

## 第四章 包容性改善程序之設計與測試

### 4.1 包容性改善程序之設計

本研究在包容性改善程序中採用「門檻接受法(TA)」與「大洪水法(GDA)」為包容性演算法，其中主要有包容性接與嚴格性兩種接受法則，最後由鄰域搜尋模組進行收尾。各包容性改善程序中之各交換模組均採「最佳改善」之策略進行交換。以下將兩種包容性演算法搜尋架構詳細敘述如下。

#### 4.1.1 包容性搜尋架構 TA 模組

在 2.2.5 節中曾概略敘述 TA 法觀念，在此將進一步詳細說明執行步驟，如圖 4.1 所示。

在 TA 控制參數方面，包括起始門檻值( $T_0$ )、門檻數列長度(K)及門檻數列收斂型態。門檻數列在門檻數列長度(K)期間，自起始門檻值( $T_0$ )逐漸收斂到 0，門檻數列收斂型態採用鋸齒下降進行收斂，收斂型態如圖 7 所示。先設定起始門檻

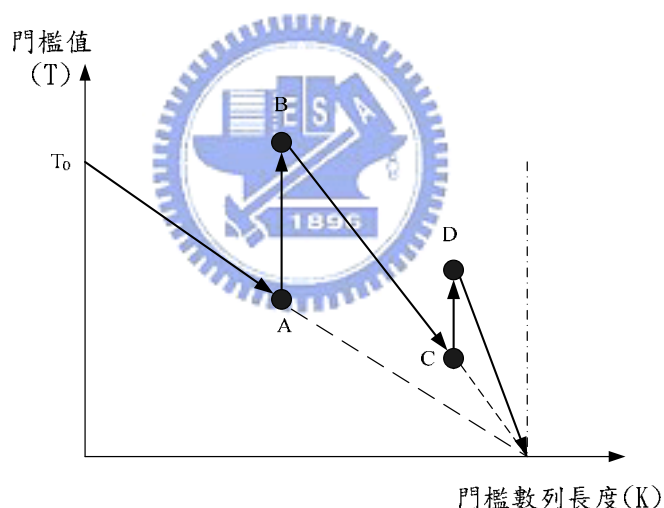


圖 4.1 門檻接受法鋸齒下降示意圖

值  $T_0$  與門檻數列  $K$ ，開始時門檻下降型態以線性方式下降收斂，當門檻數列下降到 A 點，車輛數與距離成本無任何改變時，此時將門檻值放大兩倍至 B 點，在以線性方式進行下降收斂，如此反覆執行兩次直到門檻數列結束為止。以此下降型態進行收斂的優點在於，當收斂到某依程度後，無法搜尋更好的解時，此時放寬門檻值可以搜尋到更多的解，較有機會得到較好的結果。

在執行 TA 時，首先必須先設定起始門檻值( $T_0$ )與門檻數列(K)，並以各交換模組中之接受法則來判定是否更新現有解。由於 TA 模組中包括包容性與嚴格性受法則，在包容性嚴格接受法則中，包括 1-0、2-1 節線交換模組、1-1 節線交換模組與 op3-opt，其中具減少車輛模組之交換成本權重值為  $w_1$ ；嚴格性接受法則

