後，由製造課依據機種訂單制訂生產計畫，再向資材課提出零件材料需求，而資材課則依據製造課的生產計畫所產生的材料需求開立採購訂單。由於零件材料採購至交貨，依品項、類型的不同，各有不同的交貨期限（以交期簡稱），因此資材課零件採購需要有採購前置時間的考量需求，所以日本 Roland Corporation 在提供機種訂單時，均會有三個月的預估訂單及一個月的正式訂單。舉例來說，三月份的機種訂單，上面會有三月份的正式訂單數量與四月、五月及六月的預估訂單數量。但依據市場需求所提供的預估訂單數量，有時會與正式訂單有所差距。而 R 公司在零件材料採購上因供應商交期問題，必須依據預估訂單先行採購，避免交貨不及。但預估訂單與正式訂單數量有差異會發生下列兩種情況。一是正式訂單需求少於預估訂單，R 公司必須依庫存數量調整未來零件採購數量，而可能造成零件材料持有成本的增加；二是若正式訂單需求多於預估訂單，則可能因零件材料交期較長，可能發生供給不上導致生產線停工待料，或是必須變更生產排程，造成生產成本增加。

### 二、研究個案說明

本案例將以其中一個機種 TU-3 為研究，利用三年的正式訂單及預估訂單數據資料進行研究。表 1 為 R 公司 2011 年六月到 2014 年九月的正式訂單及預估訂單數量表。在表 1 中綠色底所表示為正式訂單數量多於預估訂單，而黃色底所表示為正式訂單數量少於預估訂單。預估差異欄位中的第一次差異是指正式訂單數量與第一次預估的差異，第二次差異是指正式訂單數量與第二次預估的差異，第三次差異是指正式訂單數量與第三次預估的差異。由表 1 可看到以 2011 年到 2014 年共 40 個月的訂單數據，除了 2013 年一月無訂單外，僅 4 個月的預估訂單數量與正式訂單相同，為表 1 中未有底色標示之欄位。如前述，若正式訂單數量多於預估訂單，易造成停工待料，或變更生產排程。在 2011 年六月到 2014 年九月中，共有 10 次正式訂單多於預估訂單，為表 1 中底色標示為綠色之欄位。雖無造成停工待料，但卻使生產排程做出臨時性調動。若正式訂單少於預估訂單，則造成零件材料持有成本增加。而 2011 年六月到 2014 年九月中，共有 25 次正式訂單數量少於預估訂單，為表 1 中底色標示為黃色之欄位。TU-3 機種的零件材料成本價格為 250 元一台，這幾個月該機種零件材料的持有成本依數量差異，從最低 100 台到最高 4,000 台，增加 2 萬 5 千元到 100 萬元左右不等的持有成本。若全數以安全存量模式來應對，會造成大量材料庫存使得持有成本大幅拉高。如以一個月的平均正式訂單 5,000 台的數量來做零件材料的安全庫存量，則需要 125 萬元的持有成本。因此既要讓生產線生產不停工待料，或變更生產排

程，又必需讓零件材料持有成本合理，一直是 R 公司想要找尋到平衡點。

表 1 R 公司 2011 年六月到 2014 年九月正式訂單及預估訂單數量表

機種：TU-3  
2011年  
月份 一月 二月 三月 四月 五月 六月 七月 八月 九月 十月 十一月 十二月 台

綠色底：正式訂單多於預估訂單  
黃色底：正式訂單少於預估訂單

第一次預估						5,000	4,500	5,500	5,500	7,800	8,900	7,700
第二次預估						6,900	6,000	10,100	5,500	7,800	7,800	8,000
第三次預估						6,900	9,100	9,500	5,500	7,800	7,800	7,700
正式訂單						6,900	9,100	9,500	5,500	7,800	7,800	7,700
預估差異												
第一次差異						1,900	4,600	4,000	0	0	-1,100	0
第二次差異						0	3,100	-600	0	0	0	-300
第三次差異						0	0	0	0	0	0	0

2012年  
月份 一月 二月 三月 四月 五月 六月 七月 八月 九月 十月 十一月 十二月 台

第一次預估	8,000	7,300	7,100	7,100	6,000	6,400	6,800	6,400	8,200	6,800	6,900	5,400
第二次預估	8,000	7,300	7,100	4,900	5,900	6,400	7,500	7,500	6,900	6,800	5,400	6,000
第三次預估	7,900	7,300	6,000	4,700	5,900	6,400	7,500	6,600	6,900	6,000	3,600	6,000
正式訂單	7,900	6,300	6,000	4,700	5,900	6,400	7,500	6,600	6,900	3,900	3,600	5,000
預估差異												
第一次差異	-100	-1,000	-1,100	-2,400	-100	0	700	200	-1,300	-2,900	-3,300	-400
第二次差異	-100	-1,000	-1,100	-200	0	0	0	-900	0	-2,900	-1,800	-1,000
第三次差異	0	-1,000	0	0	0	0	0	0	0	-2,100	0	-1,000

2013年  
月份 一月 二月 三月 四月 五月 六月 七月 八月 九月 十月 十一月 十二月 台

第一次預估	0	4,300	4,700	4,000	5,100	4,700	4,700	4,500	5,000	4,800	4,700	5,300
第二次預估	0	3,500	2,800	3,100	3,700	3,600	4,500	5,000	5,000	5,000	5,000	5,200
第三次預估	0	2,100	700	1,500	3,000	3,600	4,500	5,000	5,000	5,000	5,200	5,000
正式訂單	0	2,100	700	1,500	3,000	3,600	4,500	5,000	5,000	5,000	5,200	5,000
預估差異												
第一次差異	0	-2,200	-4,000	-2,500	-2,100	-1,100	-200	500	0	200	500	-300
第二次差異	0	-1,400	-2,100	-1,600	-700	0	0	0	0	0	200	-200
第三次差異	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2014年  
月份 一月 二月 三月 四月 五月 六月 七月 八月 九月 十月 十一月 十二月 台

第一次預估	5,100	4,000	4,000	4,100	4,000	5,000	4,600	4,700	4,800			
第二次預估	5,000	4,000	4,200	4,000	4,900	4,500	4,700	4,600	5,300			
第三次預估	4,000	3,000	2,400	5,000	4,900	4,500	4,700	4,600	5,600			
正式訂單	4,000	3,000	2,400	5,000	4,900	4,500	4,700	4,600	5,600			
預估差異												
第一次差異	-1,100	-1,000	-1,600	900	900	-500	100	-100	800			
第二次差異	-1,000	-1,000	-1,800	1,000	0	0	0	0	300			
第三次差異	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

