

第四章、實驗分析與模型績效驗證

為驗證是否本預測僅適用於個別產品，本研究中分別對兩個產品進行實驗其預測過程與結果如下：

4.1 資料敘述與分析

本研究中，以國內某製造業公司與其顧客（一國際大型零售連鎖店通路商）產品 A 與產品 B 於 2003 年 1 月至 2004 年 3 月之 66 週銷售資料(價格、數量)、零售端促銷活動、廠商產品資料等作為模型與方法驗證 將 66 週資料區分為三大部分：在時間序列模型部分，則以第 1-54 期為訓練區間，以 55-66 為預測區間 回歸模型中以第 1-44 週為測試部分，由回歸模型分析來找出影響銷售量之變數 第 45-54 週為基因演算模型訓練區間 第 55-66 週為混合模型績效測試區間

4.2 產品 A 預測實驗與績效

4.2.1 階段一：時間序列子模型

首先先針對產品 A 之資料，以 1 至 54 期銷售量進行時間序列模型參數敏感度訓練分析，並預測 55~66 期之銷售量 將 S1、S2 平滑因子之平滑係數 a,b 分別以 0.01~0.8 之為區間，間距為進行測試，以 54 期之 MAPE 判定之，節錄前 10 名結果如表 11

平滑係數 a	平滑係數 b	平均預測與實際值比率	MSE	MAD	MAPE	排名
0.01	0.06	49.66%	300185	222.50943	58.03%	1
0.06	0.01	138.35%	265808.094	196.01887	63.52%	2
0.76	0.01	137.57%	343358.113	250.03774	67.88%	3
0.71	0.01	138.87%	330653.679	249.71698	68.79%	4
0.66	0.01	140.36%	319691.264	249.41509	69.77%	5
0.76	0.11	133.96%	370215.566	262.24528	70.45%	6
0.01	0.01	31.52%	321249.755	249	70.47%	7
0.61	0.01	142.09%	310172.906	248.90566	70.75%	8
0.71	0.11	134.85%	355652.83	263.0566	71.80%	9
0.56	0.01	144.22%	302311.585	248.67925	72.11%	10

資料來源：本研究

取 MAPE 最小者，即 $a=0.01$ ， $b=0.06$ ，進行本研究中產品 A 之實驗 產品 A 之時間序列實際銷售量與預測曲線圖如圖 15：

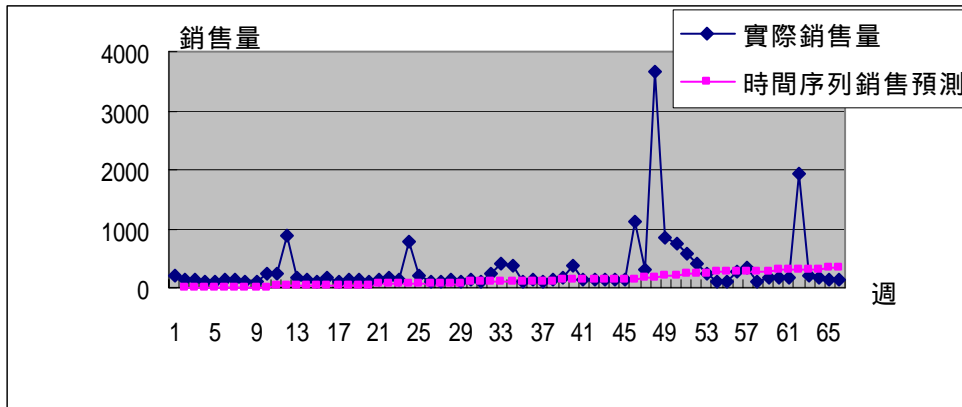


圖 15、產品 A 時間序列實際銷售量與預測曲線圖

資料來源：本研究

4.2.2 階段二：多元回歸模型

根據可得資料，整理為 12 個解釋變數，進行模型合適性分析 模型與變數敘述如下：

$$\log X(t) = b_0 + b_1 * \log \text{Sell}(t) + b_2 * \text{AdQty}(t) + b_3 * \text{AdDays}(t) + b_4 * \text{SotreAc}(t) + b_5 * \text{ProdAc}(t) + b_6 * \text{Peak}(t) + b_7 * \text{PDLC}(t) + b_8 * \text{NewProd}(t) + b_9 * \text{StoreKeyAc}(t) + b_{10} * \text{ProdKeyAc}(t) + b_{11} * \log \text{ArEst}(t) + e$$