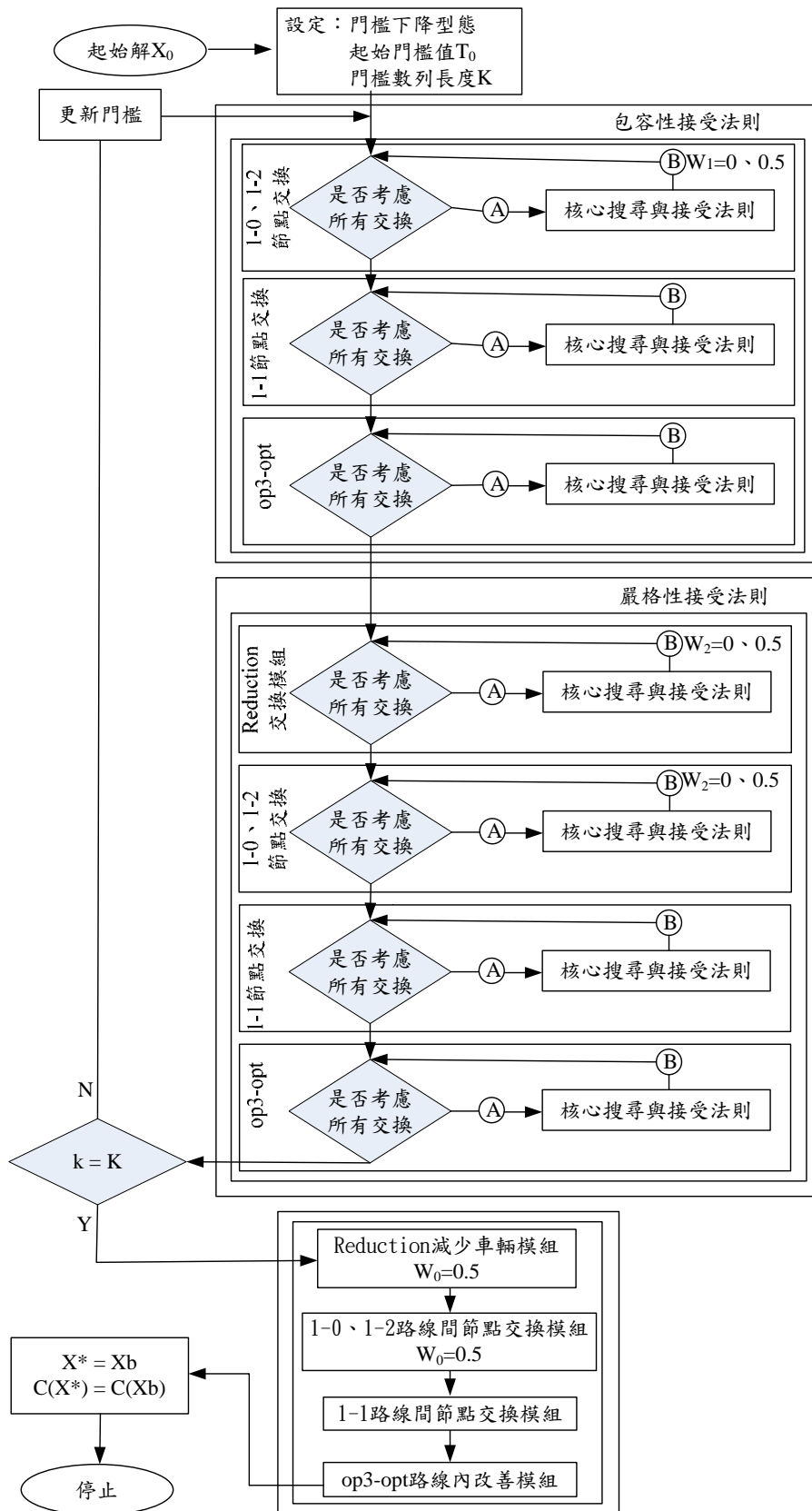


圖 4.2 TA 模組執行架構

中，則包括 Reduction 交換模組、1-0、2-1 節線交換模組、1-1 節線交換模組與 op3-opt，具減少車輛模組之交換成本權重值則為  $w_2$ 。因此 TA 模組中權重值組

合為( $w_1-w_2$ )，鄰域搜尋模組權重值  $w_0$ ，根據 3.3.2 節所示， $w_0=0.5$ 。在相關權重值設定下，當各接受法則中每組交換模組搜尋找到新的可行解(暫存解)時，先判斷暫存解與現有解之差值是否在門檻值以下，若是則記錄與現有解之差值，最後選擇改善差值最小者進行交換並更新路線結構。當包容性與嚴格性接受法則執行完畢後，將門檻值更新為下一門檻值，繼續進行搜尋交換，當執行所有門檻次數後，最後在執行鄰域搜尋進行收尾步驟。

在包容性與嚴格性接受法中，具縮減車輛數特性之交換模組則需符合往車容量大之路線進行交換的限制條件進行交換，以更有效率的降低車輛數。而鄰域搜尋進模組執行細節如 3.2.2 節所示，其中具縮減車輛數特性之交換模組無需符合往車容量大之路線進行交換的限制條件，僅需要符合交換成本之限制式進行交換即可。

