

第五章 包容性解法參數穩定度測試

本章針對 TA 與 GDA 兩種包容性演算法進行參數穩定度測試分析。根據 4.2 節之測試結果，在最初起始解為 NNS3，經由鄰域搜尋之結果，配合 TA 與 GDA 包容性搜尋，兩組包容性搜尋模組之結果均以車輛剩餘容量權重值組合在(0_0.5)時最好，TA 車輛數與距離成本分別為 $Z(X_0)=429$ 輛、 $C(X_0)=60396.67$ ；GDA 車輛數與距離成本分別為 $Z(X_0)=424$ 輛、 $C(X_0)=58390.08$ 。因此本研究繼續對 TA 與 GDA 兩種包容性演算法，在包容性演算法之權重組合(0_0.5)，進行相關參數敏感度之測試。

5.1 TA 參數穩定度測試與結果分析

5.1.1 TA 參數初步測試分析

如 4.1.1 節所述，TA 權重值組合為(0_0.5)，參數包括門檻起始值(T_0)與門檻數列長度(K)，本研究設定 $T_0 = 1.5\%$ 、 2.0% 、 2.5% 、 3.0% 、 3.5% 及 4.0% ， $K = 30$ 、 60 、 90 。參數設定如表 5.1 所示。

表 5.1 TA 參數設定

參數項目	參數範圍
TA 權重值組合	(0_0.5)
TA 之門檻起始值 T_0	1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%
TA 之門檻數列長度 K	30、60、90

根據上述之參數設定對 56 題測試例題進行測試所得結果整理如表 5.2 所示。

表 5.2 TA 參數測試結果

起始門檻 $T_0\%$	門檻數列 K = 30			門檻數列 K = 60			門檻數列 K = 90		
	Z(X_1)	C(X_1)	CPU(Sec)	Z(X_1)	C(X_1)	CPU(Sec)	Z(X_1)	C(X_1)	CPU(Sec)
$T_0 = 1.5\%$	429	60396.67	43.48	427	59763.27	81.68	426	59323.58	119.80
$T_0 = 2.0\%$	432	59701.51	48.46	430	59506.72	91.93	429	59655.33	133.84
$T_0 = 2.5\%$	429	60198.80	57.52	426	59801.36	91.79	428	59762.57	146.21
$T_0 = 3.0\%$	431	59892.47	55.16	430	59493.60	105.77	425	59683.61	153.20
$T_0 = 3.5\%$	429	60260.61	57.43	427	59391.55	110.86	425	59584.33	163.32
$T_0 = 4.0\%$	429	60372.08	59.34	428	59474.98	115.48	426	59601.55	169.43
$T_0 = 5.0\%$	432	60037.94	63.34	429	59761.35	122.38	429	60061.51	179.14
$T_0 = 10.0\%$	430	60253.60	73.27	429	60212.37	142.79	429	59817.95	210.05

表 5.2 中， $Z(X_1)$ 代表總車輛數； $C(X_1)$ 代表總距離成本；CPU(Sec)代表平均每題運算時間(秒)。其中可以發現，車輛數介於 432~425 輛車之間，距離成本介於 63072.08~59323.58，CPU 執行時間為 43.48~169.43 秒，將表 5.2 之結果繪製