### 三、研究目的

本次研究目的是希望藉由馬可夫鏈(Markov Chain)求算出訂單數量的穩定狀態機率(Steady-State Probability)。再搭配統計手法中的預測模型及趨勢分析，得出訂單數量未來可能的趨勢狀況。然後利用總體規劃(Aggregate Planning)方式推算有利的生產數量選擇方案，最後使用豐田式生產管理中的平穩化生產(Smooth Production)模式，決定出製造課合理的生產數量，資材課並藉此數量進行採購零件材料與設定安全庫存量。最終消除製造課可能發生的停機待料或變更生產排程發生機率，並達到降低生產成本及材料持有成本。

## 貳、文獻探討

### 一、馬可夫鏈模式

馬可夫(Andrei Andreevich Markov, 1856-1922)是俄國的數學家，於 1907 年時提出馬可夫鏈(Markov Chain)理論。馬可夫鏈現在廣泛應用在天氣預測、社會科學、統計物力學、遺傳學與生物科學等。一直以來學者運用馬可夫鏈來做相關研究的也不在少數：如 Chan(1999)利用馬可夫模式來解決多級數供應鏈(multi-echelon supply chain)的問題，避免庫存短缺問題發生。Ching(2002)利用多變量馬可夫鏈(Multivariate Markov Chain)來預測未來顧客需求，以香港某汽水公司為例。余欣庭(2012)利用馬可夫鏈的跳躍擴散模型，來應用在選擇權定價與投資組合保險的分析。

### 二、平穩化生產模式

平穩化生產(Smooth Production)一詞是由精實作業(Lean operation)中而來，精實作業起源於 1900 年，由日本豐田汽車首先發展。Womack, James P. and Jones, Daniel T. and Roos, Daniel(2007)豐田汽車專注於從生產製程中的每一個面向來消除所有浪費。而浪費的定義是指在汽車生產製程中，任何會造成干擾或無附加價值的東西。精實作業中的平準化(Heijunka)是指生產數量的變異會導致浪費。工作的數量與樣式必須平均化，以達到平穩的工作流。精實其實就是著重在消除浪費，並藉由緊密的協調所有生產活動來簡化或消除多於作業的方法。而這不僅僅只試用在汽車產業上，更是適用在各行各業中。並有許多學者進行研究探討：如 Balaguer(2012)研究精實作業在波多黎各的電子與醫療器械業務的服務績效。Harris(2012)研究公司採用與無採用精實作業的在公司財務績效的影響。

## 參、分析步驟

本研究以 R 公司 2011 年六月到 2014 年九月正式訂單及預估訂單，共 40 個月的訂單數據，制訂數量級距將第一次到第三次的預估訂單與正式訂單依級距區分後，使用統計軟體 POM-QM(Version 3 [ Build 21 ] )中的馬可夫鏈模式計算出各月份間數量級距間轉變的機率值，並求算預估訂單與正式訂單的數量轉變不會造成缺貨斷料的期望值。再以預測模型的 Multiplicative decomposition 方法，求算每月預估數量與未來訂單數量趨勢圖。依上述所得數據，輔以總體規劃模式推導每月最適當生產量選項，最後以平穩化生產的方式決定製造課最合適的生產數量，資材課計算零件材料需採購的數量及安全庫存的數量設定。

## 肆、馬可夫鏈計算與訂單數量分析

### 一、利用馬可夫鏈求算穩定狀態機率

依據表 1 資料將第一次、第二次、第三次預估及正式訂單以月份及數量，以數量級距變化紀錄次數與機率，並依據紀錄次數及機率轉變為移轉矩陣，如表 2 到表 5 所示。

表 2 第一次預估次數轉移矩陣圖表

		次月訂單數量：台																
		2,000以下	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	6,500	7,000	7,500	8,000	8,500	9,000	9,500以上
當月 訂單 數量： 台	2,000以下						1											
	2,000																	
	2,500																	
	3,000																	
	3,500																	
	4,000						0.5	0.167	0.333									
	4,500						0.1	0.5	0.3	0.1								
	5,000	0.111					0.111	0.445	0.333									
	5,500									0.5					0.5			
	6,000										0.333	0.333				0.334		
	6,500									0.333		0.334	0.333					
	7,000										0.333		0.667					
	7,500														0.5	0.5		
	8,000																	
	8,500														1			
	9,000																	
9,500以上																		

表 3 第二次預估次數轉移矩陣圖表

		次月訂單數量：台																
		2,000以下	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	6,500	7,000	7,500	8,000	8,500	9,000	9,500以上	
當月 訂單 數量： 台	2,000以下				1													
	2,000																	
	2,500			1														
	3,000				1													
	3,500		0.334		0.333		0.333											
	4,000					0.667	0.333											
	4,500						0.571	0.286	0.143									
	5,000					0.111	0.111	0.556		0.111	0.111							
	5,500									0.5				0.5				
	6,000	0.333												0.333				0.334
	6,500							0.333		0.334	0.333							
	7,000						0.5						0.5					
	7,500										0.25		0.5	0.25				
	8,000											0.5		0.5	0.5			
	8,500																	
	9,000																	
9,500以上									1									

表 4 第三次預估次數轉移矩陣圖表

		次月訂單數量：台																
		2,000以下	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	6,500	7,000	7,500	8,000	8,500	9,000	9,500以上	
當月 訂單 數量： 台	2,000以下				1													
	2,000																	
	2,500			1														
	3,000				1													
	3,500		0.334		0.333		0.333											
	4,000					0.667	0.333											
	4,500						0.571	0.286	0.143									
	5,000					0.111	0.111	0.556		0.111	0.111							
	5,500									0.5				0.5				
	6,000	0.333												0.333				0.334
	6,500							0.333		0.334	0.333							
	7,000						0.5						0.5					
	7,500										0.25		0.5	0.25				
	8,000											0.5		0.5	0.5			
	8,500																	
	9,000																	
9,500以上									1									

表 5 正式訂單次數轉移矩陣圖表

		次月訂單數量：台																
		2,000以下	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	6,500	7,000	7,500	8,000	8,500	9,000	9,500以上
當月 訂單 數量： 台	2,000以下	0.333	0.334		0.333													
	2,000	0.5							0.5									
	2,500																	
	3,000		0.5			0.5												
	3,500					0.5		0.333	0.167									
	4,000				1													
	4,500							0.43	0.285	0.285								
	5,000	0.125					0.125	0.125	0.5			0.125						
	5,500										0.5				0.5			
	6,000							0.334			0.333			0.333				
	6,500					0.333						0.333					0.334	
	7,000																	
	7,500										0.2	0.2		0.6				
	8,000																	
	8,500																	
	9,000																	1
9,500以上										1								

使用 POM-QM(Version 3 [ Build 21 ]) 的 Markov Analysis 模式，將表 2 到表 5 的數據模式逐一鍵入系統分析，計算後得出第一次、第二次、第三次預估與正式訂單中各數量級距的穩定狀態機率，並將各數量級距的穩定狀態機率整合歸納如下表 6。