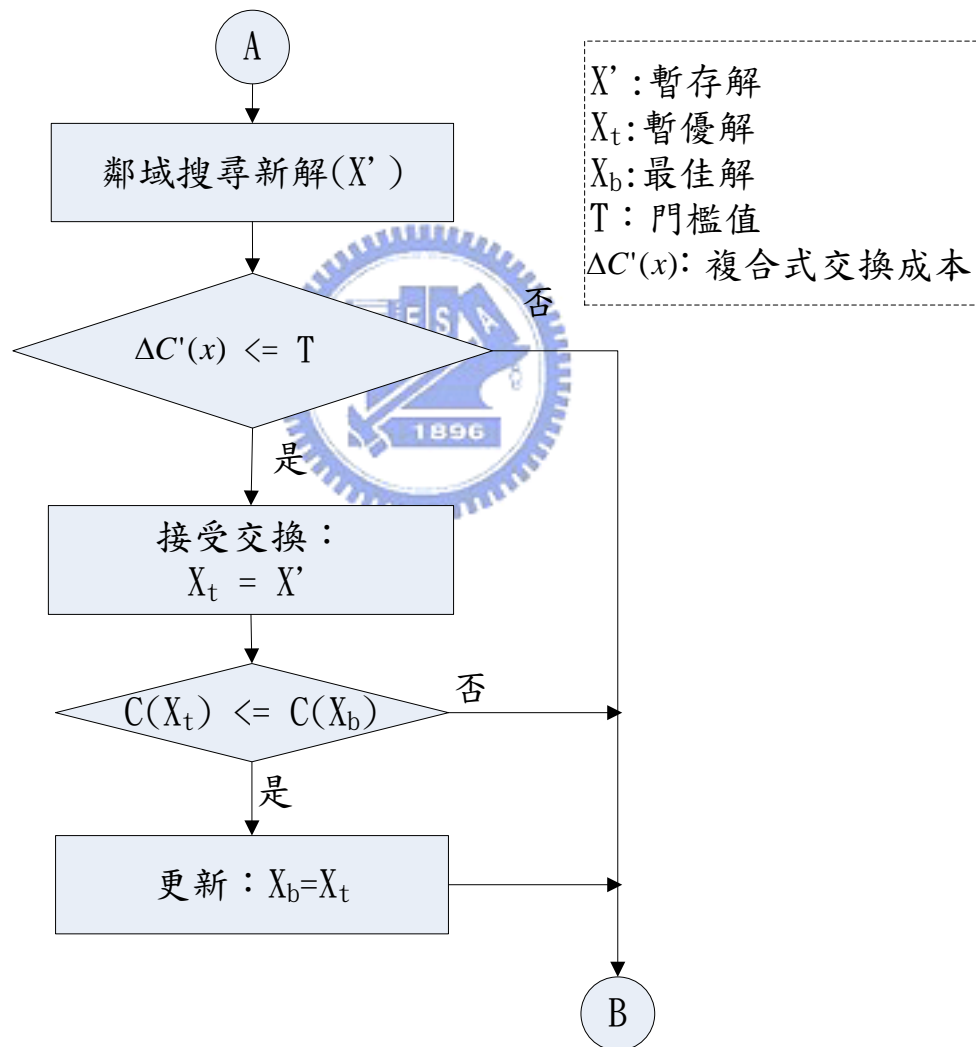


圖 4.3 以門檻接受法為核心搜尋之 TA 模組接受法則

#### 4.1.2 包容性搜尋架構 GDA 模組

在 2.2.5 節中曾概略敘述 GDA 法觀念，在此將進一步詳細說明執行步驟，如圖 4.3 所示。

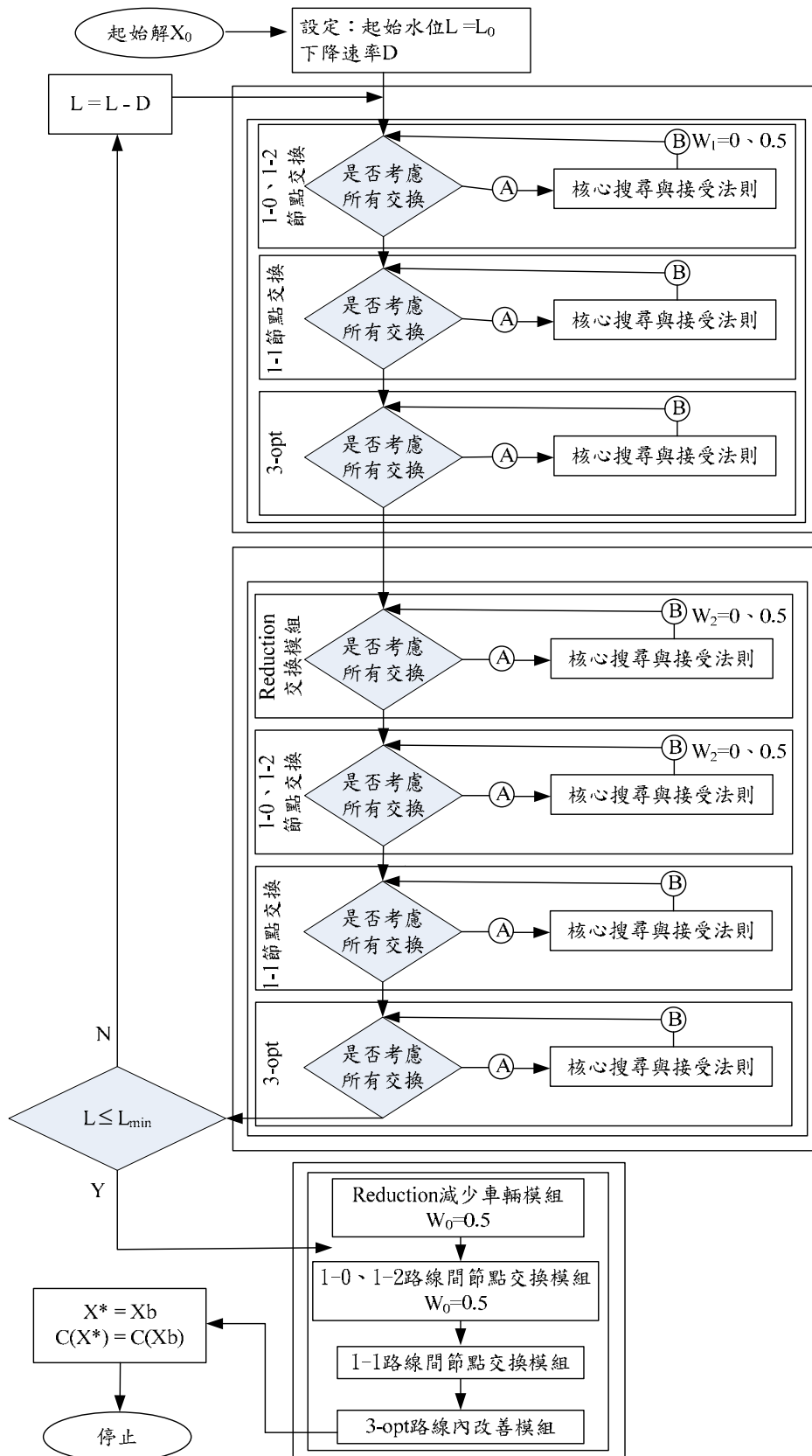


圖 4.4 GDA 模組執行架構

在執行 GDA 時必須先設定起始水位(L)與消退速度(D)。交換時只要交換後之路線成本低於水位值便可進行交換。GDA 模組中包容性與嚴格性受法則，包

容性接受法則中，包括 1-0、2-1 節線交換模組、1-1 節線交換模組與 op3-opt，其中具減少車輛模組之交換成本權重值為  $w_1$ ，嚴格性接受法則中，包括 Reduction 交換模組、1-0、2-1 節線交換模組、1-1 節線交換模組與 op3-opt，具減少車輛模組之交換成本權重值則為  $w_2$ ，兩種法則之權重值組合為  $(w_1, w_2)$ ，鄰域搜尋模組權重值  $w_0=0.5$ 。當各接受法則中每組交換模組找到新的可行解(暫存解)時，先判斷暫存解與現有解之差值是否在水位值下，若是則記錄與現有解之差值，最後選擇改善差值最小者進行交換並更新路線結構。當包容性與嚴格性接受法則執行完畢後，水位值以下降速度  $D$  進行水位變更，繼續交換搜尋，若路線結構無任何改變，最後在執行鄰域搜尋進行收尾步驟。

