

第四章 模擬實驗

本章將介紹研究的實驗系統如何設計以及系統的功能。此外將以第三章所設計之，節點網路實驗系統作為研究平台，根據不同需求的路徑方案，應用於海運航線選取問題上，作一實例分析及成果歸納。本研究之實驗設計基本採下幾個原則：

1. 第一階段為貨物出口申報至海關放行出港方案係以每一 20 呎及 40 呎貨櫃為基準之作業處理平均價及時間為變數。
2. 第二階段為海關放行出港至出口國到達港方案係以每一 20 呎 40 呎貨櫃為基準之運送平均價及時間為變數。
3. 上列之評估參數均利用公式線性轉換為 1-10 之定量值，且精確值皆取至小數點後 4 位。

4.1 實驗系統設計

本小節將對於本系統的相關功能及系統參數如何設定以作一番介紹。

4.1.1 系統功能

本研究在系統實體的部分本論文以程式語言C++實現基因演算法的程式，並於程式設計中並且導入菁英政策加強演算的能力，並且可產生資料*.txt文字類型的檔案匯出至外部，之後將外部輸出後的資料匯入至PC將圖表繪製出，有關實驗系統的主機詳細資訊如表4.1所示。

表4.1 實驗系統主機資訊

主機：	140.122.79.107	主機作業系：	Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 1
CPU:	Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 2.40 GHz	記憶體：	512 MB

本系統的運作步驟，如圖4.1所示。要使系統順利得到結果，首先1.根據系統的特性，設定適合的參數;2.依據研究對象輸入所需的目標函數;3.執行基因演算法程式;4.辦讀匯出的結果以作為分析的根據。

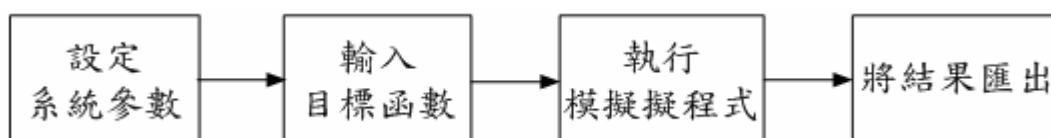


圖 4.1 系統運作步驟

1. 設定系統參數：

根據基因演算法的運算法則，本系統的參數共有(1)突變率;(2)交配率;(3)基因個數。共三種不同的參數，其個別參數的個別意義已於第三章詳述。

2. 輸入目標函數：

運用基因演算法尋求最佳化解時，根據不同的研究對象，會設計出不同的目標函數，通常都以多項函數表示之。在目標函數中的不同的變數各有其不同的意義，代表著不同型態的最佳解。

例如： $f(x) = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10(\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$

$$(X_1^2 + Y_1^2) - X_1 Y_1$$

皆可為目標函數的型態。

3. 執行基因演算法程式：

將步驟1與步驟2的結果輸入至已撰寫完成之基因演算法程式中並執行。

4.將結果匯出：

在此系統中重要的系統變數共有：(1)每筆演化變數 (X_1 與 X_2) 的值；(2)每組基因的適應函數值；(3)最佳適應函數值；(4)平均適應函數值；(5)總適應函數值；(6)每組變數之間的標準差。

將上述的變數以檔案的方式匯出至外部，共有三個檔案：

(1) 每筆演化變數 (X_1 與 X_2)：可清楚觀察到實驗系統每一筆變數經過每一世代演化的過程，換言之可以得到演化過程每一筆變數的數值，並且會製成圖形，匯出檔案為 “gavar.txt”，如圖4.2與圖4.3，。

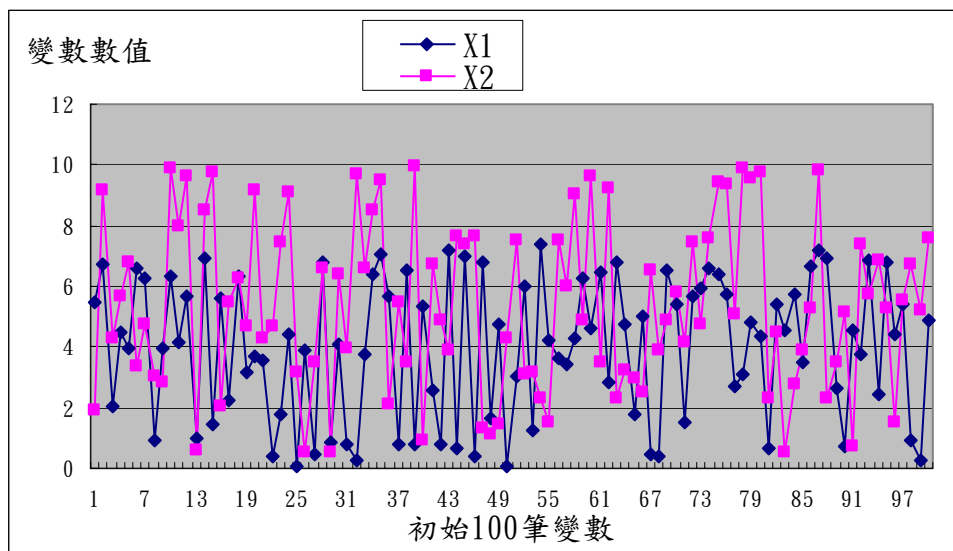


圖 4.2 系統變數演算過程(初始 100 筆變數)

在所有的系統變數 (X_1 與 X_2) 中，將前100筆變數與後100筆變數取出如圖4.2與圖4.3，比較此兩圖可以發現，在系統中變數演算過程中，由於變數的產生是隨機的，因此初始資料變動非常劇烈之後經過不斷地演化與淘汰，此變數會趨近於一最佳值，在圖中還是有一些變數的數值有變動的情形變動，是由於演化的過程一直都有突變的發生，最後變動的劇烈程度將取決於突變率的設定。

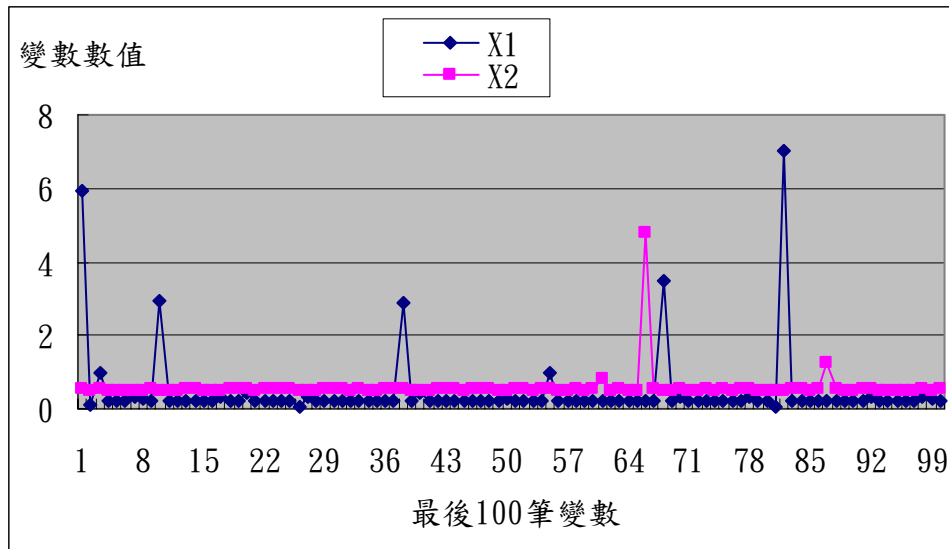


圖 4.3 系統變數演算過程(最後 100 筆變數)