表 6 預估及正式訂單穩定狀態機率匯整表

	訂單數量：台																
	2,000以下	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	6,500	7,000	7,500	8,000	8,500	9,000	9,500以上
第一次預估 穩定狀態機率	0.0238	0	0	0	0	0.1427	0.2382	0.2141	0.0476	0.0716	0.0715	0.0714	0.0476	0.0477	0.0238	0	0
第二次預估 穩定狀態機率	0.0231	0	0.0231	0.0231	0.0693	0.0612	0.2064	0.1836	0.0526	0.0693	0.0676	0.0494	0.0988	0.0494	0	0	0.0231
第三次預估 穩定狀態機率	0.0814	0.0622	0	0.0699	0.0582	0.0428	0.1319	0.1601	0.0599	0.0929	0.0667	0.0216	0.1079	0	0	0.0223	0.0223
正式訂單 穩定狀態機率	0.0814	0.0543	0	0.0542	0.1016	0.0271	0.1426	0.217	0.0407	0.0609	0.0711	0	0.1015	0	0	0.0238	0.0238

由三次預估及正式訂單數量變動的穩定狀態機率來看，主要數量變動是介在 3,500 台到 5,500 台之間。再以表 6 來看，正式訂單數量變動在 5,500 台之內的機率為  $0.678(1-0.0238-0.0238-0-0-0.1015-0.0711-0.0609-0.0407)$ ，換句話說，每月若以數量 5,500 台來生產的話，則缺貨的機率約在 32% 之內。而正式訂單數量變動在 8,000 台之內的機率為  $0.9524(1-0.0238-0.0238-0-0)$ ，若改以每月數量 8,000 台來生產的話，則缺貨的機率將小於 5%。

## 二、利用期望值分析預估訂單數量準確性

由於 R 公司是根據總公司所提供的預估訂單數量，做為正式訂單提供前的採買參考依據，以利提前購買交期較長的零件材料。因此預估訂單數量的正確性影響 R 公司的採買政策及生產排程的安排。因此藉由預估訂單數量與穩定狀態機率，求算三次預估與正式訂單數量正確性期望值。求算出結果匯總如下表 7。

表 7 預估與正式訂單之數量正確機率與期望值表

	預估與正式訂單數量 相符正確機率值	預估與正式訂單數量 相符正確期望值	不斷料機率值	不斷料期望值
第一次預估	0.275	1.5951	0.725	3.8326
第二次預估	0.512	2.7829	0.927	4.1691
第三次預估	0.929	3.8613	1	4.1359

可發現第三次預估數量的正確機率值 0.929 與不斷料機率值 1 為最高。第三次預估已幾乎與正式訂單數量相差無幾，若以第三次預估數量進行零件材料採買，將不會造成斷料風險。但由於實際上，第三次預估時間與正式訂單時間差距僅一個月，若 R 公司不參考第一次與第二次預估數量，等到總公司的第三次預估數量才進行零件材料採買，將發生零件材料因交期不足而造成斷料停工。因此將繼續使用預測模型分析方法進行分析。

## 伍、利用預測模型與趨勢分析預測訂單數量

依據表 1 的正式訂單數量共 45 筆，利用 POM-QM 統計軟體中的 Forecasting model 模式，求得每月預估平均需求為 3,794.467 台，無條件進位取整數為 3,795 台。預估數

量趨勢圖與相關係數結果如下圖 1、圖 2 所示

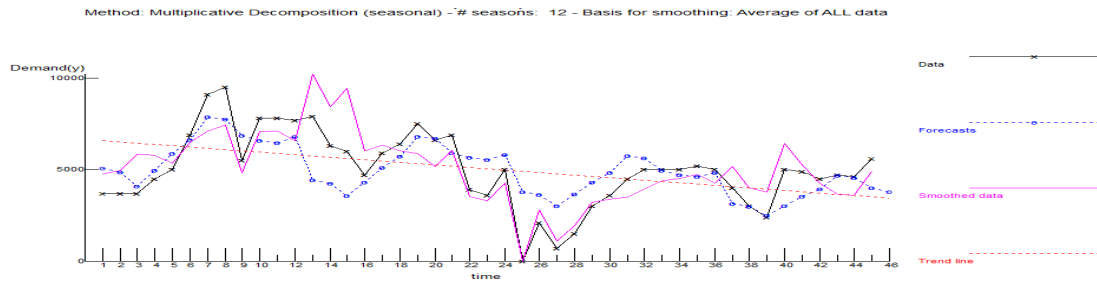


圖 1 Forecasting 預估數量趨勢圖

Forecasting Results					
Measure	Value	Future Period	Unadjusted Forecast	Seasonal Factor	Adjusted Forecast
<b>Error Measures</b>					
Bias (Mean Error)	28.944	46	3435.186	1.105	3794.467
MAD (Mean Absolute Deviation)	1118.052	48	3295.673	1.171	3858.349
MSE (Mean Squared Error)	1982378.0	49	3225.917	.774	2496.451
Standard Error (denom=n-2-12=31)	1696.362	50	3156.16	.749	2364.185
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	.294	51	3086.404	.635	1959.783
<b>Regression line (unadjusted forecast)</b>					
Demand(y) = 6643.982		52	3016.647	.779	2349.468
-69.756 * time		53	2946.891	.933	2748.319
		54	2877.134	1.062	3054.353
<b>Statistics</b>					
Correlation coefficient	.717	55	2807.378	1.28	3593.072
Coefficient of determination (r <sup>2</sup> )	.514	56	2737.621	1.275	3490.213
		57	2667.865	1.141	3043.947
		58	2598.108	1.105	2869.841
		59	2528.352	1.098	2776.066

圖 2 Forecasting 結果分析圖

由圖 1 來看，從 2011 年一月到 2014 年九月的正式訂單趨勢是逐漸往下下降的，如圖中的趨勢線(Trend line)所示。並由圖 2 可看出利用季節係數求算出調整後的第 46 次到第 59 次的預估數量，並求得相關係數(Correlation coefficient)  $\gamma$  為 0.717 表示為正相關，且  $0.7 \leq |\gamma| < 1$  為高度線性相關。但 2013 年一月的正式訂單數量為 0，影響到數據統計計算。為了讓預測值能更接近觀察值，且考量正式訂單數量的趨勢是逐漸往下下降，因此只取用 2013 年二月到 2014 年九月共 20 筆的正式訂單數量數據來做統計，以 Forecasting model 計算，求得每月預估平均需求為 4,362.737 台，無條件進位取整數後為 4,363 台。由圖 3 可以看出，後 20 筆的正式訂單數據所求算出的相關係數  $\gamma$ ，由原本的 0.717 上升到 0.835，而判定係數  $\gamma^2$  則由 0.514 上升到 0.697。由此結果看來，以 2013 年二月到 2014 年九月共 20 筆的正式訂單數量數據所求出的預測值更能夠實際貼近觀察值。