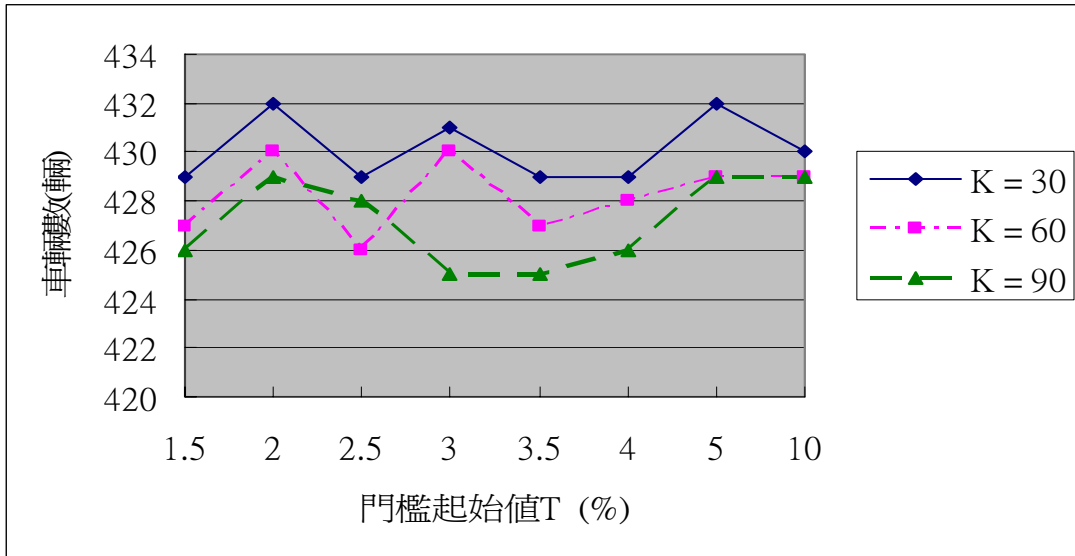


圖 5.1 TA 參數測試結果之車輛數誤差趨勢

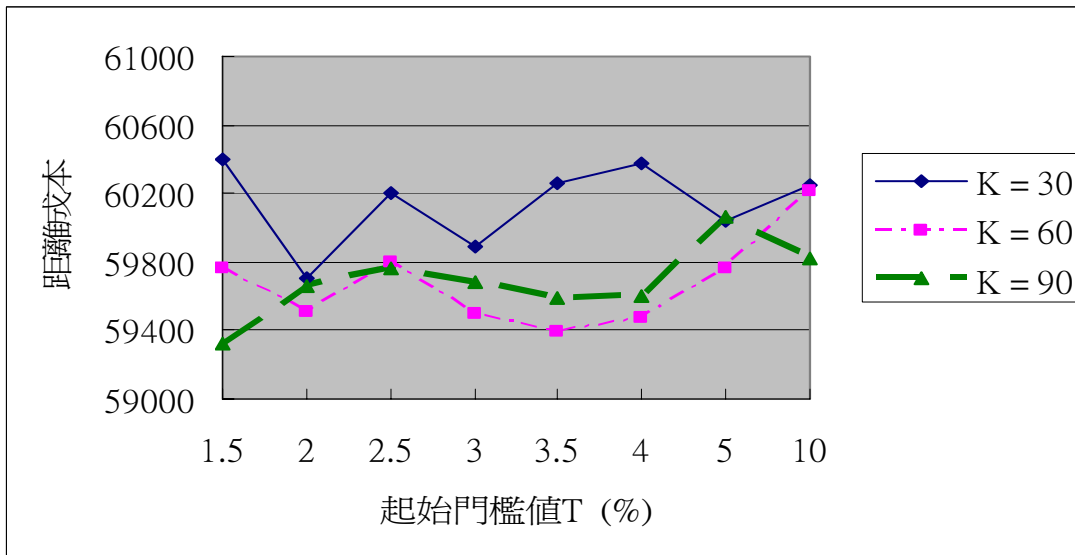


圖 5.2 TA 參數測試結果之距離誤差趨勢

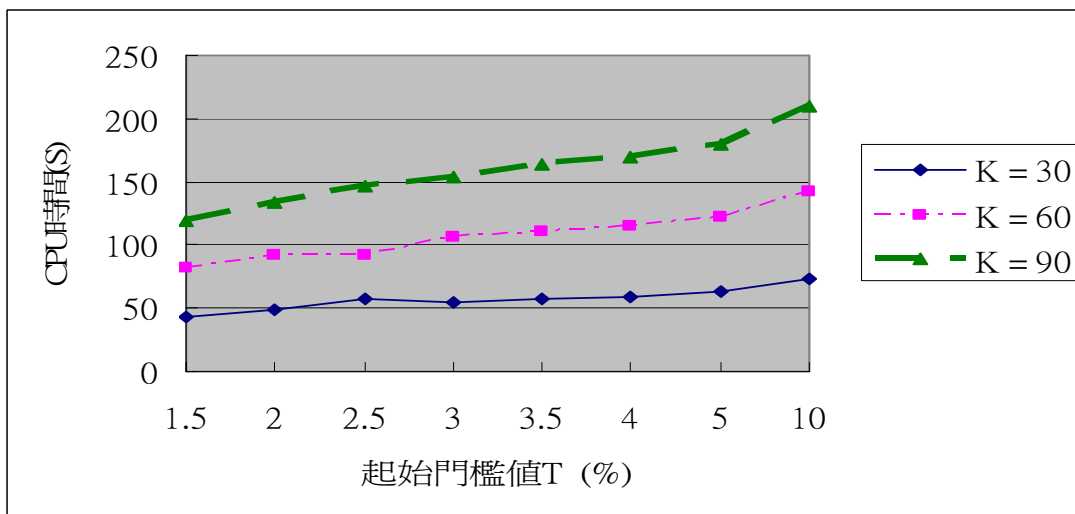


圖 5.3 TA 參數測試結果之 CPU 運算時間趨勢

成圖 5.1~5.3。圖 5.1~5.3 表示在各門檻起始值(T_0)與各門檻數列長度(K)之下，所得到 56 題例題之車輛數、距離成本與平均 CPU 執行時間之趨勢圖。圖中發現，門檻起始值(T_0)的改變，車輛數的表現均呈穩定的趨勢發展，但隨著門檻數列長度的增加，車輛數的表現便越佳。整體來說，以 $T_0 = 3.0\%$ 、 3.5% ， $K = 90$ 的條件下，車輛數均達到 425 輛車。距離成本方面，在任何的門檻數列下，隨著 T_0 增加，距離成本均呈穩定的發展，並無太大的改變。CPU 方面，隨著 T_0 與 K 值增加，運算時間也明顯的增加。由於 $T_0 = 3.0\%$ 、 3.5% 、 $K = 90$ 的條件下，車輛數表現最佳，其中又以 $T = 3.5\%$ 距離成本最低，以粗體字表示。因此接下來便詳細測試 $T_0 = 3.2\% \sim 3.8\%$ 、 $K = 90$ 之間之結果。

5.1.2 TA 精細參數測試與 TA 模組最佳結果分析

本研究根據前述測試結果，發現 $T_0 = 3.5\%$ 、 $K = 90$ 的條件下，車輛數與距離成本表現最佳，因此決定固定 K 值，進一步詳細針對 T_0 進行測試，測試參數 T_0 的範圍由 $3.2\% \sim 3.8\%$ ，共 7 組參數，參數設定如表 5.3 所示。