(2) 每組基因的適應函數值:在系統中染色體基因數設定為 500 個；繁衍之世代數（停止條件）共有 30 個，在匯出的檔案中可觀察每一世代中 500 個基因的演化值，30 世代共總有 15000 筆資料，其檔案為“[gafit.txt](#)”，如圖 4.4 將第一代的前 20 個基因與最後一世代的最後 20 個基因作比較，最後一世代的基因變動較平緩。

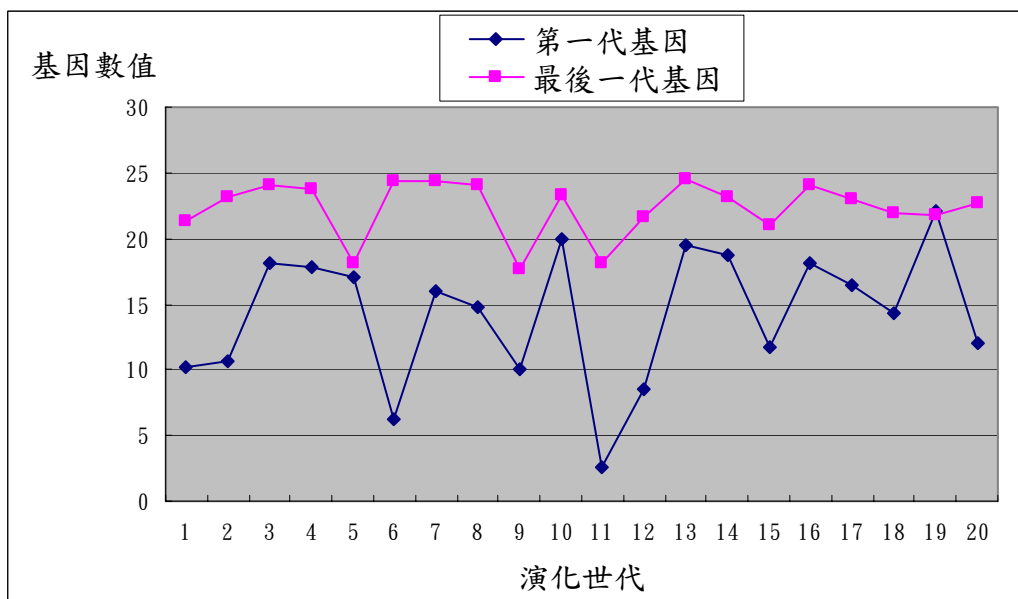


圖 4.4 系統中每世代基因值

(3) 系統資訊:本系統中可將每一世代的主要資訊:最佳適應函數值、平均適應函數值、總適應函數值、標準差等...，並匯出檔案且繪製成圖形，如圖 4.5、圖 4.6 與表 4.7，其檔案為 “galog.txt”。

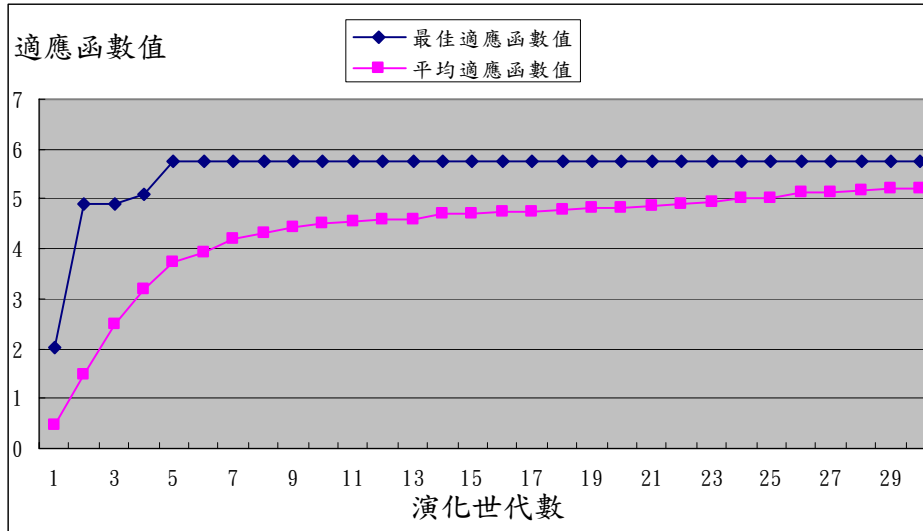


圖 4.5 系統適應函數值與平均適應函數值

在演算的過程當中，每一的單一世代會產生出許多基因，這些基因的適應含數值不盡相同，代表每一基因間變動的情形在統計學上以標準差表示之，如圖 4.6 中隨著演化世代數的增加系統中的標準差，會慢慢趨近於一個定值，而沒有完全趨近於零是由於無論世代數目為多少皆可能有突變的發生。

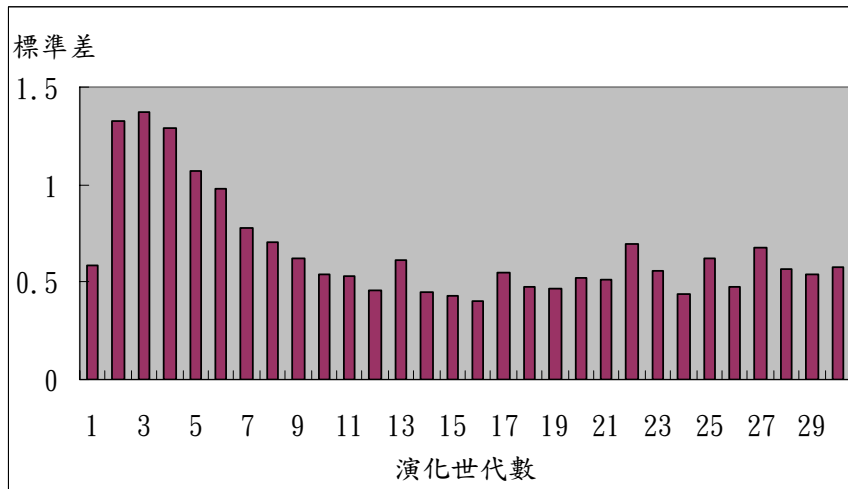


圖 4.6 系統標準差

4.4.2 系統參數設定

本研究以 $f(x) = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10(\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$ 之函數，其具有多重局部解的特性，可用於檢驗是否會陷入局部最佳解，應用此函數以尋求系統最合適的參數，此函數之圖形如圖 4.7。本小節將分成三階段進行：(1) 改變突變率；(2) 改變交配率；(3) 改變基因個數，以能得到最準確的最佳適應函數值且能快速收斂為目標，不斷地改變參數，求取系統執行時之最佳系統參數。