Forecasting Results					
Measure	Value	Future Period	Unadjusted Forecast	Seasonal Factor	Adjusted Forecast
<b>Error Measures</b>					
Bias (Mean Error)	-58.162	21	4872.747	.895	4362.737
MAD (Mean Absolute Deviation)	679.916	22	4959.199	.593	2939.248
MSE (Mean Squared Error)	624624.4	23	5045.651	.567	2863.232
Standard Error (denom=n-2-10=8)	1249.624	24	5132.103	.681	3494.749
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	.25	25	5218.555	1.084	5659.467
<b>Regression line (unadjusted forecast)</b>					
Demand(y) = 3057.253		26	5305.007	1.185	6288.408
+ 86.452 * time		27	5391.459	1.198	6458.873
		28	5477.911	1.223	6700.598
		29	5564.363	1.211	6736.179
		30	5650.815	1.362	7695.941
<b>Statistics</b>					
Correlation coefficient	.835	31	5737.268	.895	5136.772
Coefficient of determination (r <sup>2</sup> )	.697	32	5823.72	.593	3451.637
		33	5910.171	.567	3353.818
		34	5996.624	.681	4083.451

圖 3 第二次 Forecasting 結果分析圖

## 陸、利用基礎統計與總體規劃分析訂單數量

### 一、利用基礎統計分析

用 POM(Version 3 [ Build 21 ]) 以 Statistic(mean, var, sd; normal dist) Module，依據表 1 的正式訂單數量共 45 筆計算求得平均值(mean)為 4,997.778，中間值(median)為 5,000。以圖 4 來看數量次數直方圖，介於數量 4,275 到 5,225 之間有 15 次為最高。其次是數量 3,325 到 4,275 之間有 7 次為第二。再來則是數量 6,175 到 7,125 之間與數量 7,125 到 8,075 之間各為 5 次為第三。

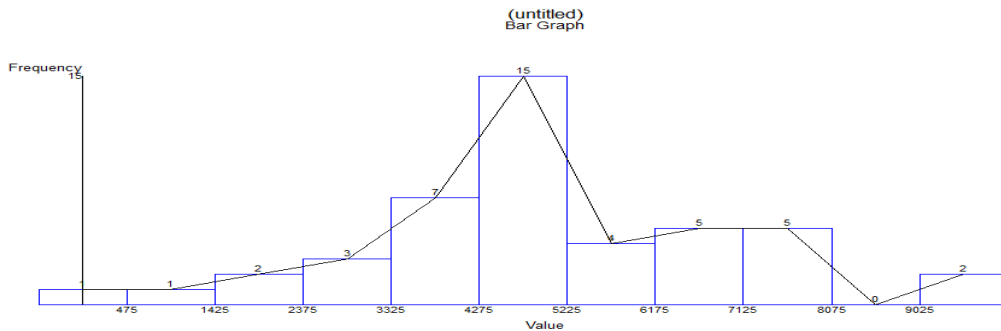


圖 4 正式訂單數量-次數直方圖

### 二、利用總體規劃求算平穩化生產數量

以馬可夫鏈所計算出的預估及正式訂單數量變動的穩定狀態機率來看，主要變動是介在 3,500 台到 5,500 台的數量之間。但若數量 5,500 台為每月固定生產的話，預估會有 32% 的斷料缺貨機率，若拉高至每月 8,000 台為固定生產數量的話，斷料缺貨的機率降至 5%。而以預測模型與趨勢預測分析得出每月預估需求量約在 3,795 台，再以未來趨勢線來看，此機種的訂單數量有明顯下降趨勢。因此以上述分析，選擇數量 3,500 台、4,500 台、5,500 台及 8,000 台來做總體規劃分析平穩化生產的可能性。用 POM(Version 3 [ Build 21 ]) 選擇 Aggregate Planning Module 進行分析求得結果如下圖 5 到圖 8 所示。