表 5.3 TA 詳細參數設定

參數項目	參數範圍
TA 權重值組合	(0_0.5)
TA 之門檻起始值 T_0	3.2%、3.3%、3.4%、3.5%、3.6%、3.7%、3.8%
TA 之門檻數列長度 K	90

根據上述之參數設定對 56 題測試例題進行測試所得結果整理如表 5.4 所示。

表 5.4 TA 精細參數測試結果

起始門檻 $T_0\%$	門檻數列 $K = 90$		
	Z(X_1)	C(X_1)	CPU(Sec)
$T_0 = 3.2\%$	426	59780	155.79
$T_0 = 3.3\%$	427	59633.09	159.29
$T_0 = 3.4\%$	428	59853.58	163.89
$T_0 = 3.5\%$	425	59584.33	163.32
$T_0 = 3.6\%$	428	59672.81	167.5
$T_0 = 3.7\%$	423	59642.54	167.78
$T_0 = 3.8\%$	428	59299.22	167.16

表中顯示車輛數表現介於 428~423 之間，距離成本則介於 60000~59000 之間，CPU 運算時間則介於 155~168 秒。將表 5.4 之結果繪製成圖 5.4~5.6。圖中發現，當 T_0 介於 $3.2\% \sim 3.8\%$ 時，車輛數的表現呈現穩定震盪的趨勢，但是距離成本則有隨著 T_0 的增加而有減少的趨勢，CPU 運算時間則隨著 T_0 的增加而逐漸的遞增，由此可知，隨著門檻起始值的增加，運算時間相對的會增加，距離成本亦會減少，但車輛數仍呈穩定的發展。當 $T_0 = 3.7\%$ 時，車輛數的表現最佳，車輛數為 423 輛車，距離成本為 59642.54，CPU 運算時間則為 167.78。本研究將 $T_0 =$