由於基因演算法變數產生的方式為隨機的，故每一次演算的值不盡相同，因此所有的值皆為演算 5 次後取較為接近平均值的那一次作為最後的結果。

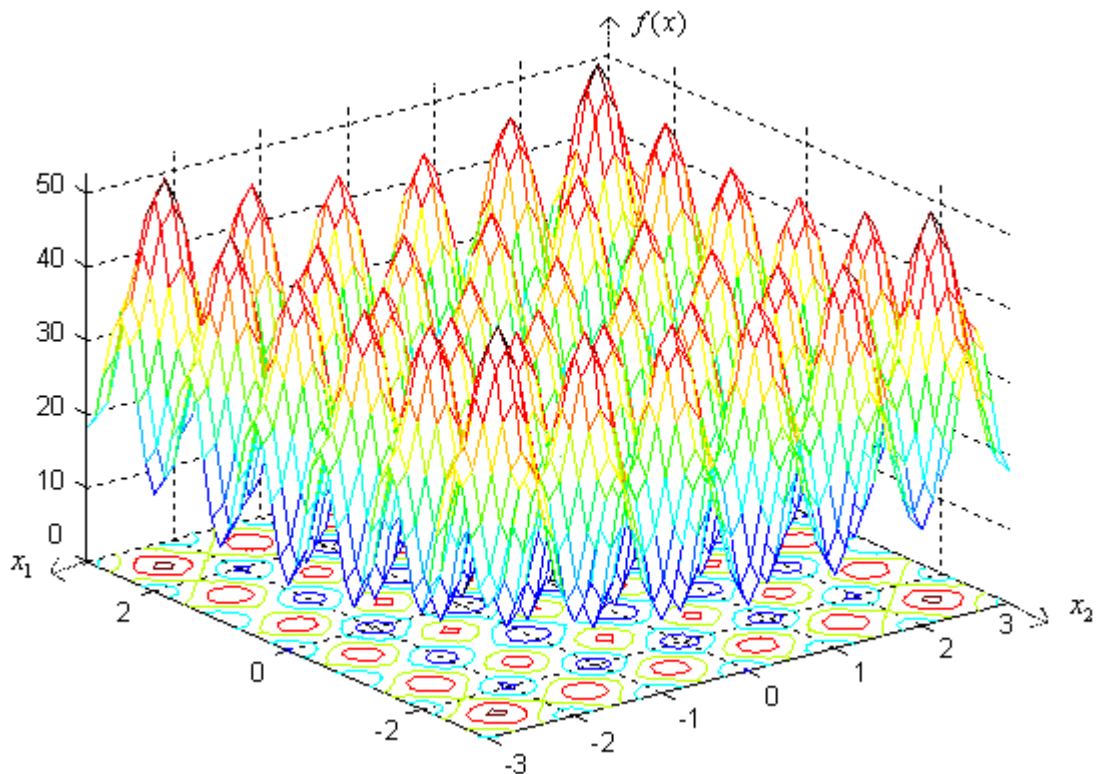


圖4.7 $f(x) = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10(\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$ 之圖形

(1) 改變突變率: 演算的過程為了避免陷入局部最佳解方以製造突變的發生。在系統中在實際設計中如果設定過高，將易於讓搜尋過程變得太過隨機化，因此突變率突變的機率通常都不會設定很高，本研究以0.09為測試之起始值，其他參數設定如下所示。

(1) 適應函數： $f(x) = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10(\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$

(2) 染色體基因數：10

(3) 交配率：0.9

(4) 突變率：0.09

(5) 繁衍之世代數（停止條件）：50

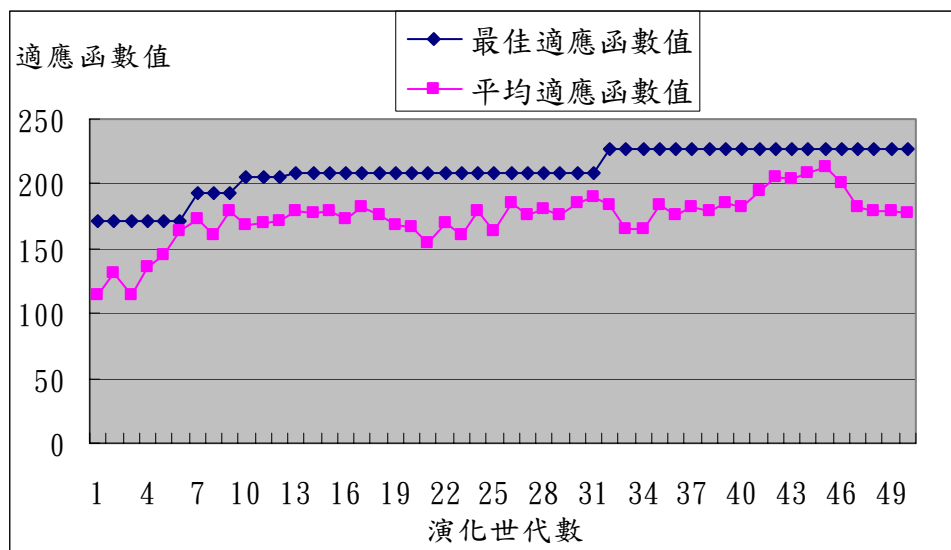


圖 4.8 突變率為 0.09 時適應函數值

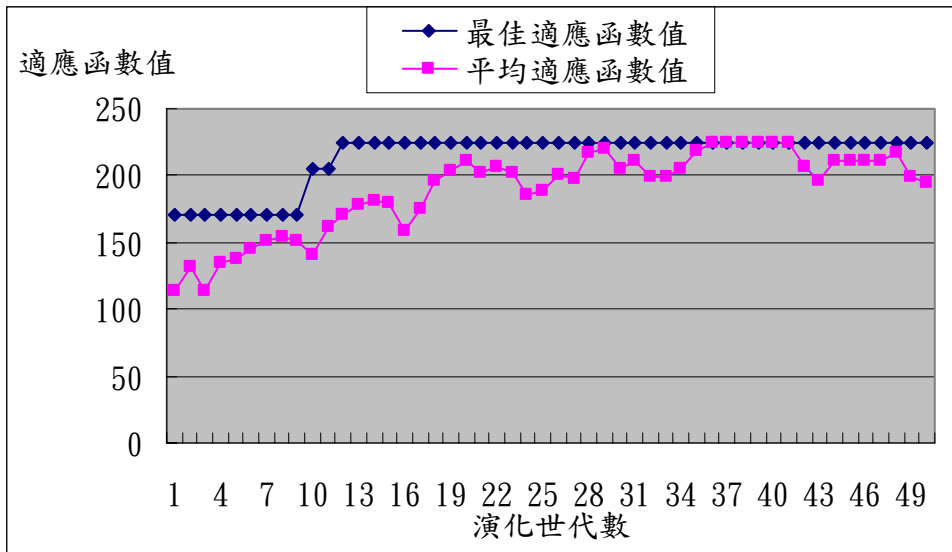


圖 4.9 突變率為 0.05 時適應函數值

比較圖 4.8 與圖 4.9 時，發現當突變率為 0.09 時一直到後 32 世代時其適應函數值才趨於穩定，而當突變率為 0.05 時，到了第 12 世代就已達成收斂，但是另外一方面當突變率過低時，如圖 4.10 中突變率為 0.01 時卻發生提前收斂其值不精確的情況，因此本研究採取突變率 0.05。