其中，

$\log X(t)$ 表第 t 期銷售量對數值，

$\log \text{Sell}$ = 實際售價之對數值

AcQty = 該月產品 A 之廣告活動週次數， $0 \leq \text{AcQty} \leq 5$

AdDays = 產品 A 之廣告活動總計天數， $0 \leq \text{AdDays} \leq 7$

SotreAc = 該週零售商店整體之廣告與活動數量

ProdAc = 該週產品別之廣告與活動數量

Peak = 該期所屬月之尖峰類別代表數，將 12 個月劃分四個類別 1 為表最低尖峰期，4 表最高尖峰期 2 與 3 分表低與高

PDLC = 該期該產品所處之生命週期階段，分為 1-4 期 2 為導入期，3 為成長期，4 為成熟期，1 為產品末期，將進行結束生產與銷售

NewProd = 該週是否是同類別新產品導入期，若是為 1，無為 0

StoreKeyAc=該週是否有商店層之關鍵整體促銷活動，若有，值為 1，若無以 0 表示

ProdKeyAc=該週是否有該產品之關鍵促銷活動，若有，值為 1，若無以 0 表示

ArEst=時間序列模型預測值

$\log ArEst$ = ArEst 之對數值

依照產品 A 所屬類別 T 之 1-54 期，即 2003 年 1~12 月銷售量，之 Q25、Q50、Q75 分位點，來計算並決定各月銷售量代表峰度指數，並將第 55~66 期以該月之前一年月銷售量峰度指數表之，其 Q25、Q50、Q75 分位點分別為 17428、27592、35985 圖形如圖 16：

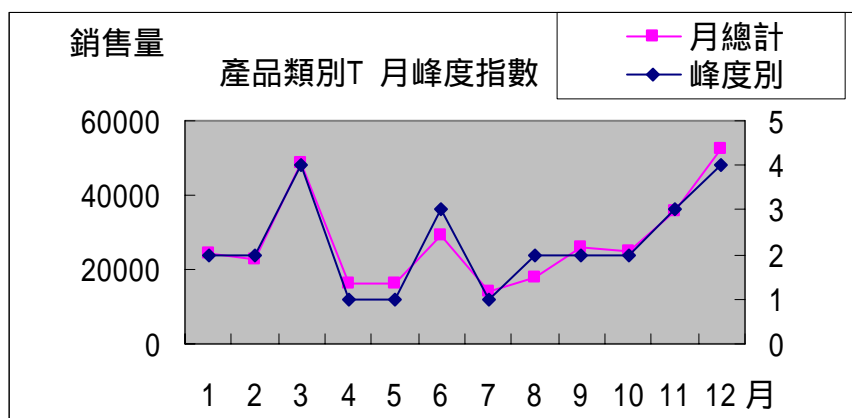


圖 16、產品 A 所屬類別 T 月銷售量峰度指數

資料來源：本研究

PDLC(產品生命週期階段)之決定原則，如下：

階段一(導入期)：產品推出~產品推出後第 n 個月；

階段二(成長期)：產品推出後第 $n+1$ 個月~製造商推出新替代性產品；

階段三(成熟期)：製造商推出新替代性產品~製造商推出新替代性產品第 n 個月或未規劃下市前；

階段四(衰退期)：製造商規劃產品下市(CloseOut)且製造商推出新替代性產品第 n 個月以後

以上 n 值之界定，可由產品類別銷售量之時間序列曲線歸納分析概取得之，本產品預測將 n 設定為 3

產品 A 於 2002 年 9 月上市，同類新商品推出於 2003 年 9 月，廠商決定

closeout 之時間為 2004 年 3 月 依上述原則判斷，故 2002 年 9 月~12 月為導入期，指標值設為 2；2003 年 1 月~9 月為成長期，指標值設為 3；2003 年 9 月~2004 年 2 月視為成熟期，指標值設為 4；2004 年 3 月起則為衰退期，指標值設為 1 其劃分結果如圖 17 產品 A 之 PDLC 階段指數與週銷售曲線圖