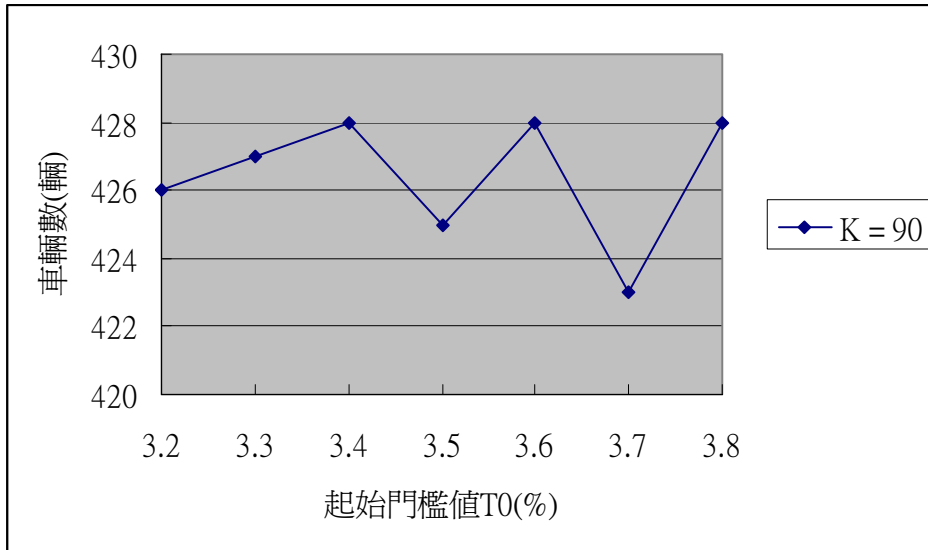


圖 5.4 TA 精細參數測試結果之車輛數誤差趨勢

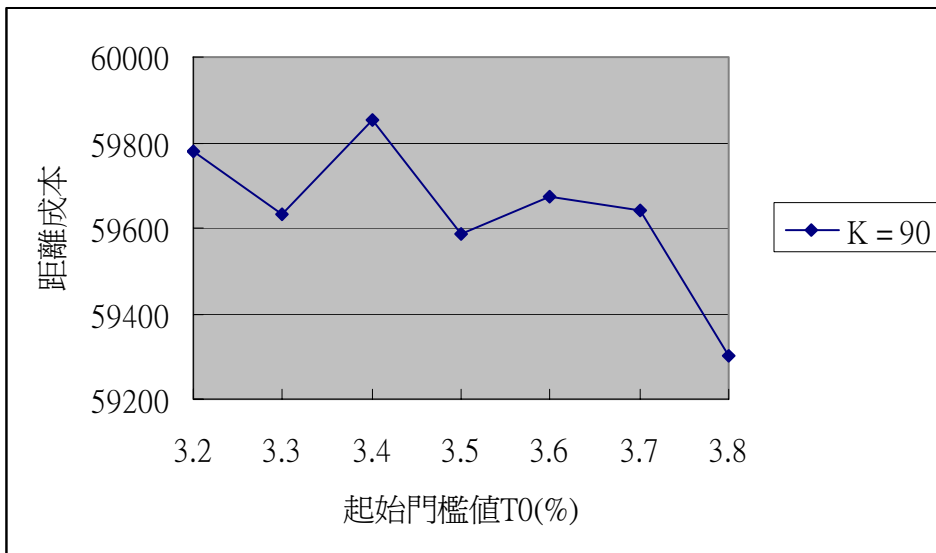


圖 5.5 TA 精細參數測試結果之距離誤差趨勢

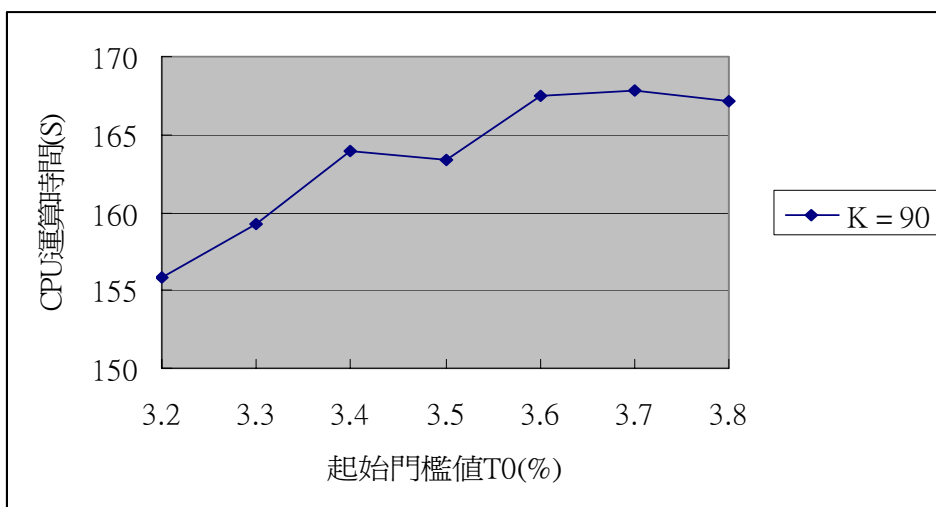


圖 5.6 TA 精細參數測試結果之 CPU 運算時間趨勢

3.7%、 $K = 90$ 的結果，與文獻以之最佳解之間之比較，整理如表5.5所示，表中 $Z(X)$ 代表總車輛數； ΔZ 代表車輛數誤差； $C(X_1)$ 代表總距離成本； $\Delta C\%$ 代表距離成本誤差百分比；CPU(Sec)代表平均每題運算時間(秒)。表中可以發現，車輛

表5.5 TA最佳結果分析

績效項目 例題類型	文獻以之最佳解		TA模組， $T_0 = 3.7$ 、 $K = 90$				
	$Z(X_*)$	$C(X_*)$	$Z(X_1)$	ΔZ	$C(X_1)$	$\Delta C\%$	CPU(Sec)
R1	144	14351.2	151	7	14708.87	2.49%	255.92
R2	30	10406.4	33	3	11124.71	6.90%	196.36
C1	90	7447.22	90	0	7907.90	6.19%	90.44
C2	24	4718.87	24	0	4873.86	3.28%	55.88