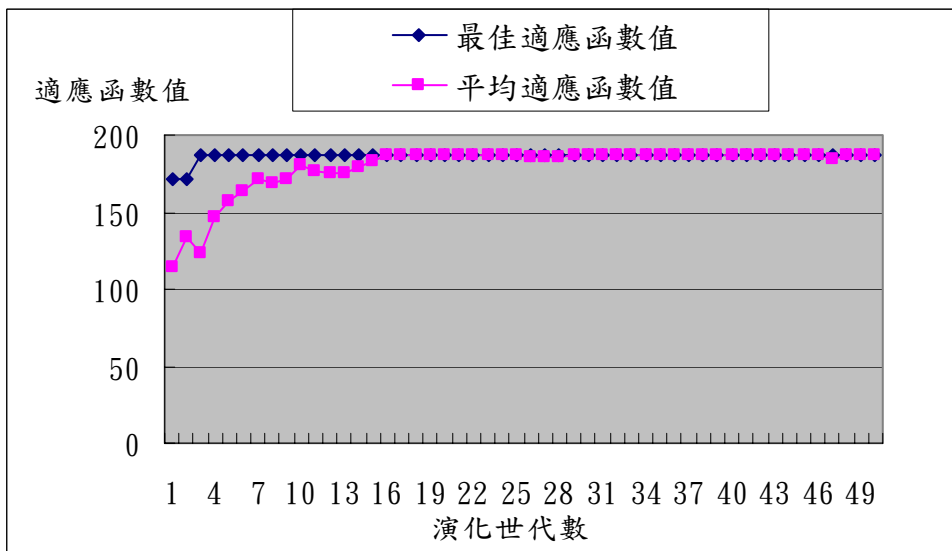


圖 4.10 突變率為 0.01 時適應函數值

(2) 改變交配率: 一般而言交配率的設定若是過小, 將會易於造成基因演算的停滯現象, 可是若是將交配率設定過高, 雖然變化性會加劇, 但易於導致優良基因在沒有保存好的狀態下就被改變的現象。因此一般針對交配率的設定上會採用0.5~0.95的設計方式。

(1) 適應函數: $f(x) = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10(\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$

(2) 染色體基因數: 10

(3) 交配率: 0.9

(4) 突變率: 0.05

(5) 繁衍之世代數 (停止條件): 50

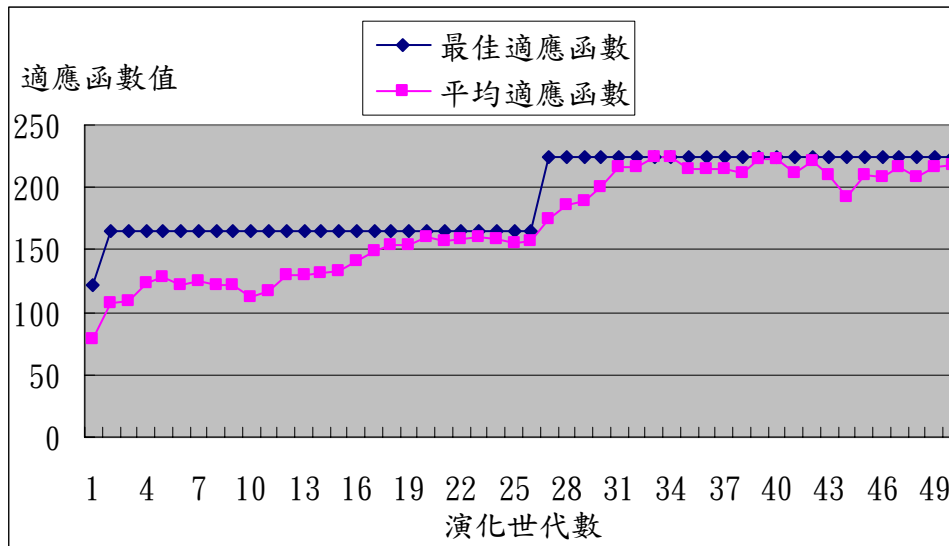


圖4.11 交配率為1時適應函數值

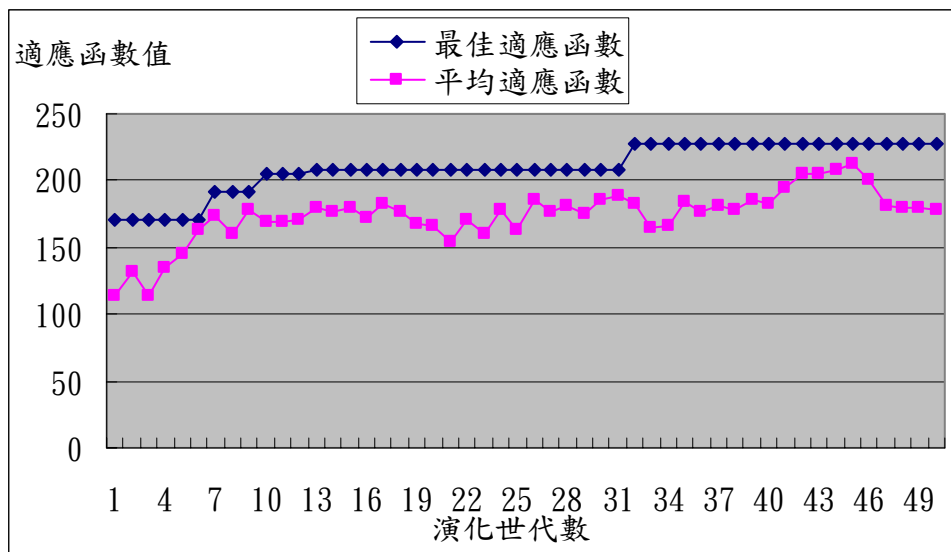


圖4.12 交配率為0.9時適應函數值

就基因演算的理論而言，若將交配率設定過高會加劇如圖4.11，易於導致優良基因在沒有保存好的狀態下就被改變的現象，比較上述結果因此本研究交配率設定為0.9。

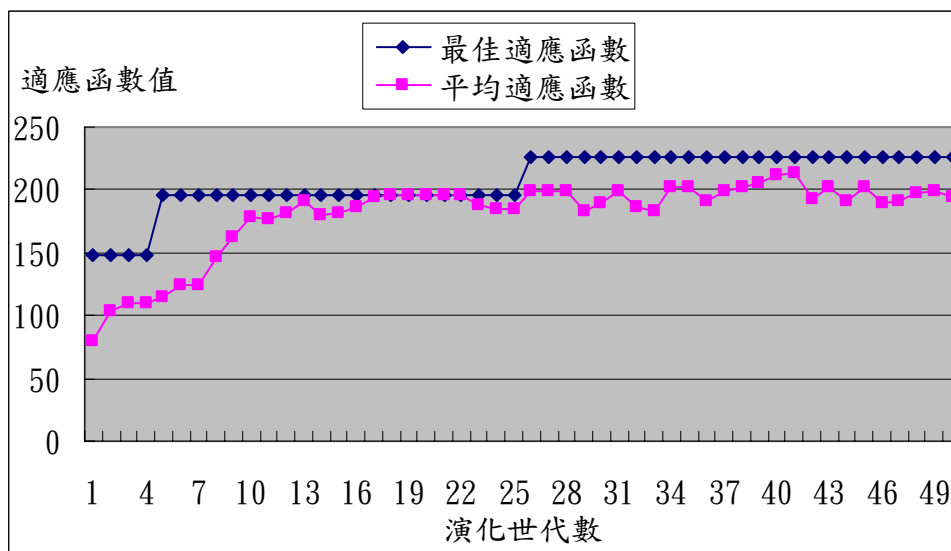


圖4.13 交配率為0.8時適應函數值

(3) 改變基因個數：基因個數的多寡亦會影響其運算收斂的速度。如果基因個數過多時，運算精確度相對較高，但運算時間就比較慢。另外一方面，若是基因個數過少，就有適應值不夠精確的問題。