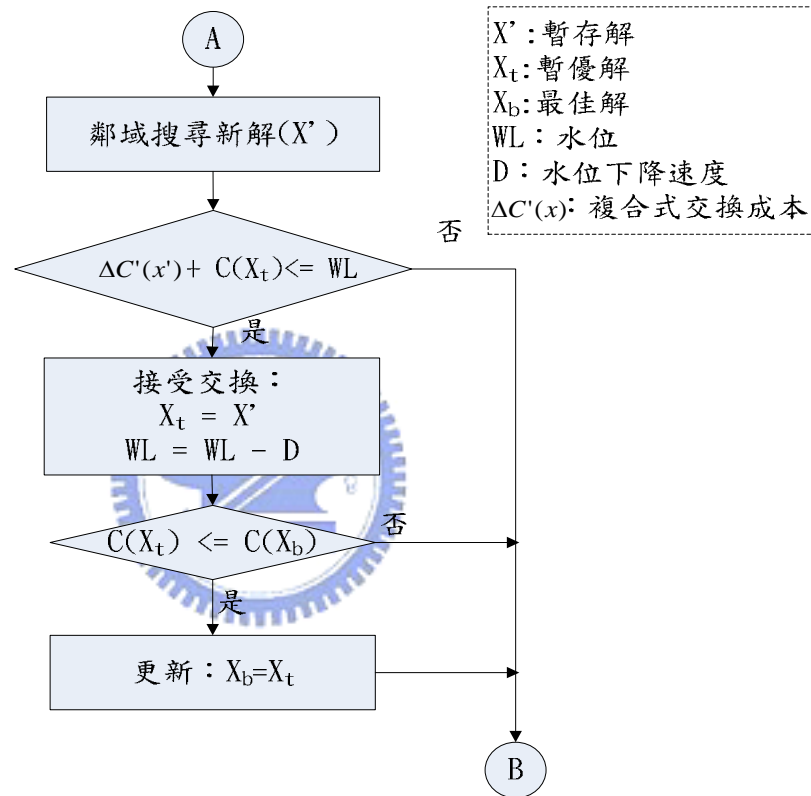


圖 4.5 以大洪水法為核心搜尋之 GDA 模組接受法則

包容性與嚴格性接受法交換模組之核心搜尋及接受法則如圖 4.4 所示，其中具縮減車輛數特性之交換模組則需額外符合往車容量大之路線進行交換的限制條件進行交換，以更有效率的降低車輛數。而鄰域搜尋模組中，具縮減車輛數特性之交換模組無需符合往車容量大之路線進行交換的限制條件，僅需要符合交換成本的判斷式進行交換即可。

在控制參數方面，Dueck 在 1993 年所發表的文獻中標榜 GDA 為僅具單一參數的演算法，此參數即為水位下降速度(D)。

## 4.2 包容性改善程序之測試

根據 3.3.2 的結論，本研究以最初起始解 NNS3 配合鄰域搜尋之結果，對 56

題測試例題進行 TA 以及 GDA 包容性改善程序之測試，其中具縮減車輛數之交換模組的車輛剩餘容量考慮權重值可分兩種，分別為 0、0.5，配合包容性與嚴格性搜尋模組中，權重值組合( $w_1$ 、 $w_2$ )，共四種組合，在此初步對最佳權重值組合進行測試。

#### 4.2.1 TA 交換參數測試分析

TA 模組參數方面，包括門檻起始值  $T_0$  及門檻數列長度  $K$ ，因此本研究以  $T_0 = 1.5\%$ 、 $K = 30$  為初步測試參數，測試結果以表 4.1 所示，其中  $Z(X_0)$ 代表總

表 4.1 TA 模組中，權重值組合測試結果

TA 權重值組合	車輛數結果		距離成本結果		CPU(Sec)
	$Z(X_0)$	$\Delta Z$	$C(X_0)$	$\Delta C\%$	
(0_0)	439	0.59	58403.6	3.45%	48.00
(0_0.5)	429	0.41	60396.67	6.98%	43.48
(0.5_0)	435	0.52	62158.39	10.10%	30.86
(0.5_0.5)	442	0.64	63397.89	12.29%	20.32

車輛數、 $\Delta Z$  代表車輛數差、 $C(X_0)$ 代表總距離成本、 $\Delta C\%$ 代表總距離成本物差、CPU(Sec)代表平均每題運算時間(秒)。由上表發現，就車輛數表現方面，以權重值組合(0\_0.5)的表現最好，車輛數為 429 輛；距離成本表現方面，以權重值組合(0\_0)的表現最好，距離成本為 58403.6；平均 CPU 運算時間表現方面，以權重值組合(0.5\_0.5)最快，平均運算時間為 20.32 秒。由於 VRPTW 第一目標為車輛數，第二目標為距離成本，運算時間僅供參考，因此整體來看，TA 模組中，以權重值組合(0\_0.5)的表現最佳，車輛數與距離成本分別為 429、60396.67，而以往交換模組中單純考量距離成本之交換，即本研究中權重值組合為(0\_0)之結果，僅佔四種組合模式中第三，車輛數與距離成本分別為 439 與 58403.6，執行時間與權重值(0\_0.5)的運算時間無明顯的分別；而完全考量車輛剩餘容量因素，即權重值組合(0.5\_0.5)的表現最差，雖然執行速度最快，但車輛數與距離成本均比其他三組要來的多。由此可知在 TA 架構下，適當混合考量距離因素與車剩餘容量因素，所得到的結果會比單獨個別考量距離成本與車輛剩餘容量因素所得到的結果要來的好。