RC1	92	10900.44	98	6	11127.48	2.08%	191.38
RC2	26	8633.09	27	1	9899.73	14.67%	171.5
平均	7.25	1008.16	7.55	0.30	1065.05	5.64%	167.77
總數	406	56457.22	423	17	59642.54	3185.32	----

數方面，以群聚類型(C)的題型表現最佳，無論是小車容量(C1)或是大車容量(C2)類型的車輛數均與最佳解相同，車輛誤差均為0，但距離成本方面則是以C2表現的較好，距離誤差在3.28%以下。而在隨機(R)及隨機、群聚混合(RC)類型的題型中，車容量大的類型題型表現較好，車輛誤差均在0.27以下，但其中以R2的距離成本表現較好，距離誤差為6.9%。

5.1.3 TA 參數穩定度分析

根據上述TA相關參數對56題測試例題進行測試，相關誤差結果整理如表5.6所示。表中發現，在門檻數列 $K = 30$ 的條件下，車輛數誤差與距離成本最佳與最差結果之誤差分別為0.74%與1.23%； $K = 60$ 時，車輛數誤差與距離成本最佳結果與最差結果之誤差分別為0.99%與1.45%； $K = 90$ 時，車輛數誤差與距離成本誤差最佳結果與最差結果分別為1.48%與1.62%。隨著門檻數列的增加，車輛數誤差、距離成本誤差也逐漸增加，此因隨著門檻數列的增加，車輛數與距離成本的表現越佳，測試參數也越精細，所以相關結果誤差也逐漸增加，但整體來說，車輛數與距離成本的誤差值均維持在1.62%以下，因此可知TA參數的表現是相當穩定。