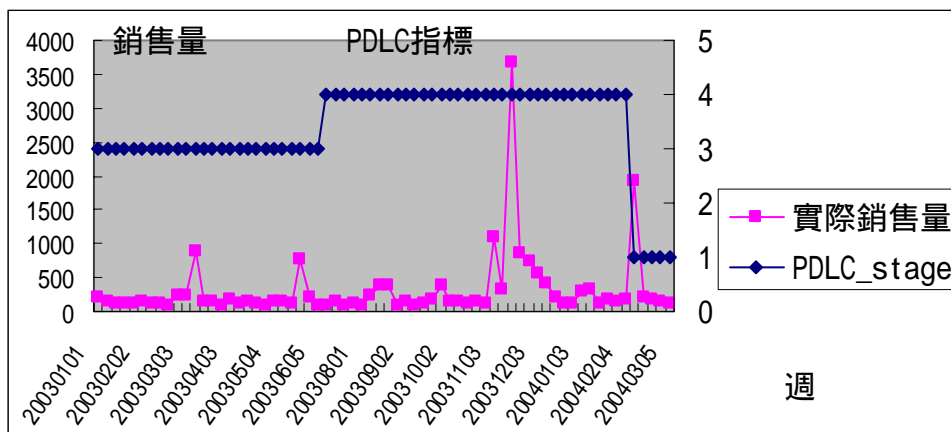


圖 17、產品 A PDLC 階段指數與週銷售曲線圖

資料來源：本研究

以 SPSS 統計軟體，進行模型分析，最後之回歸模型其解釋度與績效如表 12 由於變數間若存在共線性會降低模型之績效，以變異數膨脹因子(Variance inflation factor, VIF)來作多元回歸共線性分析 通常 VIF 值應小於 10 為佳 本模型中變數 VIF 介於 1.1996~7.8814 間，自變數間並無明顯共線性，且模型解釋性部分，複判定係數(R^2)為 0.48，調整後之複判定係數(Adjusted R^2)則為 0.33

		B	Std. Error	t 值	顯著性	共線性
(Constant)	b0	6.9221	1.9241	3.5975	0.0010*	VIF
LogSell	b1	-2.1954	0.8957	-2.4510	0.0197*	1.1996
AdDays	b2	-0.0034	0.0286	-0.1174	0.9072	7.8814
AcQty	b3	0.2685	0.0898	2.9914	0.0052*	2.3931
StoreAc	b4	-0.0208	0.0516	-0.4025	0.6899	1.5341
ProdAc	b5	0.0612	0.1699	0.3601	0.7211	5.3089
Peak	b6	0.0187	0.0371	0.5060	0.6162	1.6543
PDLC	b7	-0.0885	0.0688	-1.2869	0.2071	1.3741
StoreKeyAc	b9	0.0339	0.0934	0.3635	0.7185	1.2717

LogARest	b11	-0.0216	0.1539	-0.1401	0.8894	1.2239
R ²	0.48		Durbin-Watson	2.161		
Adj-R ²	0.33		F	3.326		
MSE	0.035		Sig	0.005		
* 顯著水準為 0.05						

4.2.3 階段三：基因演算求最佳化之混合預測模型

階段二回歸模型中，由於在第 1~43 期資料中，原來預設之 NewProd 變數與 ProdKeyAc 變數，皆呈現 0 值，故於統計分析時被去除，但由於在後續資料期間中不為 0，第三階段基因演化模型中需要初值與以運算，故保留之並預設為 0.001，即 $b_8=0.001$ ， $b_{10}=0.001$ ，則基因演化第一期之初始值如表 13：

b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11
6.9221	-2.1954	-0.0034	0.2685	-0.0208	0.0612	0.0187	-0.0885	0.0010	0.0339	0.0010	-0.0216

