

第四章 實驗分析與檢定

為了證實本研究之求解方式，具有良好之結果，本章將針對(1)基因演算法結合禁忌搜尋法與基因演算法(林慈傑)兩者之結果比較(2)不同參數設定下基因演算法結合禁忌搜尋法之結果比較。前者實驗的目的是為了確信，使用禁忌搜尋法對於求解過程確實有助益，而後者實驗則是為了確定不同參數設定是否對於結果有所影響。

4.1 實驗之資料輸入

由於本實驗設計之主要目的是與過去研究進行比較，因此本實驗採用之輸入數據將引用“以遺傳演算法求解類運輸問題模式化的多廠訂單分配問題”(林慈傑, 2002)之資料數據進行實驗。本實驗之環境包括：訂單 30 張、產品種類 7 種、規劃週期 7 天、工廠 3 間。

表 4-1 列出各訂單之資料，每張訂單內容應包括訂單編號、產品種類、訂單交期與訂購數量，訂購數量以「個」為最小單位。

表 4-1 訂單資料

訂單編號	產品種類	訂單交期	訂購數量
1	2	1	70
2	3	1	317
3	1	1	490
4	2	1	216
5	3	1	232
6	4	1	70
7	1	1	445
8	3	2	989
9	4	2	198
10	7	2	79
11	6	2	1245
12	4	2	398
13	7	2	101

14	2	3	220
15	5	3	167
16	5	3	269
17	1	3	186
18	1	3	85
19	5	4	511
20	6	4	302
21	5	5	1792
22	2	5	196
23	7	5	1030
24	6	5	255
25	1	6	158
26	6	6	300
27	5	6	288
28	3	6	303
29	5	7	175
30	3	7	77

表 4-2 列出各訂單於各工廠之單位運輸成本，在此數據中已經隱含每張訂單的交貨地點，直接以不同的運輸成本表示。

表 4-2 訂單運輸成本 (元/單位)

訂單編號	工廠 1	工廠 2	工廠 3
1	15.0	12.0	12.5
2	9.5	10.5	12.0
3	13.0	14.0	11.0
4	8.5	9.5	11.0
5	11.0	8.0	12.0
6	10.0	8.5	10.0
7	12.0	12.0	9.5
8	9.5	11.0	10
9	11.0	9.5	8.0
10	10.0	8.0	9.0
11	12.0	10.0	10.5
12	10.0	12.0	11.0
13	8.0	11.0	10.0
14	9.5	11.0	10.0

15	12.0	9.5	8.0
16	9.0	8.0	12.0
17	10.0	8.5	10.0
18	12.0	12.0	8.5
19	15.0	12.0	12.5
20	9.5	10.5	12.0
21	13.0	14.0	11.0
22	8.5	9.5	10
23	11.0	8.0	12.0
24	8.0	9.5	8.0
25	11.0	8.0	12.0
26	10.0	8.5	11.0
27	11.0	12.0	9.5
28	12.0	11.0	8.5
29	9.5	11.0	10.0
30	11.0	9.5	8.0

表 4-3 列出各工廠之產能上限，單位以小時計算，在初始設定時，每間工廠皆未消耗產能，因此有相同的產能上限，生產產品後會依照生產產品所需時間消耗產能。

表 4-3 工廠產能上限

工廠	規劃天數	最大產能時間 (小時)
1	7	72
2	7	96
3	7	72

表 4-4 列出各產品於各工廠生產時，所需要花費的時間，單位為「秒」，而各產品所需之生產時間與數量無關，為線性之關係。

表 4-4 各產品生產所消耗之時間

產品	工廠 1	工廠 2	工廠 3
1	339	312	354
2	508	497	520
3	563	560	558
4	555	558	560

5	498	486	427
6	559	555	550
7	220	225	200

表 4-5 列出各產品於各工廠生產所需之整備成本，而生產每一種產品時，整備成本僅需付出一次，與生產數量無關。

表 4-5 各產品種類整備成本

產品種類	工廠 1	工廠 2	工廠 3
1	237	251	221
2	384	360	332
3	130	191	113
4	470	458	446
5	524	594	576
6	792	772	716
7	611	624	662