在表5.6中也發現到，隨著門檻數列的增加，車輛數與距離成本的誤差也逐漸遞減，但運算時間也相對的增加。當 $K = 30$ 時，車輛數與距離成本最佳解求解誤差，相對於文獻最佳解分別為5.67%與5.75%，CPU運算時間最快者為43.48秒； $K = 60$ 時，車輛數與距離成本最佳解求解誤差，相對於文獻最佳解分別為4.93%與5.20%，CPU運算時間最快為81.68秒； $K = 90$ 時，車輛數與距離成本最佳解求解誤差，相對於文獻最佳解分別為4.19%與5.03%，CPU運算時間最快為119.80秒。整體來說，TA模組對於車輛數與距離成本相對於文獻最佳解，求

解誤差均維持在 6.98% 以下，精確度算是相當不錯。

表 5.6 TA 模組各門檻數列下，參數穩定度結果整理

各門檻數列(K) 相關結果	Z(X)	$\Delta Z\%$	C(X)	$\Delta C\%$	CPU(Sec)
K = 30	3	0.74%	695.16	1.23%	29.79
全距	(432-429)	(6.40%~5.67%)	(59701.51~60396.67)	(6.98%~5.75%)	(73.27~43.48)
平均	430.13	5.94%	60139.21	6.52%	57.25
標準差	1.27	0.29%	227.65	0.38%	-----
結果誤差	-----	5.94% \pm 0.29%	-----	6.52% \pm 0.38%	-----
K = 60	4	0.99%	820.82	1.45%	61.11
全距	(430~426)	(5.91%~4.93%)	(60212.37~59391.55)	(6.65%~5.20%)	(142.79~81.68)
平均	428.25	5.48%	59675.65	5.70%	107.84
標準差	1.39	0.33%	250.39	0.42%	-----
結果誤差	-----	5.48% \pm 0.33%	-----	5.70% \pm 0.42%	-----
K = 90	6	1.48%	762.29	1.62%	90.25
全距	(429~423)	(5.67%~4.19%)	(60061.51~59299.22)	(6.65%~5.03%)	(210.05~119.80)
平均	426.8	5.12%	59663.73	5.68%	161.31
標準差	1.76	0.41%	184.08	0.31%	-----
結果誤差	-----	5.12% \pm 1.48%	-----	5.68% \pm 0.31%	-----

其中當 K = 30 時，整體的求解效率最高，但和文獻已知最佳解間的求解誤差也相對較高，最快求解時間平均一題為 43.48 秒，最慢求解時間平均一題為 73.27 秒，但當 K = 90 時，整體的求解效率較差，但求解誤差較小，最快求解時間平均一題為 119.80 秒，最慢求解時間平均一題為 210.05 秒。因此，若欲採用效率較高者進行問題求解，建議門檻數列採用 K = 30 的條件進行測試，愈探討精確度較高者，建議門檻數列採用 K = 90 的條件下進行測試。

5.2 GDA 參數測試與穩定度分析

5.2.1 GDA 參數測試與 GDA 模組最佳結果分析

如 4.1.2 節所述，GDA 參數為水位下降速度(D)，在 4.2.2 節中發現到，當水位下降速度 D = 0.1% 時，CPU 運算時間過長，雖然車輛數與距離成本結果表現不錯，但整體的效益不佳，因此設定下降速度 d = 0.1%、0.2%、0.3% 及 0.4% 四組，在權重值組合為(0_0.5)的條件下進行測試。參數設定如表 5.7 所示。

表 5.7 GDA 參數設定

參數項目	參數範圍
GDA 權重值組合	(0_0.5)
GDA_GA 之水位下降速度	0.1%、0.2%、0.3%、0.4%

根據上述之參數設定對 56 題測試例題進行測試所得結果整理如表 5.8 表示。表中 $Z(X_i)$ 代表車輛數、 $C(X_i)$ 代表距離成本、CPU(Sec) 代表電腦平均運算時間。

表 5.8 GDA 參數測試結果

水位下降速度 d	$Z(X_i)$	$C(X_i)$	CPU(Sec)
d = 0.1%	424	58390.08	612.61
d = 0.2%	429	58320.95	318.32
d = 0.3%	428	58519.09	210.73
d = 0.4%	432	58458.19	164.14