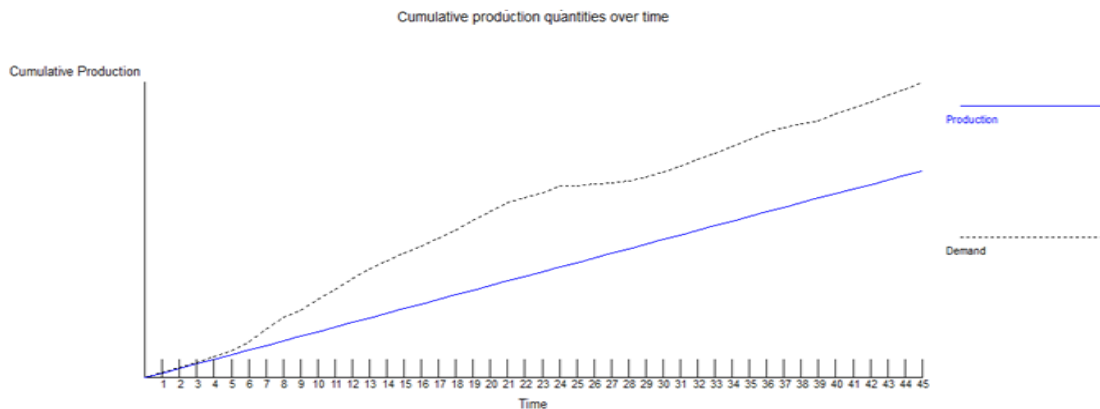


圖 5 以數量 3,500 台生產的累計生產量分析



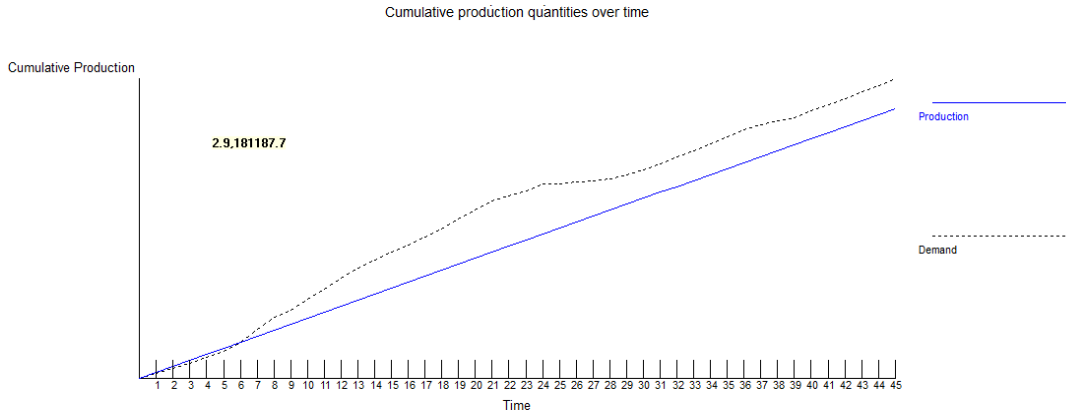


圖 6 以數量 4,500 台生產的累計生產量分析

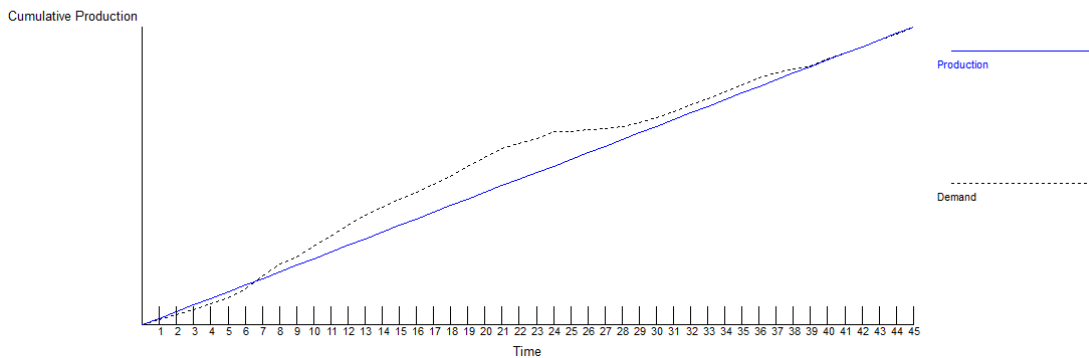


圖 7 以數量 5,500 台生產的累計生產量分析

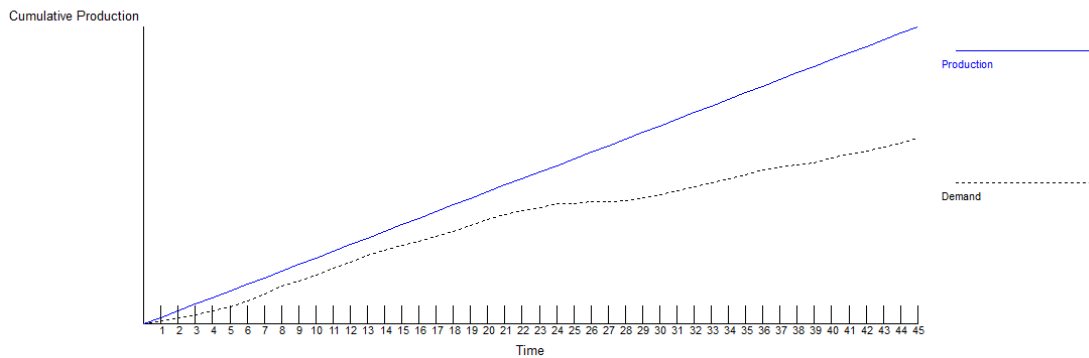


圖 8 以數量 8,000 台生產的累計生產量分析

以圖 5 與圖 6 來看，每月 3,500 台或 4,500 台的數量生產，累計的正式訂單數量會大於每月累計的生產數量，將面臨嚴重的斷料缺貨。而以圖 7 來看，每月 5,500 台的數量進行生產，在初期的累計生產數量會稍大於實際正式訂單的累計數量，但是到中期則實際正式訂單的累計數量大於每月累計的生產數量，造成中期的斷料缺貨。後期正式訂單數量減少，每月累計的生產數量逐漸符合正式訂單需求，但整體看來仍是會造成斷料缺貨。再以圖 8 來看，每月 8,000 台的數量生產，造成每月累計生產的數量遠大於正式訂單的累計數量，雖然不會造成斷料缺貨的情形，但卻會造成過多的成品存貨，產生龐大的存貨成本。以圖 1 整體來看，機種 TU-3 正式訂單數量趨勢線是以負斜率逐年往下降，改以 2013 年

二月到 2014 年九月的 20 筆正式訂單數據來做預測模型分析，判定係數  $\gamma^2$  達到 0.697，預估值是較為接近實際觀察值。以 2013 年二月到 2014 年九月的正式訂單數量共 20 筆數據，正式訂單累計需求數量為 79,300 台。然後再以數量 3,500 台、4,500 台及 5,500 台來做總體規劃分析。由於此 20 筆數據的最大值為數量 5,600 台，因此不做數量 8,000 台的總體規劃分析。依據 POM 統計軟體分析結果如下圖 9 到圖 11 所示。