表 4-6 列出各產品的售價，主要是用來計算超過訂單交期之延遲成本，目前設定單位延遲成本為單位售價的十分之一。

表 4-6 產品的單位售價

產品種類	單位售價
1	723
2	1215
3	933
4	386
5	455
6	503
7	851

4.2 參數之設定分析

在基因演算法的應用中，有數個參數需要進行設定，包括染色體的群體數、

交配運算子的類型、交配率、及突變率等，其中染色體的群體數影響到求解的時間與效率，運算子的類型則需根據問題來設計，因此本小節將以實驗來探討基因演算法結合禁忌搜尋法時之最佳交配率與突變率的設定。

表4-7為不同交配率下之平均總成本，本實驗設計在固定的突變率下以不同的交配率下進行運算，每個參數設定將進行30次的實驗，並求出其30次之平均總成本，由表4-7中可以發現，不同的參數設定下，對於總成本之影響並不顯著，約小於1%之影響。

表 4-7 不同交配率下之平均總成本

GA+TS									
交配率	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
突變率	0.04								
平均數	<u>1176319</u>	1198709	1181100	1204497	1200265	1197088	1199242	1195512	1189862

表4-8為不同突變率下之平均總成本，本實驗設計在固定的交配率下以不同的突變率下進行運算，每個參數設定將進行30次的實驗，並求出其30次之平均總成本，由表4-8中可以發現，不同的參數設定下，對於總成本之影響並不顯著，約小於1%之影響。

表 4-8 不同突變率下的平均總成本

GA+TS									
突變率	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
交配率	0.6								
平均數	1183706	<u>1173902</u>	1186080	1210416	1211700	1186259	1202900	1191188	1180696

由上兩個實驗得到一個結論，突變率與交配率的改變會對於總成本產生影響，但是影響並不顯著（小於1%），不過仍然可以確定存在一組最佳參數適用於GA+TS，而本研究之重點不在於GA+TS之參數設定，因此我們將採用過去研究之參數值之設定，而最佳之參數組合將留待後人研究。

4.3 實例之結果分析

本小節列出本研究之實驗結果，主要探討兩個部分：(1)基因演算法結合禁忌搜尋法與基因演算法（林慈傑）兩者之結果比較、(2)不同參數設定下基因演算法結合禁忌搜尋法之結果比較。

4.3.1 基因演算法結合禁忌搜尋法與基因演算法（林慈傑）兩者之結果比較

表 4-7 為兩種求解模式的實驗數據，主要目的是為了瞭解，GA+TS 之求解結果確實可以優於 GA 之求解結果，本實驗以三十次的實驗數據來進行比較，以觀察兩者的結果異同。其中交配率設定為 0.6，突變率設定為 0.04。

表 4-7 GA+TS 與 GA 求解結果比較表

次數	GA+TS 平均數	GA 平均數
1	1156137	1290735
2	1210366	1210412
3	1186037	1305940
4	1134066	1298400
5	1263144	1314229
6	1208729	1295378
7	1144956	1271554
8	1226097	1254392
9	1177779	1256725
10	1291655	1271614
11	1248079	1273478
12	1184350	1237275
13	1263528	1249193
14	1201057	1197470
15	1196939	1257476
16	1242313	1262913
17	1207419	1275857
18	1164355	1276225

19	1076512	1286533
20	1158106	1211828
21	1162363	1943766
22	1149494	1229094
23	1193095	1300886
24	1235876	1269212
25	1244257	1195429
26	1185991	1235010
27	1260103	1220646
28	1091817	1267765
29	1248190	1253744
30	1199842	1264644
平均	1197088	1282594
相差%		6.6%