為尋求適當的基因個數，起初原始值為基因個數設為10後來改變成為100，之後以100與200做比較發現，200的值比較精確收斂也較早，隨後繼續增加，發現當基因個數達到500以上，如1000、2000甚至3000以上時精確度或收斂性並沒有大幅度的改善，因此選定基因個數為500。

(4) 結論：綜合上述的情況，本論文採取下列之參數。

表4.2 實驗參數

項目	數值
染色體基因數	500
交配率	0.9
突變率	0.05
繁衍之世代數（停止條件）	30

4.2 第一階段為貨物出口申報至海關放行出港方案

第一階段貨物出口申報至海關放行出港方案中參考圖 3.14 將所有可能的路徑列表，如表 4.2 中若欲從節點 A1 至節點 A7。以作業時間與作業成本為考慮變數，列舉第一階段方案之參考路徑如表 4.2 所示。

表 4.3 第一階段方案路徑參照表

編號	路徑順序	屬性
AR_1	A1→A2→A5→A7	第一階段方案
AR_2	A1→A2→A6→A7	第一階段方案
AR_3	A1→A3→A5→A7	第一階段方案
AR_4	A1→A3→A6→A7	第一階段方案
AR_5	A1→A4→A7	第一階段方案

由於表 3.1 中成本與時間的數值範圍相差太大，因此必須將各路徑間的數值以公式(4.1)線性轉換為 1-10 之定量值，使得成本與時間的權重相等，其結果於表 4.4 所示。

量化範圍：1~10

變數： $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots, A_{\max}$ (由小至大排列)

$$\text{線性轉換公式：} \left(\frac{10-1}{A_{\max} - A_1} \right) (A_n - A_1) + 1 \quad (4.1)$$

其中， A_n 表示某一量化之變數，轉換後的值四捨五入取至小數點後四位。

表 4.4 第一階段方案路徑參數量化表

路徑	作業時間 量化值	作業成本 量化值	路徑	作業時間 量化值	作業成本 量化值
A1→A2	4.0000	6.5909	A3→A5	4.0000	1.8318
A1→A3	7.0000	7.9545	A3→A6	8.5000	1.4091
A1→A4	5.5000	10.0000	A4→A7	10.0000	9.5909
A2→A5	5.5000	1.7500	A5→A7	1.0000	2.0227
A2→A6	10.0000	1.4977	A6→A7	4.0000	1.0000

本系統使用基因演算法，運算結果會將目標函數取其最大值，但本研究所考量的為時間與成本問題，值越小其效能越佳，因此下一步驟就是將上表 4.2 的參數，也是以將各參數以 1~10 的比例轉換，轉換原則為參數值較大者其轉換值較小，如式(4.2)所示。

變數： $B_1, B_2, \dots, B_n, \dots, B_{\max}$ (由小至大排列)

$$\text{參數轉換公式：} (10 + 1) - B_n \quad (4.2)$$

表 4.5 第一階段方案路徑參照表轉換值

路徑	作業時間 轉換值	作業成本 轉換值	路徑	作業時間 轉換值	作業成本 轉換值
A1→A2	7.0000	4.4091	A3→A5	7.0000	9.1682
A1→A3	4.0000	3.0455	A3→A6	2.5000	9.5909
A1→A4	5.5000	1.0000	A4→A7	1.0000	1.4091
A2→A5	5.5000	9.2500	A5→A7	10.0000	8.9773
A2→A6	1.0000	9.5023	A6→A7	7.0000	10.0000

參照表 4.2 中，以第一階段運輸模式各個路徑為單位，參照表 4.4 中的轉換值以所有路徑中所包含的子路徑，求得其最大值與最小值，並設定為演算法中收尋的邊界條件。

接下來在第一階段方案的五種路徑中，以 AR_1 為例並且計算出此路徑之適應函數值，此系統適應函數為 $(X_1^2 + Y_1^2) - X_1 Y_1$ ，其中 X_1 代表運輸時作業時間； Y_1 代表運輸時作業成本， $X_1 Y_1$ 為成本與時間相互干擾之因素，以管理數學觀點必須於已去除。

首先，參照表 4.4 中所有包含 AR_1 路徑的作業時間與成本的轉換值，並且列於表 4.5 中，選取出其中的最大值與最小值。由於 AR_1 路徑上的資料皆為取樣的平均值，因此在資料完整的前提之下，變數範圍的設定希望能擴大以增加收尋範圍的，將變數範圍的上限乘以三倍，變數範圍的下限乘以 1/3 倍。

限制式：

$$4/3(X_{1(\text{下限})} + Y_{1(\text{下限})}) \leq X_1 + Y_1 \leq 2/3(X_{1(\text{上限})} + Y_{1(\text{上限})}) \quad (4.3)$$

(4.3)式為平衡時間與成本之限制式，由於在不失一般情況之下貨主期時間越短相對的成本將會越高；另一方面，若希望成本越低則時間會花的越多。

- (1) 適應函數： $(X_1^2 + Y_1^2) - X_1 Y_1$
- (2) 染色體基因數：500
- (3) 交配率：0.9
- (4) 突變率：0.05
- (5) 繁衍之世代數（停止條件）：30
- (6) 變數範圍： $1.8333 \leq X_1 \leq 30.0000$ ， $1.4697 \leq Y_1 \leq 27.7500$
- (7) 限制條件： $4.4040 \leq X_1 + Y_1 \leq 38.5000$

首先，先將 AR_1 上所有路徑的航行時間量化值與耗費成本量化值列出，在取其最小值與最大值，列為變數之邊界如表 4.5 與表 4.6。

表 4.6 AR_1 路徑參數表

路徑	A1→A2	A2→A5	A5→A7	最小值	最大值
航行時間 量化值	7.0000	5.5000	10.0000	5.5000	10.0000
耗費成本 量化值	4.4091	9.2500	8.9773	4.4091	9.2500

表 4.7 AR_1 路由收尋空間參數表

	航行時間空間	耗費成本空間
參數空間	$1.8333 \leq X_1 \leq 30.0000$	$1.4697 \leq Y_1 \leq 27.7500$

將上述條件代入演算法中，將其演化 30 世代後的結果，列於表 4.7 中。

表 4.8 AR_1 路徑最佳化演化過程

演化世代	最佳適應 函數值	平均適應 函數值	總適應函 數值	基因個數
1	763.294	370.263	185131.333	500
2	763.294	435.405	217702.535	500
3	771.386	478.057	239028.689	500
4	771.386	525.052	262525.932	500
5	771.386	543.91	271954.890	500
6	771.386	565.507	282753.604	500
7	777.846	581.192	290595.834	500
8	778.351	599.84	299920.113	500
9	778.351	612.645	306322.669	500
10	778.351	624.24	312120.132	500
11	778.351	636.177	318088.430	500
12	778.351	638.419	319209.656	500
13	778.351	646.039	323019.452	500
14	778.351	649.197	324598.253	500

表 4.8 AR_1 路徑最佳化演化過程

15	778.351	654.424	327211.785	500
16	778.351	668.008	334004.247	500
17	778.351	672.482	336240.877	500
18	778.351	675.22	337610.035	500
19	778.351	675.41	337705.156	500
20	778.351	670.367	335183.420	500
21	779.639	676.732	338365.874	500
22	779.639	676.588	338293.903	500
23	779.639	682.494	341247.165	500
24	779.639	686.272	343136.214	500
25	779.639	681.281	340640.475	500
26	779.639	690.534	345266.948	500
27	779.639	689.172	344586.009	500
28	779.639	693.95	346975.160	500
29	779.639	686.628	343313.847	500
30	779.639	696.668	348334.087	500