基因演化模型參數設定如下：

期數：11 期(第 44-54 期)

預測期數：12 期(第 55 期-66 期)

各期族群大小：100

各期演化代數：200

交配率：0.8

突變率：0.6

各期第一代族群複製範圍參數 a ：30(即各期初始參數解，正負 30%為區間)

適應性函數加權參數設定： $(a, b, r)=(0.5, 0.2, 0.1)$

交配率與突變率的選擇，是經由 0.5~0.9 範圍之前測實驗中選出的較佳演化參數 節錄交配率與突變率組合績效測試前 10 名如表 14

預測期數	交配率	突變率	MAD	MSE	預測與實際值比平均	MAPE	排名
12	0.8	0.6	172.08	214497.42	103.95%	28.67%	1
12	0.9	0.7	158.17	167450.00	77.58%	29.01%	2

12	0.7	0.9	181.67	235404.83	93.60%	30.31%	3
12	0.7	0.5	189.92	247020.42	83.46%	30.31%	4
12	0.5	0.5	189.42	262231.25	92.52%	30.54%	5
12	0.9	0.5	195.50	262027.83	82.85%	30.78%	6
12	0.5	0.6	195.42	258329.75	82.06%	30.96%	7
12	0.9	0.9	197.50	274040.00	84.01%	31.14%	8
12	0.5	0.7	199.00	270649.17	81.61%	31.17%	9
12	0.6	0.9	190.00	245032.50	87.50%	31.68%	10

資料來源：本研究

依照上述參數設定，分別以三個模型(本研究模型一、本研究模型二、Jeong 等人預測模型)實驗 10 次，共計 30 個模型次數，並將之與統計多元回歸績效比較。各模型績效與統計多元回歸績效比較如表 15，單次實驗績效請見附表 1~附表 3。

表 15、產品 A 之 10 次實驗平均績效

預測期數	模型名稱	MAD	MSE	預測與實際值比 平均	MAPE	排名
4 週預測	本研究模型一	66.30	7409.90	97.75%	27.80%	2
4 週預測	本研究模型二	57.65	6728.70	94.39%	24.09%	1
4 週預測	Jeong 等人預測模型	163.35	46516.30	187.01%	106.68%	5
4 週預測	一般回歸模型	199	49022.5	6.16%	93.84%	4
4 週預測	時間序列模型	98.5	12982.5	161.67%	75.32%	3
預測期數	model	MAD	MSE	預測與實際值比 平均	MAPE	排名
8 週預測	本研究模型一	261.26	363117.6 1	80.19%	34.54%	1
8 週預測	本研究模型二	269.20	392588.0 5	74.19%	35.12%	2
8 週預測	Jeong 等人預測模型	371.35	461143.3 8	143.31%	100.64%	5
8 週預測	一般回歸模型	399.375	492295.1	5.09%	94.91%	4
8 週預測	時間序列模型	297.5	342058.5	147.17%	75.04%	3

預測期數	model	MAD	MSE	預測與實際值比 平均	MAPE	排名
12 週預測	本研究模型一	185.46	242660.4 4	84.17%	30.05%	1
12 週預測	本研究模型二	197.65	263102.0 0	72.00%	34.20%	2
12 週預測	Jeong 等人預測模型	280.43	313337.7 3	135.47%	88.03%	4
12 週預測	一般回歸模型	315.583 3	335870.3	5.36%	94.64%	5
12 週預測	時間序列模型	234.0769	219458.692	156.92%	81.76%	3
<p>1. Jeong 等人預測模型 : Jeong 等人(2002)結合統計一般線性回歸模型與基因演算法，無時間序列模型</p> <p>2. 一般回歸模型: 一般統計回歸模型，不包括時間序列模型預測變量，使用 SPSS 計算模型參數，資料量為 54 筆</p> <p>3. 時間序列模型：賀特二個參數指數平滑法，平滑參數(a,b)為(0.01,0.06)</p>						