為了驗證 GA+TS 確實可以求得較低之總成本，本研究利用 MINITAB 之 Two Sample t Test 功能，針對 GA+TS 與 GA 之求解結果，進行數據檢定。由表 4-8 可以看出，在 30 次的取樣下，假設 H_0 為 $GA+TS \geq GA$ ，由 t 檢定可以發現其 P-Value 為 0.001，可知 H_0 被否定，表示沒有足夠證據證明 $GA+TS \geq GA$ 。由結果推論可知，採用 TS 對於結果進行修補，有顯著的效果。

表 4-8 GA+TS 與 GA 之結果驗證

	取樣數	總成本平均數	標準差
GA	30	1282594	128810
GA+TS	30	1197088	50789
信賴水準	0.95		
H_1	$GA+TS < GA$		
H_0	$GA+TS \geq GA$		
P-value	0.001		

4.3.2 不同參數設定下基因演算法結合禁忌搜尋法之結果比較

表 4-9 不同參數設定下結果之變化，本實驗將突變率由 0.6 改為 0.1，由平均總成本中可以發現，其結果降低了約 1.7%，雖然並不顯著，不過仍可以確定必然存在一組參數是優於目前之參數組合（交配率 0.6、突變率 0.04）。

表 4-9 GA+TS 之不同參數結果比較表

	GA+TS_1	GA+TS_2
突變率	0.6	0.1
交配率	0.04	0.04
1	1156137	1199931
2	1210366	1148790
3	1186037	1110321
4	1134066	1240392
5	1263144	1226351
6	1208729	1055997
7	1144956	1291158
8	1226097	1134778
9	1177779	1173276
10	1291655	1156035
11	1248079	1145456
12	1184350	1188284
13	1263528	1098130
14	1201057	1197804
15	1196939	1122647
16	1242313	1261641
17	1207419	1243401
18	1164355	1138145
19	1076512	1210380
20	1158106	1156200
21	1162363	1282639
22	1149494	1255619
23	1193095	1198128
24	1235876	1182791
25	1244257	1154046

26	1185991	1230753
27	1260103	1071271
28	1091817	1124887
29	1248190	1152519
30	1199842	1137793
平均	1197088	1176319
相差%		1.7%

表 4-10 顯示 GA+TS 在不同的參數設定下之結果驗證，由檢定中本研究可以發現，兩者的結果差異並不顯著，但仍有可以加強之處，由於本研究不在於探討最佳之參數組合，因此僅將此發現列出。

表 4-10 GA+TS 之不同參數結果驗證

	取樣數	總成本平均數	標準差
GA+TS1	30	1197088	50789
GA+TS2	30	1176319	60099
信賴水準	0.95		
H ₁	GA+TS ≠ GA		
H ₀	GA+TS = GA		
P-value	0.154		

4.3.3 不同問題維度之比較基因演算法結合禁忌搜尋法之比較

表 4-11 是為了表示，當問題維度改變時，GA 與 GA+TS 對於結果的影響，其中的問題維度表示問題之工廠數、訂單數與規劃週期，而解變數個數表示每個解的變數組成數量。

表 4-11 不同訂單數量下的結果比較

問題維度	解變數個數	GA+TS 平均成本	GA 平均總成本	P-Value
3x25x7	525	1161747	1111718	0.000
3x30x7	630	1197088	1282594	0.001

3x35x7	735	1287934	1403570	0.000
--------	-----	---------	---------	-------

4.3.4 小結

本章節主要針對 GA+TS 與 GA 進行比較，而透過以上小節實驗我們可以得到以下小結：

- GA+TS 在該實驗環境與實驗數據下，可以得到較 GA 得到較佳的結果，並以進行驗證。
- GA+TS 與 GA 之最佳參數設定不同，雖然參數的影響不顯著。
- GA+TS 在此問題維度之擴大與縮小下，仍可得到較佳的結果。