間。由表中顯示車輛數表現介於 432~424 之間，距離成本介於 59000~58000 之間，CPU 運算時間則介於 164~612.61 秒。將表 5.7 之結果繪製成圖 5.7~5.9。在圖中發現，車輛數隨著水位速度加快，有逐漸增加的趨勢；而距離成本在水位速度變動下，呈現上下震盪，無明顯特別的變化；CPU 運算時間方面，則隨著水位下降速度增加而逐漸遞減。整體來說，當水位下降速度 $d = 0.1\%$ 時，車輛數的表現仍然是最佳，車輛數為 424 輛、距離成本為 58390.08，以粗體字表示，但 CPU 執行時間過長。因此本研究將 $d = 0.1\%$ 的相關結果，與文獻最佳解之間的比較整理成表 5.9 所示。

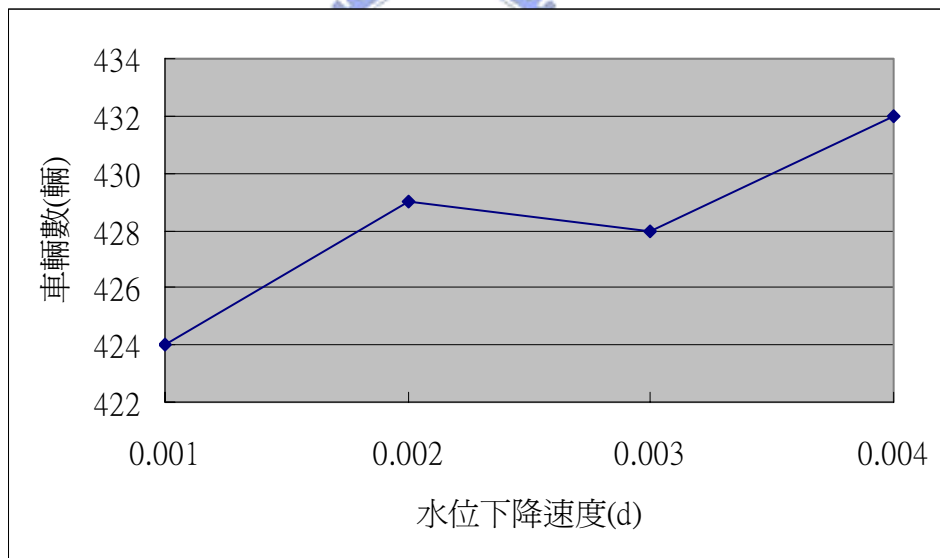


圖 5.7 GDA 精細參數測試結果之車輛數誤差趨勢

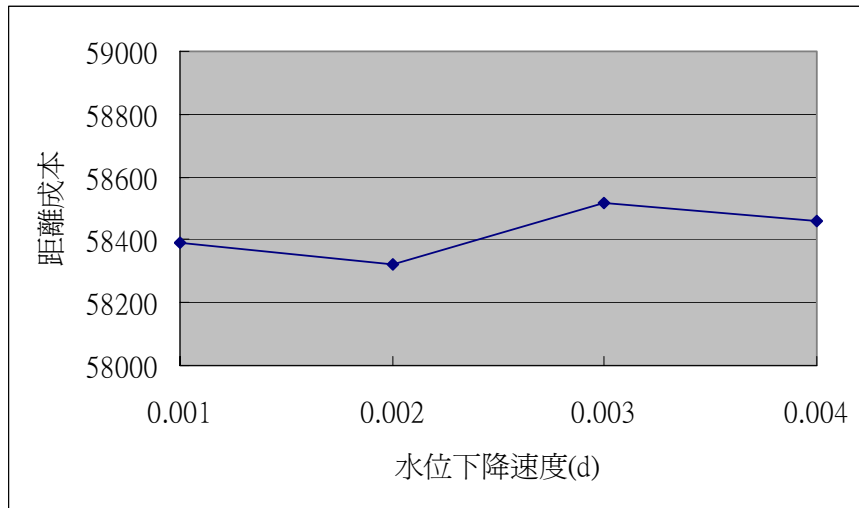


圖 5.8 GDA 精細參數測試結果之距離誤差趨勢

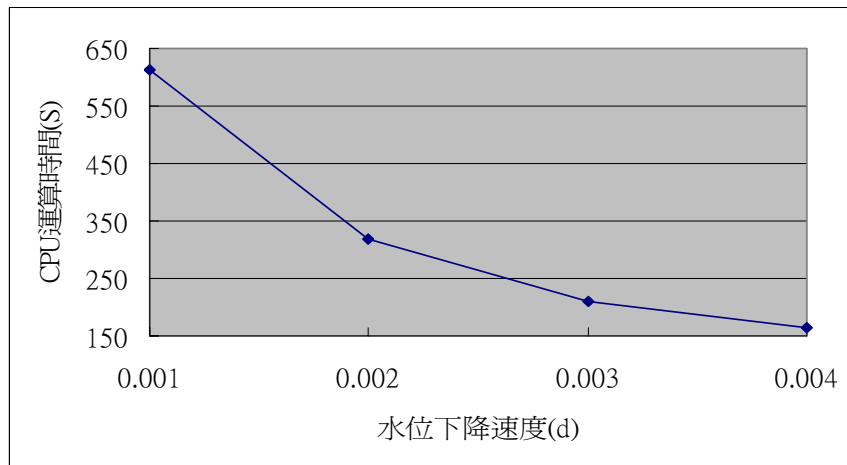


圖 5.9 GDA 精細參數測試結果之 CPU 運算時間趨勢

表5.9 GDA最佳結果分析

績效項目 例題類型	文獻以之最佳解		GDA模組，d = 0.001				
	Z(X*)	C(X*)	Z(X ₁)	ΔZ	C(X ₁)	ΔC%	CPU(Sec)
R1	144	14351.2	152	8	14566.645	1.50%	912.17
R2	30	10406.4	34	4	10643.11	2.27%	753.64
C1	90	7447.22	90	0	7698.48	3.37%	337.67
C2	24	4718.87	24	0	4978.12	5.49%	235.75
RC1	92	10900.44	97	5	11135.04	2.15%	604.63
RC2	26	8633.09	27	1	9368.70	8.52%	663.5