#### 4.2.2 GDA 交換參數測試分析

在 GDA 交換模組中，本研究採用複合式交換成本計算公式  $\Delta C'(x)$  進行交換，在交換過程中，交換成本會有放大在下降的趨勢，因此 GDA 模組中，起始水位設定較鄰域搜尋成本向上調高 25%，即： $L_0 = C(X_0) \times 1.25$ ，其中  $C(X_0)$ 為起始解之總距離成本；而水位下降速度  $d$ ，則設定鄰域搜尋成本之 0.1%，即： $D = C(X_0) \times d$ ，其中  $d = 0.1\%$ ，對 GDA 進行初步測試，對車輛剩餘容量之權重值組合測試，以下表 4.2 所示。由表中發現到，就車輛數來說，以(0\_0.5)的權重值組合表現最佳，車輛數為 424 輛；距離成本來說，以(0\_0)的權重值組合表現最好，

表 4.2 GDA 模組中，權重值組合測試結果

GDA 權重值組合	車輛數結果		距離成本結果		CPU(Sec)
	Z(X <sub>0</sub> )	ΔZ	C(X <sub>0</sub> )	ΔC%	
(0_0)	436	0.54	58076.25	3.45%	749.3
<b>(0_0.5)</b>	<b>424</b>	<b>0.32</b>	<b>58390.08</b>	<b>6.98%</b>	<b>612.61</b>
(0.5_0)	429	0.41	61642.52	9.08	144.03
(0.5_0.5)	439	0.5	63184.02	12.29%	82.25

距離成本為 58076.25；CPU 運算時間方面，則以(0.5\_0.5)的權重值組合表現最好，平均每題運算時間為 82.25 秒。由於 VRPTW 第一目標為車輛數(Z(X<sub>0</sub>))，第二目標為距離成本(C(X<sub>0</sub>))，運算時間僅供參考，因此整體來看，GDA 模組中，以權重值組合(0\_0.5)的表現最佳，車輛數與距離成本分別為 424、58390.08，以黑體字表示；而以往交換模組中單純考量距離成本之交換，即本研究中權重值組合為(0\_0)之結果，僅佔四種組合模式中第三，車輛數與距離成本分別為 439 與 58076.25，執行時間較權重值組合(0\_0.5)還要來的久；而完全考量車輛剩餘容量因素，即權重值組合(0.5\_0.5)的表現最差，雖然執行速度最快，但車輛數與距離成本均比其他三組要來的多。由此可知在 GDA 架構下，適當混合考量距離因素與車剩餘容量因素，所得到的結果會比單獨個別考量距離成本與車輛剩餘容量因素所得到的結果要來的好。

#### 4.3 包容性改善程序之分析

4.2 節中，起始解以 NNS3 為主，經由鄰域搜尋後，進行 TA 與 GDA 兩種包容性搜尋模組之測試。由於在兩種包容性搜尋模組中，車輛剩餘容量之權重值可分為兩種，分別為 0 與 0.5，配合包容性與嚴格性接受法則之權重值組合(w<sub>1</sub>\_w<sub>2</sub>)，進行共八組權重值組合進行測試。測試結果發現，無論 TA 或是 GDA 中，相較於一般交換模組中僅考慮距離因素進行交換，即本研究中權重值組合(0\_0)之結果；或是完全考量車輛剩餘容量因素進行交換，即本研究中權重值組合(0.5\_0.5)之結果；能夠適當的將距離因素與車輛剩餘容量混合考量，即權重值組合(0\_0.5)之結果，在第一目標：車輛數方面的表現均比其他全重值組合之結果要來的突出，兩組包容性搜尋最佳結果整理成下表 4.3。

表 4.3 權重值組合(0\_0.5)下，TA 與 GDA 之最佳結果比較

交換模組	車輛數結果		距離成本結果		CPU(Sec)
	Z(X <sub>0</sub> )	ΔZ	C(X <sub>0</sub> )	ΔC%	
TA	429	0.41	60396.67	6.98%	43.48
GDA	424	0.41	58390.08	6.98%	612.61

由上表可以發現，在權重值組合(0\_0.5)下，測試結果以 GDA 的解題精度較 TA 高，但是 GDA 所耗費的時間卻遠大於 TA。本研究再繼續針對上述結果，對兩組包容性搜尋模組進行更詳細的參數敏感度測試與分析。