將表 4.8 中之最佳適應函數值與平均適應函數值匯出，以觀察其變化之情形。

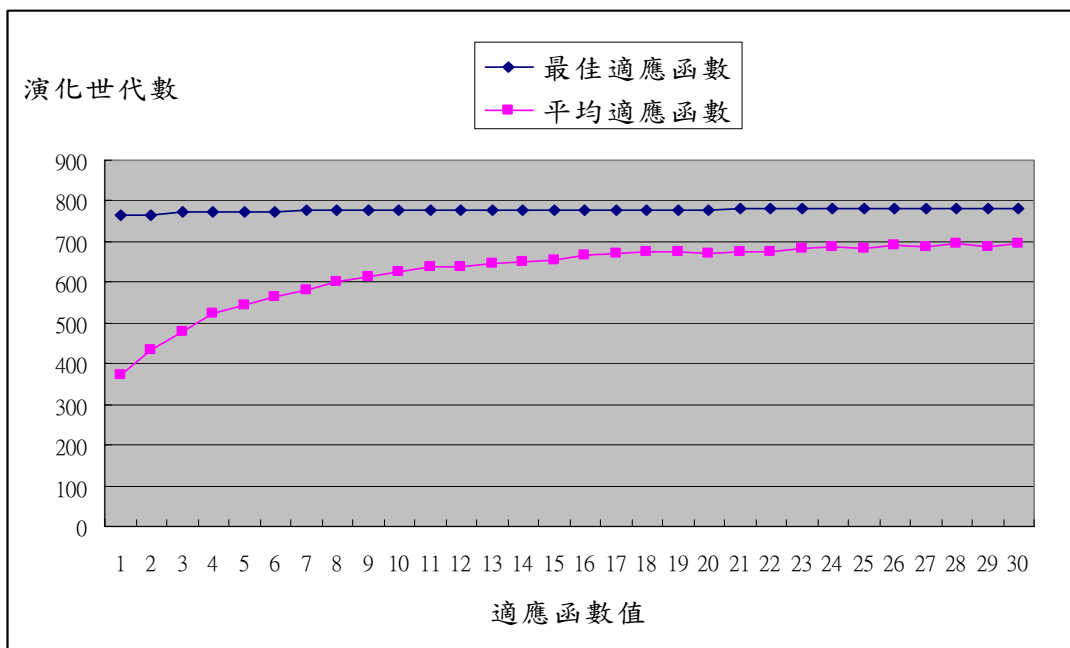


圖 4.14 AR_1 路徑演化 30 代之適應函數

由表 4.8 及圖 4.14 觀察可得，當世代數達到 9 代左右以後，AR_1 路徑的適應函數值（適應函數值=779.639），變化的情況已經逐漸趨近穩定，快要達到最佳化之值。

皆下來重複計算 AR_1 路徑的所有動作，針對不同路徑的條件設定不同的邊界條件，一個接著一個將第一階段為貨物出口申報至海關放行出港的所有方案路徑計算其結果，其中特別注意當經過的運輸節點數目不同時邊界條件所加乘的值亦不同，如表 4.8。

表 4.9 第一階段方案總路徑適應函數值

編號	航行時間空間	耗費成本空間	最佳值
AR_1	1.8333 ~ 30.0000	1.4697 ~ 27.7500	779.639
AR_2	0.3333 ~ 21.0000	1.4697 ~ 30.0000	612.390
AR_3	1.3333 ~ 30.0000	1.0152 ~ 27.5046	773.186
AR_4	0.8333 ~ 21.0000	0.4444 ~ 30.0000	624.605
AR_5	0.3333 ~ 16.5000	0.3333 ~ 4.2273	252.078

在第一階段方案中，表 4.8 為其最後的結果。觀察表 4.8 可以發現最佳路徑為 AR_1 其得到的綜合分數為 779.639，最差之路徑為 AR_5 其得到的綜合分數為 252.078。

4.2 第二階段為海關放行出港至出口國到達港方案

第二階段為海關放行出港至出口國到達港方案中參考圖 3.15 將所有可能的路徑列表，如表 4.10 中，若欲至節點 B1 至 B9。以作業時間與作業成本為考慮變數，列舉第二階段方案之參考路徑如表 4.9 所示。

表 4.10 總路徑參照表

編號	路徑順序	屬性
BR_1	B1→B2→B6→B9	第二階段方案
BR_2	B1→B2→B4→B6→B9	第二階段方案
BR_3	B1→B3→B6→B9	第二階段方案
BR_4	B1→B3→B5→B9	第二階段方案
BR_5	B1→B3→B5→B6→B9	第二階段方案
BR_6	B1→B3→B5→B7→B8→B9	第二階段方案

由於表 3.2 中成本與時間的數值範圍相差太大，因此必須將各路徑間的數值以公式(4.4)線性轉換為 1-10 之定量值，使得成本與時間的權重相等，其結果於表 4.10。

量化範圍：1~10

變數： $C_1, C_2, \dots, C_n, \dots, C_{\max}$ (由小至大排列)

$$\text{線性轉換公式：} \left(\frac{10-1}{C_{\max} - C_1} \right) (C_n - C_1) + 1 \quad (4.4)$$

其中， A_n 表示某一量化之變數，轉換後的值四捨五入取至小數點後四位。

表 4.11 第二階段方案路徑參數量化表

路徑	航行時間 量化值	耗費成本 量化值	路徑	航行時間 量化值	耗費成本 量化值
B1→B2	1.0000	1.0000	B5→B6	4.0000	4.0287
B1→B3	1.5000	1.7321	B5→B7	2.5000	2.3923
B2→B4	3.5000	2.5933	B5→B9	7.0000	5.8373
B2→B6	9.5000	9.4689	B6→B9	2.0000	2.9665
B3→B5	7.0000	4.5024	B7→B8	3.0000	3.3971
B3→B6	10.0000	10.000	B8→B9	1.0000	1.1292
B4→B6	4.0000	6.4115			

本系統使用基因演算法，運算結果會將目標函數取其最大值，但本研究所考量的為時間與成本問題，值越小其效能越佳，因此下一步驟就是將上表 4.11 的參數，也是以將各參數以 1~10 的比例轉換，轉換原則為參數值較大者其轉換值較小，如式(4.5)所示。

變數： $D_1, D_2, \dots, D_n, \dots, D_{\max}$ (由小至大排列)

$$\text{參數轉換公式：} (10 + 1) - B_n \quad (4.5)$$

表 4.12 第二階段方案路徑參照表轉換值

路徑	航行時間 轉換值	耗費成本 轉換值	路徑	航行時間 轉換值	耗費成本 轉換值
B1→B2	10.0000	10.0000	B5→B6	7.0000	6.9713
B1→B3	9.5000	9.2679	B5→B7	8.5000	8.6077
B2→B4	7.5000	8.4067	B5→B9	4.0000	5.1627
B2→B6	1.5000	1.5311	B6→B9	9.0000	8.0335
B3→B5	4.0000	6.4976	B7→B8	8.0000	7.6029
B3→B6	1.0000	1.0000	B8→B9	10.0000	9.8708
B4→B6	7.0000	4.5885			