平均	7.25	1008.16	7.57	0.32	1042.68	3.42%	612.61
總數	406	56457.22	424	18	58390.08	1932.86	----

表中可以發現，車輛數方面，以群聚類型(C)的題型表現最佳，無論是小車容量(C1)或是大車容量(C2)類型的車輛數均與最佳解相同，車輛誤差均為0，但距離成本方面則是以C1表現的較好，距離誤差在3.37%以下。而在隨機(R)及隨

機、群聚混合(RC)類型的題型中，車容量大的類型題型表現較好，車輛誤差在 0.36 以下，但其中以 R2 的距離成本表現較好，距離誤差為 2.27%。

5.2.2 GDA 參數穩定度分析

本研究根據上述結果，將相關目標值誤差結果整理如表 5.10 所示。表中顯

表 5.10 GDA 模組參數穩定度結果整理

GDA 模組 相關結果	Z(X)	$\Delta Z\%$	C(X)	$\Delta C\%$	CPU(Sec)
全距	8 (432~424)	1.97% (6.40%~4.43%)	68.11 (58457.19~58390.08)	0.12% (3.54%~3.42%)	448.47 (612.61~164.14)
平均	428.25	5.48%	58422.08	3.48%	326.45
標準差	2.861381	0.67%	74.10	0.13%	-----
結果誤差	-----	5.48% \pm 0.67 %	-----	3.48% \pm 0.12%	448.47

示，車輛數誤差與距離成本最佳結果之誤差分別為 1.97% 與 0.12%，因此可知 GDA 參數的表現亦相當穩定，但相較於 TA 模組，車輛數的穩定度較差，但距離成本方面的穩定度卻較 TA 模組高。求解誤差方面，車輛數與文獻最佳解之車輛數誤差維持在 6.4% 以下，與 TA 模組相同，但距離成本與文獻最佳解之距離成本誤差則在 3.54% 以下，較 TA 模組來的優異，不過求解效率方面，GDA 模組平均每題運算時間較 TA 模組要來的高，若要在短時間內在車輛數與距離成本方面得到不錯的結果，本研究建議採用 TA 模組進行問題求解。