資料來源：本研究

4.2.4 小結

由產品 A 實驗中發現：

1. 本研究所提之三階段預測方法(本研究模型一、本研究模型二)不論是 4 週、8 週或 12 週預測，預測結果皆較 Jeong 等人預測模型、一般回歸模型、時間序列指數平滑模型預測結果為佳
2. 就基因演算流程方法部分來看，本研究模型一與本研究模型二之預測結果，兩者無明顯差異，效益互有領先
3. 指數平滑模型於本產品之 10 實驗平均結果中，其績效較 Jeong 等人預測模型模型、一般回歸模型模型為佳
4. 另外，將使用基因演算法最佳化之 Jeong 等人預測模型模型結果與僅使用統計軟體求出之一般回歸模型來看，其結果並無顯著差異，但以 MAD 來看，Jeong 等人預測模型預測效果較統計軟體分析出之預測模型(表 4.5 所示之一般回歸模型模型)結果佳

4.3 產品 B 預測實驗與績效

4.3.1 實驗與結果

產品 B 與產品 A 同屬於產品類別 T，在預測模型測試期(第 55 週~第 66 週)屬於產品生命週期之第三階段成熟期 圖 17 為其時間序列實際銷售量與預測曲線圖 (參數為 $a=0.16$ ， $b=0.06$ ，第 1-54 期 $MAPE=51.87\%$) 由圖 18 中可發現其銷售量之變化性較產品 A 大

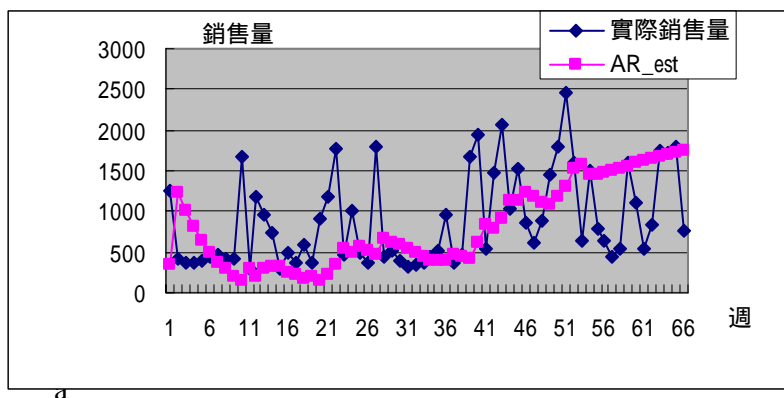


圖 18、產品 B 時間序列實際銷售量與預測曲線圖

階段二之回歸模型如同產品 A 經過 SPSS 統計軟體分析後之結果如表 16：

表 16、產品 B 第二階段回歸模型分析與模型參數表						
		B	Std. Error	t 值	顯著性	共線性
(Constant)	b0	5.546	1.536868	3.6089	1.54	VIF
LogSell	b1	-1.415	0.704026	-2.0094	0.704	1.177
AdDays	b2	0.062	0.013094	4.7451	0.013*	1.975
AcQty	b3	0.105	0.04166	2.5203	0.017*	3.787
StoreAc	b4	0.0319	0.033669	0.9476	0.350	1.239
ProdAc	b5	-0.0809	0.064501	-1.2541	0.218	2.787
Peak	b6	-0.0022	0.02672	-0.0818	0.935	1.407
PDLC	B7	-0.1134	0.05435	2.1822	0.021*	1.872
NewProd	b8	0.2244	0.057958	3.8723	0.001*	1.28
StoreKeyAc	b9	0.12975	0.069881	1.8567	0.072	1.35
LogARest	b11	-0.0036	0.109395	-0.0326	0.974	1.372
R	0.8868					
R ²	0.78642		Durbin-Watson	2.254		

Adj-R ²	0.72817	F	13.692
MSE	0.035	Sig	0.005
* 顯著水準為 0.05			

產品 B 回歸模型中變數 VIF 介於 1.28~3.787 間，小於 10，自變數間並無明顯共線性，且模型解釋性部分，複判定係數(R^2)為 0.78，調整後之複判定係數(Adjusted R^2)則為 0.73