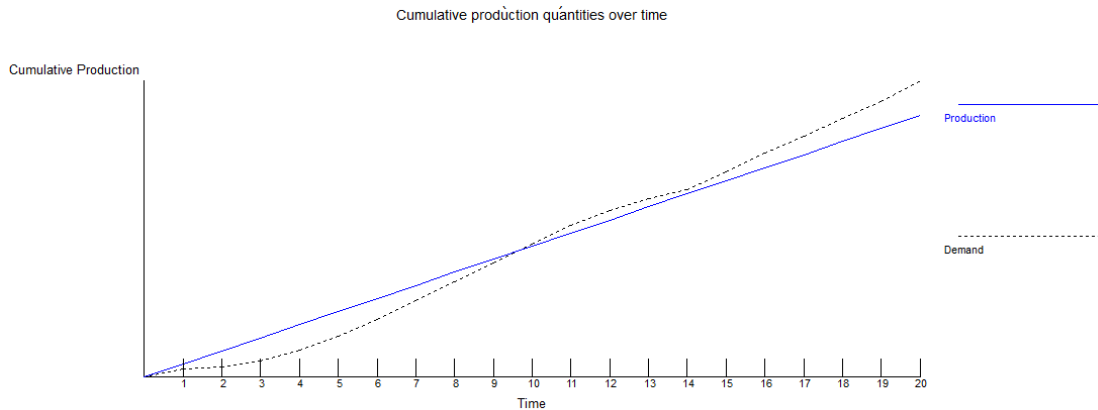


圖 9 以數量 3,500 台生產的累計生產量第二次分析  
Cumulative production quantities over time

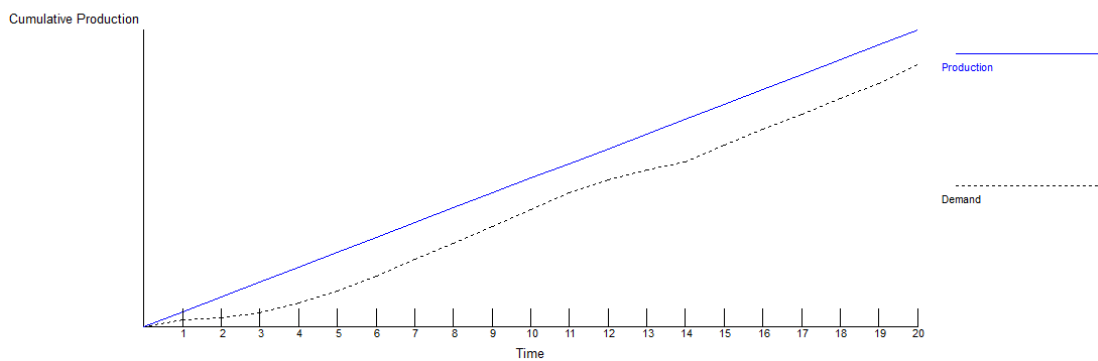


圖 10 圖 以數量 4,500 台生產的累計生產量第二次分析

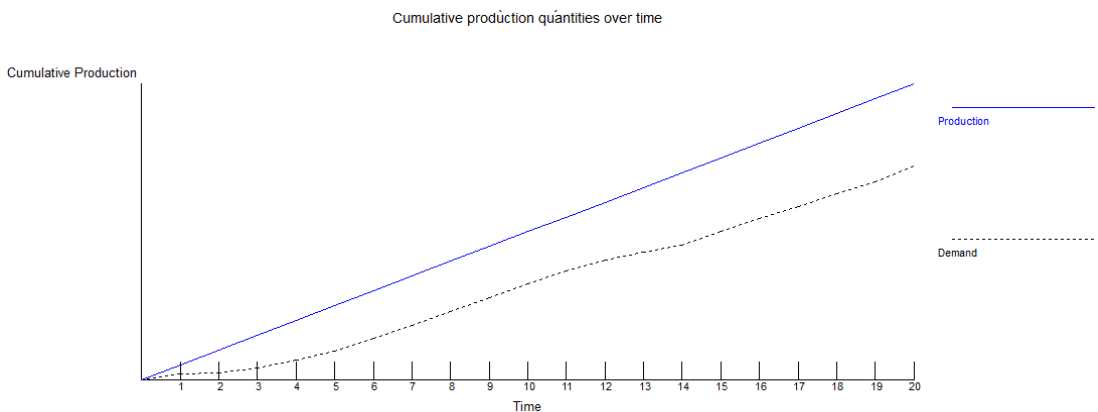


圖 11 以數量 5,500 台生產的累計生產量第二次分析

由圖 9 與圖 11 結果來看，可得知數量 4,500 台及 5,500 台進行生產的話，均會造成每月累計生產數量遠高於實際正式訂單需求數量，導致成品生產過多而增加存貨成本。由此

結果來看，後 20 筆的正式訂單數量介於 3,500 台到 4,500 台之間，符合以預測模式所求算每月預估平均需求量為 4,363 台的預測。

## 柒、結論

本章將依前述之研究做出對 R 公司的機種 TU-3 依訂單數量所做分析結果，並提出機種 TU-3 生產數量決策建議，及供零件材料採購數量參考依據用。

### 一、分析結果

藉由馬可夫鏈所求算出的穩定狀態機率所顯示的訂單數量是介於 3,500 台到 5,500 台之間，因此若取最大數量 5,500 台來做每月零件採買預估及製造生產數量，且不考慮成品在庫存貨的話，斷料缺貨的機率則會在 32% 以內。若以數量 8,000 台來考慮的話，則斷料缺貨的機率會降至 5% 以下。而再以第一次、第二次、第三次預估訂單數量準確性的期望值的結果來看，以第三次的正確性為最高。數量正確的期望值達到 3.8613，而不斷料的期望值則為 4.1359。若以第三次預估數量進行零件材料採買，將不會造成斷料風險。但實際上第三次預估時間與正式訂單時間差距僅一個月的時間，若是 R 公司不參考第一次與第二次預估數量，等到總公司的第三次預估數量才進行零件材料採買，則將發生零件材料因交期不足而造成斷料停工的問題。但為了能讓 R 公司能每月以穩定數量做平穩化生產的方式，以節省更換生產線等待成本，以及消除因訂單數量變動，必須做緊急採購的次數。因此再利用總體規劃分析來規劃平穩化生產數量，以歷史正式訂單數據得出，若以每月 5,500 台的數量進行平穩化生產與零件材料的採買依據，雖在中期時會造成斷料缺貨的問題，但到後期因訂單數量的減少，生產數量逐漸吻合需求數量。再以預測模型分析機種 TU-3 正式訂單數量的趨勢線是以負斜率逐年往下降，以及求得未來每月需求數量的預測值為 3,795 台，因此採 2013 年二月到 2014 年九月的 20 筆正式訂單數量來作分析，求得未來每月需求，以 4,363 台的數量進行生產與零件材料採買的話，雖在初期與中期都因過多的生產量造成庫存，但到後期則因訂單需求數量的增加，則生產數量逐漸吻合需求數量。

### 二、決策建議

利用上述之分析結果，每月需求數量的變動落在 3,500 台到 5,500 台之間，因此可以建議 R 公司製造課每月以 5,500 台或 3,500 台進行平穩化生產，而資材課則每月以 3,500 台的數量做零件材料的購買，並備有 2,000 台的零件材料做為安全庫存量於材料倉。若製造課需要以 5,500 台生產時，可立即供應製造課生產。但正式訂單需求量有可能少於 5,500 台產生成品存貨，因此可依每月平穩化生產時所產生的庫存數量，進行生產數量調整。若成品存貨超過 3,500 台，約為一個月的最少訂單需求量時，則可將每月平穩化生產的數量依據由 5,500 台降到 3,500 台，直到讓成品存貨降至 1,000 台以下後，再恢復每月以 5,500 台的平穩化生產。但若降至每月 3,500 台的生產數量後，成品存貨仍大於或等於 1,000 台，則維持每月 3,500 台，直到讓成品存貨降至 1,000 台以下，再恢復每月以 5,500 台平穩化生產。但若每月

以3,500台生產時，在庫存貨仍持續上升至6,000台。則R公司即停止做零件材料採買與TU-3成品生產，直到在庫成品數量下降至3,500台以下後，則再重回上述規則判斷每月平穩化生產的數量。而以成品存貨1,000台做為區分點，是因為若真的發生需做緊急採買的情況，1,000台的數量可讓生產線減少5到6個工作天左右，資材課可增加至少有5到6個工作天能做零件材料緊急採購來因應突增的訂單需求。而成品存貨6,000台的停止生產製造的上限設定，主要是在2013年二月到2014年九月的正式訂單數量，共20筆數據中數量最大值為5,600台，但因考量到必需要持有成品存貨，盡量不讓成品存貨為零以確保靈活性，因此訂6,000台的數量，是以超過歷史最大值來做為停止生產製造的上限數。將上述決策建議方法以流程圖來呈現，如下圖14所示。