參照表 4.10 中，以第二階段運輸模式各個路徑為單位，參照表 4.12 中的轉換值以所有路徑中所包含的子路徑，求得其最大值與最小值，並設定為演算法中收尋的邊界條件。

接下來在第一階段方案的五種路徑中，以 BR_1 為例且計算出此路徑之適應函數值，適應函數為 $(X_2^2 + Y_2^2) - X_2Y_2$ ，其中 X_2 代表運輸時作業時間； Y_2 代表運輸時作業成本， X_2Y_2 為成本與時間相互干擾之因素，以管理數學觀點必須於已去除。

首先，參照表 4.12 中所有包含 BR_1 路徑的作業時間與成本的轉換值，並且列於表 4.13 中，選取出其中的最大值與最小值。由於 BR_1 路徑上的資料皆為取樣的平均值，因此在資料完整的前提之下，變數範圍的設定希望能擴大以增加收尋範圍的，將變數範圍的上限乘以三倍，變數範圍的下限乘以 1/3 倍。

$$\text{限制式: } 4/3(X_{2(\text{下限})} + Y_{2(\text{下限})}) \leq X_2 + Y_2 \leq 2/3(X_{2(\text{上限})} + Y_{2(\text{上限})}) \quad (4.6)$$

(4.6)式為平衡時間與成本之限制式，由於在不失一般情況之下貨主期時間越短相對的成本將會越高；另一方面，若希望成本越低則時間會花的越多。

- (1) 適應函數： $(X_2^2 + Y_2^2) - X_2 Y_2$
- (2) 染色體基因數：500
- (3) 交配率：0.9
- (4) 突變率：0.05
- (5) 繁衍之世代數（停止條件）：30
- (6) 變數範圍： $0.5000 \leq X_2 \leq 30.0000$ ， $0.5104 \leq Y_2 \leq 30.0000$
- (7) 限制條件： $1.3472 \leq X_2 + Y_2 \leq 40.0000$

首先，先將 BR_1 上所有路徑的航行時間量化值與耗費成本量化值列出，在取其最小值與最大值，列為變數之邊界如表 4.13 與表 4.14。

表 4.13 BR_1 路徑參數表

路徑	B1→B2	B2→B6	B6→B9	最小值	最大值
航行時間 量化值	10.000	1.5000	9.0000	1.5000	10.0000
耗費成本 量化值	10.000	1.5311	8.0335	1.5311	10.000

表 4.14 BR_1 路由收尋空間參數表

	航行時間空間	耗費成本空間
參數空間	$0.5000 \leq X_2 \leq 30.0000$	$0.5104 \leq Y_2 \leq 30.0000$

將上述演算時的參數條件代入演算法中，將其演化 30 世代後的結果，列於表 4.15 中。

表 4.15 BR_1 路徑最佳化演化過程

演化世代	最佳適應函數值	平均適應函數值	總適應函數值	基因個數
1	779.524	376.502	188251.053	500
2	805.219	450.428	225214.184	500
3	805.781	514.602	257301.047	500
4	806.722	563.087	281543.481	500
5	806.722	595.202	297600.891	500
6	806.722	632.383	316191.315	500
7	806.722	654.132	327066.008	500
8	806.722	661.204	330601.752	500
9	806.879	657.589	328794.337	500
10	807.254	672.816	336408.036	500
11	807.254	687.964	343982.107	500
12	807.254	684.225	342112.282	500
13	807.254	682.176	341087.952	500
14	807.254	692.528	346263.772	500
15	807.254	709.192	354595.985	500
16	813.168	709.314	354657.050	500
17	813.168	714.931	357465.695	500
18	813.168	713.824	356911.836	500
19	813.168	706.473	353236.679	500
20	813.168	711.092	355545.764	500
21	813.168	716.375	358187.594	500
22	813.281	713.274	356637.143	500
23	813.281	721.551	360775.613	500
24	813.281	728.726	364363.071	500
25	813.281	739.085	369542.646	500
26	813.281	738.254	369126.913	500
27	813.281	737.651	368825.378	500
28	813.281	732.679	366339.392	500
29	813.281	743.38	371690.046	500
30	813.281	746.622	373310.965	500

表 4.14 中之最佳適應函數值與平均適應函數值匯出，以觀察其變化之情形。

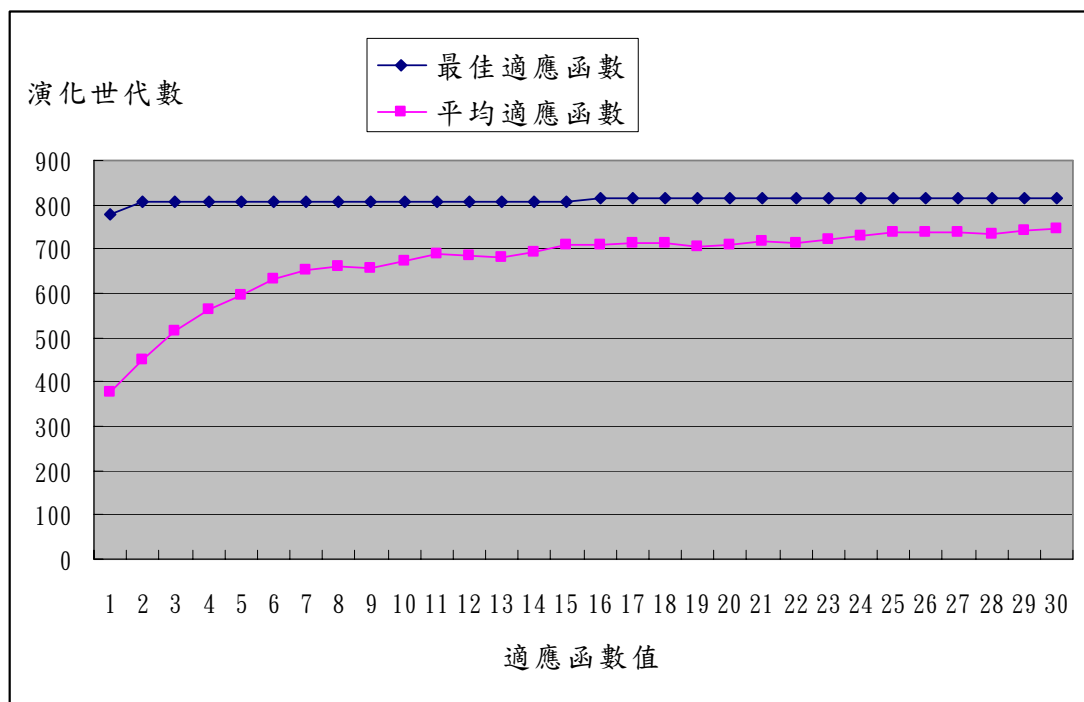


圖 4.15 BR_1 路徑演化 30 代之適應函數

由表 4.15 及圖 4.15 觀察可得，當世代數達到 15 代左右以後，AR_1 路徑的適應函數值（適應函數值 = 831.331），變化的情況已經逐漸趨近穩定，快要達到最佳化之值。

接下來重複計算 BR_1 路徑的所有動作，針對不同路徑的條件設定不同的邊界條件，一個接著一個將第一階段為貨物出口申報至海關放行出港的所有方案路徑計算其結果，其中特別注意當經過的運輸節點數目不同時邊界條件所加乘的值亦不同，如表 4.16 所示。