階段二回歸模型中，由於在第 1~43 期資料中，原來預設 ProdKeyAc 變數，呈現 0 值，故於統計分析時亦被去除，但由於在後續資料期間中不為 0，第三階段基因演化模型中需要初值與以運算，故保留之並預設為 0.001，即 $b_{10}=0.001$ ，則基因演化第一期之初始值如表 17：

b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11
5.546	-1.415	0.062	0.105	0.0319	-0.0809	-0.0022	-0.1134	0.2244	0.12975	0.001	-0.0036

基因演化模型參數設定與產品 A 之實驗同，如下：

期數：11 期(第 44-54 期)

預測期數：12 期(第 55 期-66 期)

各期族群大小：100

各期演化代數：200

交配率：0.8

突變率：0.6

依照上述參數設定，分別以三個模型(本研究模型一、本研究模型二、Jeong 等人預測模型)實驗 10 次，共計 30 個模型次數，並將之與統計多元回歸績效比較 各模型績效與統計多元回歸績效比較如表 18，單次實驗績效請見附表 4-附表 6

預測期數	模組類別	MAD	MSE	預測與實際 值比平均	MAPE	排名
4 週預測	本研究模型一	423.90	277480.25	159.74%	71.03%	2

4 週預測	本研究模型二	321.83	190983.43	149.28%	50.69%	1
4 週預測	Jeong 等人預測模型	614.68	649335.58	193.97%	99.26%	4
4 週預測	一般回歸模型	588.75	362337.8	2.94%	97.06%	3
4 週預測	時間序列模型	882.75	803046.75	257.80%	157.80%	5
預測期數	模組類別	MAD	MSE	預測與實際 值比平均	MAPE	排名
8 週預測	本研究模型一	374.43	229734.05	130.26%	51.86%	2
8 週預測	本研究模型二	300.91	163561.49	130.49%	39.23%	1
8 週預測	Jeong 等人預測模型	548.56	542206.71	155.72%	72.00%	3
8 週預測	一般回歸模型	796.5	756907.8	2.51%	97.49%	4
8 週預測	時間序列模型	738.875	651246.625	219.87%	120.46%	5
預測期數	模組類別	MAD	MSE	預測與實際 值比平均	MAPE	排名
12 週預測	本研究模型一	446.63	319987.15	109.71%	47.13%	2
12 週預測	本研究模型二	332.01	182031.21	114.52%	34.80%	1
12 週預測	Jeong 等人預測模型	539.53	508739.16	135.71%	59.00%	3
12 週預測	一般回歸模型	1029.25	1310189	2.10%	97.90%	5
12 週預測	時間序列模型	544.769	476263.84615	175.09%	84.77%	4
<p>1. Jeong 等人預測模型 :Jeong 等人(2002)結合統計一般線性回歸模型與基因演算法，無時間序列模型</p> <p>2. 一般回歸模型:一般統計回歸模型，不包括時間序列模型預測變量，使用 SPSS 計算模型參數，資料量為 54 筆</p> <p>3. 時間序列模型：賀特二個參數指數平滑法，平滑參數(a,b)為(0.16,0.06)</p>						

資料來源：本研究

4.3.2 小結

由產品 B 實驗中發現：

1. 本研究所提之三階段預測方法(本研究模型一、本研究模型二)不論是 4 週、8 週或 12 週預測，預測結果皆較 Jeong 等人預測模型、一般回歸模型、時間序列指數平滑模型預測結果為佳
2. 就基因演算流程方法部分來看，本研究模型一與本研究模型二之預測結果，以本研究模型二為佳
3. 將使用基因演算法最佳化之 Jeong 等人預測模型模型結果與僅使用統計軟體求出之一般回歸模型來看，其結果在 4 週預測部份，並無顯著差

異，但若觀察 8 週預測與 12 週預測來看，Jeong 等人預測模型預測效果較統計軟體分析出之預測模型(表 4.5 所示之一般回歸模型模型)結果明顯為佳