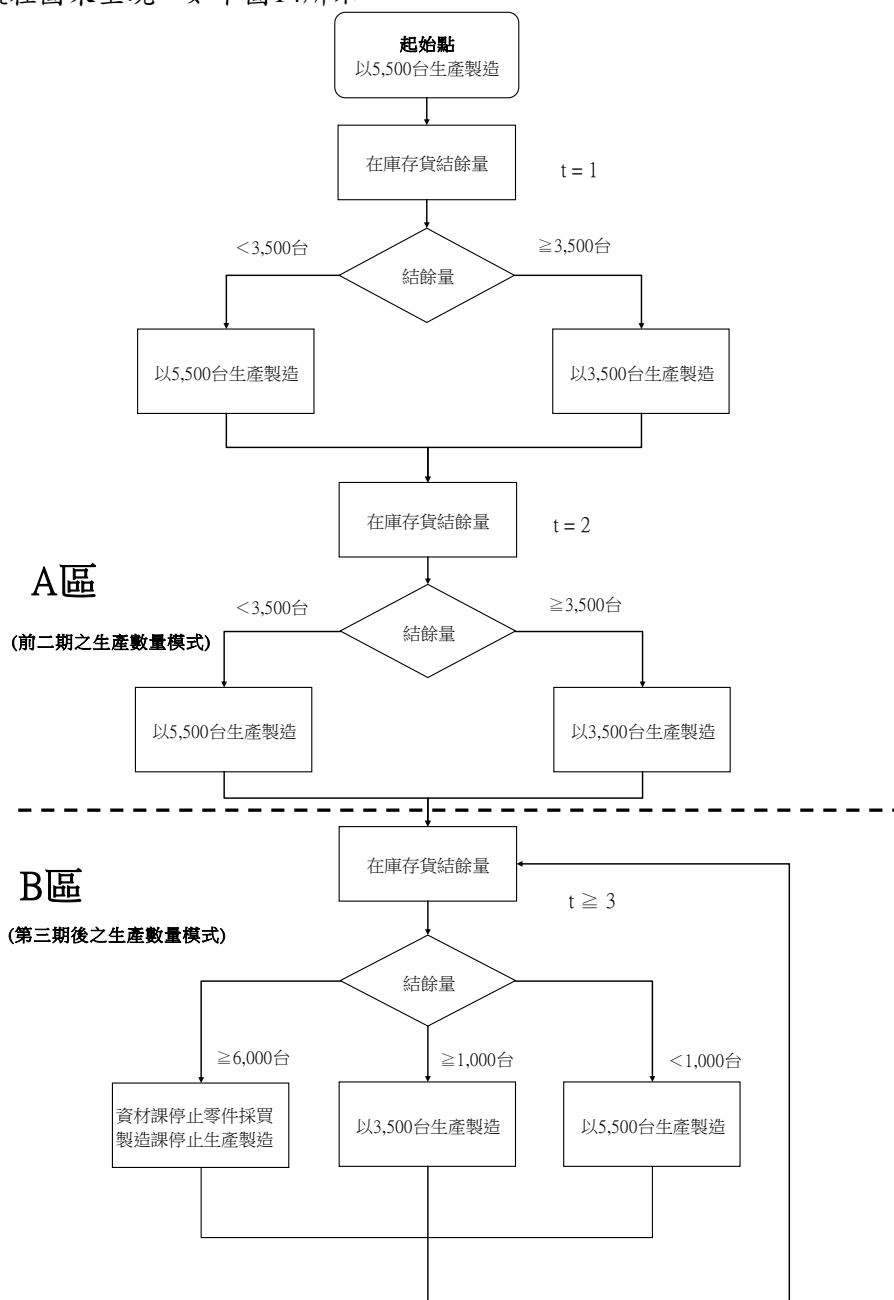


圖 14 TU-3 機種成品製造數量決策流程圖

由圖14的流程圖來說明，從採用平穩化生產的月份為起始點開始，最初是以5,500台來生產製造。扣除當月正式訂單數量後的在庫結餘量，記做第一次的在庫結餘量  $t = 1$ 。依據結餘量判斷後，若是大於或等於3,500台的話，以3,500台做為次月生產製造的基準；若是小於3,500台的話，以5,500台做為於次月生產製造的基準。扣除當月正式訂單數量後的在庫結餘量，此次為第二次的在庫結餘量  $t = 2$ 。依據第二次結餘量判斷後，若是大於或等於3,500台的話，以3,500台做為次月生產製造的基準；若是小於3,500台的話，以5,500台做為次月生產製造的基準。而第一次的結餘量與第二次的結餘量的判斷流程區塊稱為A區(前二期之生產數量模式)，主要是為開始採用平穩化生產後，先以兩個月生產來累積在庫成品存貨。然後再扣除當月正式訂單數量後的在庫結餘量，此次為第三次的結餘量  $t = 3$ 。依據第三次結餘量判斷後，若是小於1,000台的話，以5,500台做為次月生產製造的基準；若是大於或等於1,000台的話，以3,500台做為次月生產製造的基準；若大於或等於6,000台的話，則停止TU-3機種的零件採買與成品生產製造，而從第三次之後的結餘量判斷流程區塊稱為B區(第三期後之生產數量模式)。而B區則是R公司做TU-3機種成品生產製造數量決定的主要判斷流程。也就是說第四次開始之後的結餘量判斷都會在B區做循環。而此建議方法是持續使用平穩化生產的模式直到此TU-3機種停產為止，由於日本Roland Corporation的規範是在機種停產前六個月，必須通知該機種的生產工廠，因此既使TU-3機種告知將要停產，R公司最少都有六個月時間來做庫存零件材料與成品的消耗。

### 三、建議方法效果驗證

由於R公司的TU-3機種的正式訂單，日本Roland Corporation已經下單到2015年五月份，因此再整理後續2014年十月到2015年五月的正式訂單數量，如下表8所示。從正式訂單數量來看，大至上符合本研究以馬可夫鏈所求算出的每月需求數量，是介於3,500台到5,500台之間。使用本研究建議的圖14 TU-3機種成品製造數量決定流程圖來做為每月成品生產製造的判斷，與資材課每月以3,500台為零件材料採買基準，並保持2,000台份的零件材料安全存量。執行結果如表9所示。

表 8 TU-3 機種 2014 年十月到 2015 年五月正式訂單數量表

年/月	正式訂單數量台數
2014/10	3,500
2014/11	4,000
2014/12	4,800
2015/01	5,500
2015/02	800
2015/03	4,500
2015/04	5,500
2015/05	5,300

表 9 建議方法執行結果表

年/月	製造課			資材課			
	正式訂單數量台數 (A)	平穩式生產數量 (B)	訂單數量與生產 數量差異 (C)=(B)-(A)	成品存貨台數 (D)=Σ(C)	資材課零件材 料採買台數 (E)	零件材料安 全庫存量 (F)	實際零件材料 採買台數
2014/10	3,500	5,500	2,000	2,000	5,500	2,000	7,500 (5,500 + 2,000)
2014/11	4,000	5,500	1,500	3,500	3,500	0	3,500
2014/12	4,800	3,500	-1,300	2,200	3,500	2,000	5,500 (3,500 + 2,000)
2015/01	5,500	3,500	-2,000	200	3,500	2,000	3,500
2015/02	800	5,500	4,700	4,900	3,500	0	3,500
2015/03	4,500	3,500	-1,000	3,900	3,500	2,000	5,500 (3,500 + 2,000)
2015/04	5,500	3,500	-2,000	1,900	3,500	2,000	3,500
2015/05	5,300	3,500	-1,800	100	3,500	2,000	3,500