表 4.16 第二階段方案總路徑適應函數值

編號	航行時間空間	耗費成本空間	最佳值
BR_1	0.5000 ~ 30.0000	0.5104 ~ 30.0000	813.281
BR_2	0.3333 ~ 30.0000	1.4697 ~ 30.0000	827.729
BR_3	0.3333 ~ 28.5000	0.3333 ~ 27.8037	723.719
BR_4	1.3333 ~ 28.5000	1.7209 ~ 27.8037	723.959
BR_5	1.3333 ~ 28.5000	2.1659 ~ 27.8037	726.270
BR_6	1.3333 ~ 30.0000	2.1659 ~ 29.6124	817.034

在第一階段方案中，表 4.9 為其最後的結果。觀察表 4.16 可以發現最佳路徑為 BR_2 其得到的綜合分數為 827.729，最差之路徑為 BR_4 其得到的綜合分數為 723.959。

4.3 複合式運輸模式方案

國際貨物運輸發展趨勢已逐漸朝向自由化及多元化，國際物流中心興起改變了傳統逐層式運輸模式，改以新的複合式運輸模式取代之，因此貨物運輸最佳化之問題就顯為重要。而所謂複合式運輸模式基本上包括兩階段運輸模式，第一階段為貨物出口申報至海關放行出港，第二階段為海關放行出港至出口國到達港；在此二階段運輸模式不需採逐步運送方式(step by step transportation)，因此多元化之運輸路徑效益評估需利用數值分析或管理數學等模式來規劃解決。評估運輸模式之參數很多，一般而言包括時間因素及成本因素，本研究就以此兩個參數列為目標函數考量之變數。

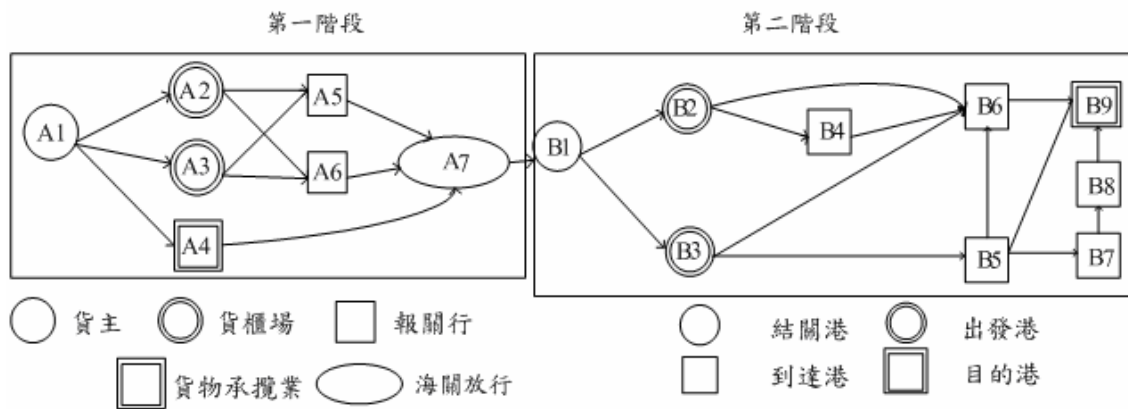


圖 4.16 複合式運輸模式總節點圖

若將第一階段貨物出口申報至海關放行出港與第二階段關放行出港至出口國到達港綜合分析，將所有的路徑直接列於表 4.17，發現在複合式運輸模式種共有 30 種路徑選取的可能性。

在複合式運輸模式中，直接將表 4.9 與表 4.16 所得到的分數相加總，可得到複合式運輸模式的分數(最佳值)，如表 4.17 所示。

表 4.17 複合式運輸模式總路徑參照表

編號	路徑順序	最佳值	屬性
CR_1	AR_1→BR_1	1592.920	複合式運輸模式方案
CR_2	AR_1→BR_2	1607.368	複合式運輸模式方案
CR_3	AR_1→BR_3	1503.358	複合式運輸模式方案
CR_4	AR_1→BR_4	1503.598	複合式運輸模式方案
CR_5	AR_1→BR_5	1505.909	複合式運輸模式方案
CR_6	AR_1→BR_6	1596.673	複合式運輸模式方案
CR_7	AR_2→BR_1	1425.671	複合式運輸模式方案
CR_8	AR_2→BR_2	1440.119	複合式運輸模式方案
CR_9	AR_2→BR_3	1336.109	複合式運輸模式方案
CR_10	AR_2→BR_4	1336.349	複合式運輸模式方案
CR_11	AR_2→BR_5	1338.660	複合式運輸模式方案
CR_12	AR_2→BR_6	1429.424	複合式運輸模式方案
CR_13	AR_3→BR_1	1586.467	複合式運輸模式方案
CR_14	AR_3→BR_2	1600.915	複合式運輸模式方案
CR_15	AR_3→BR_3	1496.905	複合式運輸模式方案
CR_16	AR_3→BR_4	1497.145	複合式運輸模式方案
CR_17	AR_3→BR_5	1499.456	複合式運輸模式方案
CR_18	AR_3→BR_6	1590.220	複合式運輸模式方案
CR_19	AR_4→BR_1	1437.886	複合式運輸模式方案
CR_20	AR_4→BR_2	1452.334	複合式運輸模式方案
CR_21	AR_4→BR_3	1348.324	複合式運輸模式方案
CR_22	AR_4→BR_4	1348.564	複合式運輸模式方案
CR_23	AR_4→BR_5	1350.875	複合式運輸模式方案
CR_24	AR_4→BR_6	1441.639	複合式運輸模式方案
CR_25	AR_5→BR_1	1065.359	複合式運輸模式方案
CR_26	AR_5→BR_2	1079.807	複合式運輸模式方案
CR_27	AR_5→BR_3	975.797	複合式運輸模式方案
CR_28	AR_5→BR_4	976.037	複合式運輸模式方案
CR_29	AR_5→BR_5	978.348	複合式運輸模式方案
CR_30	AR_5→BR_6	1069.112	複合式運輸模式方案

綜合第一階段貨物出口申報至海關放行出港方案、第二階段海關放行出港至出口國到達港方案與複合式運輸模式方案之結果，觀察表 4.9、表 4.16 與表 4.17 可以歸納以下幾點：

1. 第一階段貨物出口申報至海關放行出港方案，見表 4.8 可得 AR_5 路徑所得到的分數比起其他路徑明顯來的低，是由於貨物出口申報至海關放行出港手續繁雜，透過貨物承攬業承辦業務所要求的花費較高，因為於本系統的目標函數中只考量成本與時間因素，其所得到的便利性無法反應於 AR_5 路徑所得到的分數當中。
2. 第二階段海關放行出港至出口國到達港方案，可發現從 BR_1 到 BR_6 中最後的分數差異不太大，反應雖然不同航線之下的路徑選取，但目前國內各大船公司航行效益能實在反應成本與時間因素。
3. 複合式方案中共有 30 種路徑選擇其中 CR_25、CR_26、CR_27、CR_28、CR_29、CR_30，由於皆包含第一階段中的 AR_5 路徑，因此最後得到的分數皆偏低，這表示只要有經過 AR_5 路徑則無論是從時間抑或成本方面皆是效益較低的選擇路徑。
4. 在 30 種路徑選取中，以 CR_2 所得之分數最高，以 CR_27 所得之分數最低。