※扣除2014年10月及11月成品存貨，每月成品平均存貨台數= 2,200

從表9來看，從2014年十月開始製造課先以5,500台做生產，而資材課需準備第一次生產的5,500台份的零件材料，並同時備妥2,000台份零件材料的安全庫存量，因此資材課的零件材料總採買量為7,500台份，並從次月開始維持每月以3,500台的零件材料採買數量，除非2,000台份的零件材料安全庫存量被使用到才需再次採買補足。因為正式訂單為3,500台，則當月會產生在庫存成品存貨結餘量為2,000台。2014年十一月的正式訂單數量為4,000台，因在庫存成品存貨結餘量為2,000台，低於3,500台的在庫存成品存貨最高管制上限數，因此製造課仍維持5,500台的成品生產量。資材課每月固定購買3,500台的零件材料，必須再加上2,000台份的零件材料安全存量才足夠供應製造課當月生產，而當月在庫存貨結餘會累積到3,500台，零件材料的安全庫存量則歸零。在上述中的2014年十月到十一月是屬於圖14流程圖中的A區(前二期之生產數量模式)，主要是用來累積TU-3成品存貨數量。2014年十二月正式訂單數量為4,800台，但在庫存成品存貨結餘為3,500台，尚未達到6,000台在庫存貨最高管制上限數，因此製造課的生產數量降為3,500台，資材課仍固定購買3,500台的零件材料，並將歸零的零件材料安全庫存量補足到2,000台份，因此資材課的零件材料總採買量為5,500台份，而當月成品累積存貨結餘量則降至2,200台。2015年一月正式訂單數量為5,500台，但在庫存成品存貨結餘量仍高於1,000台的在庫存成品存貨最低管制下限數，因此製造課維持3,500台的生產數量，資材課仍固定購買3,500台的零件材料，零件材料安全庫存量維持在2,000台份，在庫存成品存貨結餘量則會降至200台。2015年二月的正式訂單數量為800台，在庫存成品存貨結餘量只有200台遠低於1,000台的在庫存成品存貨最低管制下限數，因此製造課恢復到5,500台的生產數量，資材課固定購買3,500台的零件材料，必須再加上2,000台的安全存量才足夠供應製造課當月生產，而當月成品存貨結餘量則會達到4,900台，零件材料的安全庫存量則歸零。2015年三月的正式訂單數量為4,500台，因在庫存成品存貨結餘為4,900台未超過6,000台的在庫存貨管制上限數，因此製造課維持3,500台的生產數量，資材課仍固定購買3,500台的零件材料，並須將歸零的零件材料安全庫存量補足到2,000台份，因此資材課的零件材料總採買量為5,500台份，而當月的在庫存成品存貨結餘量則會降到3,900台。2015年四月的正式訂單數量為5,500台，但因在庫存成品存貨為3,900台，因此製造課仍維持3,500台的生產數量，資材課仍固定購買3,500台的零件材料，零件材料安全庫存量維持在2,000台份，當月的在庫存成品存貨結餘量則會再降至1,900台。2015年五月的正式訂單數量為5,300台，而在庫存成品存貨為1,900台，仍高於1,000台的在庫存貨

最低管制下限數，因此製造課仍維持3,500台的生產數量，資材課仍固定購買3,500台的零件材料，零件材料安全庫存量維持在2,000台份，而在庫成品存貨結餘量則會降到100台。

在目前這八次的正式訂單數量以本研究所建議的方法來執行，每月的平均存貨台數在扣除2014年十月及十一月當初用來累積在庫存貨的月份後，每月平均在庫存貨台數為2,200台。換句話說，若以3,500台的數量生產，再加上2,200台的平均在庫存貨，可達到5,700台的成品數量，則接近本研究以馬可夫鏈所推算出的正式訂單數量需求數的最大值5,500台。而以2013年二月到2014年九月共20筆的正式訂單數據來看，數量最大值為5,600台。因此以歷史紀錄來看，是可符合最大需求量。而這八次的正式訂單中，製造課每月以3,500台生產與零件採買的次數為五次，以5,500台生產與零件採買的次數為三次。因此製造課以3,500台數量進行連續月份生產至少兩個月以上。而資材課除起始點月份需備足5,500台份的零件材料數量及2,000台份的零件材料安全庫存量外，之後每月只需維持3,500台份的零件材料購買量，並確保2,000台份的零件材料安全庫存量即可，而2,000台份的零件材料安全庫存量的在庫成本金額為50萬元。因此從上述的驗證來看，已有符合本研究所期望的平穩化生產的目的，並且消除了資材課因預估單與正式訂單的數量差距而必須做的緊急採買問題。而零件材料安全庫存的在庫金額由原本可能需要約100至125萬元降至50萬元，達到降低零件材料的在庫成本。R公司可利用此方法每年檢驗TU-3機種一次，重新調整製造課每月的平穩化生產數量，以及資材課每月零件材料的固定採購量、零件材料安全庫存量及TU-3機種成品在庫存貨的最高與最低管制數量。

最後建議R公司則可利用此建議方法導入到其他各個機種，藉此設定出各個機種的平穩化生產數量、零件材料採買數量、零件材料安全庫存量及機種成品在庫存貨的最高與最低管制數量，如此一來則可解決R公司生產排程不穩定的問題。

## 參考文獻

- 余欣庭，2012，馬可夫轉換之跳躍擴散模型應用於選擇權訂價與投資組合保險，國立台灣科技大學博士論文。
- Balaguer, Victor R., 2012, Effectiveness of Lean Manufacturing in the Electronics and Medical Devices Operations in Puerto Rico, University of Phoenix, pp. 75-104.
- Chan, Edward Wei-Min, 1999, Markov chain models for multi-echelon supply chains, Cornell University, pp. 87-134.
- Ching, W. K. and Fung, E. S. and Ng, M. K., 2004, A multivariate Markov chain model for categorical data sequences and its applications in demand predictions, IMA Journal of Management Mathematics, Vol.13, pp. 187-199.
- Harris, Daniel Carl, 2012, The adoption of lean operations and lean accounting on the financial-performance measures of publicly traded companies, The University of Mississippi, pp.135-137.
- Womack, James P. and Jones, Daniel T. and Roos, Daniel, 2007, The Machine That Changed the World, Simon & Schuster, New York.