

第五章 實例應用

5.1 個案現況說明

本研究將以新竹科學園區內某公司(以下簡稱 A 公司)為研究對象，進行實例研究。A 公司之工廠共有五處，皆位於新竹科學園區內，且五工廠集中於二區域，故本研究將五個工廠依據分佈之位置劃分成二個部份，並將每一個部份內之工廠視為一個迄點。圖 5.1 左邊圓圈內之三個工廠視為廠區 1，即為第 1 個迄點；右邊圓圈內之二個工廠視為廠區 2，即為第 2 個迄點。



圖 5.1 A 公司工廠位置及分區圖

A 公司通勤交通車之服務範圍涵蓋了桃園、新竹、苗栗三個地區，而本研究選擇桃園與新竹部分地區作為研究範圍；此外，A 公司通勤交通車服務之員工上班方式屬於四班二輪制，共分成四個班別：DA、DB、NA、NB，A 與 B 表示每兩天換一次的班別，D 與 N 表示早班跟晚班，而本研究選擇 DB 之班別作為研究對象。

根據上述界定之研究對象，本研究所進行之實例分析共包含了 14 條路線，109 個停靠站(起點)與二個工作廠區(迄點)，其分布之情況如圖 5.2，方形圖案表示停靠站，圓形圖案表示工作廠區。

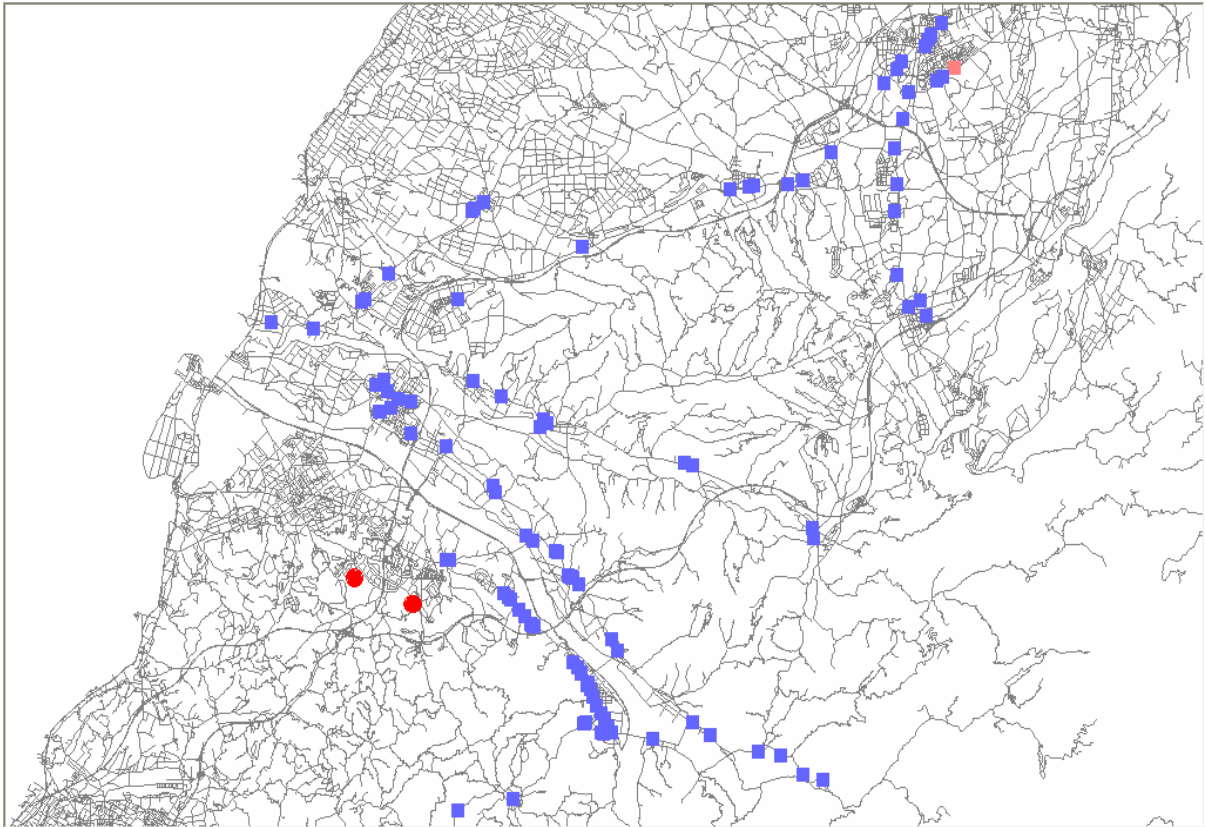


圖 5.2 A 公司交通車服務起、訖點分佈圖

A 公司目前以三種不同座位之車輛型態進行通勤交通車服務，大巴之座位數為 43 個，中巴之座位數為 20 個，小巴之座位數為 9 個。14 條路線中使用大巴的路線有 8 條、中巴的路線有 5 條、小巴的路線有 1 條，詳細資料如表 5.1。此外，A 公司目前 14 條路線所服務之人數共有 244 人，茲將其搭乘人數與乘載率整理如表 5.2。

表 5.1 A 公司 14 條路線使用之車型

序號	路線別	車型	序號	路線別	車型
1	中壢楊梅	大	8	中壢楊梅	大
2	內灣芎林	中	9	芎林內灣	中
3	平鎮龍潭	大	10	平鎮龍潭	大
4	湖口新豐	中	11	北埔竹東	大
5	鳳岡六家	中	12	關西新埔	小
6	關西竹北	大	13	湖口竹北	中
7	北埔竹東	大	14	北埔橫山竹東	大

表 5.2 A 公司 14 條路線乘載人數與乘載率

序號	路線別	乘載人數	乘載率	序號	路線別	乘載人數	乘載率
1	中壢楊梅	22	51.2%	8	中壢楊梅	31	72.1%
2	內灣芎林	11	75%	9	芎林內灣	13	65%
3	平鎮龍潭	28	65.1%	10	平鎮龍潭	14	32.6%
4	湖口新豐	12	60%	11	北埔竹東	24	55.8%
5	鳳岡六家	9	45%	12	關西新埔	4	44.4%
6	關西竹北	16	45.7%	13	湖口竹北	11	55%
7	北埔竹東	25	58.1%	14	北埔橫山竹東	24	55.8%

由於本研究以總成本最小為目標，故各車型之成本結構更顯重要，因此透過實際之訪查，將 A 公司所有通勤交通車路線之車型、里程與單價利用迴歸分析找出路線之成本結構，茲將迴歸分析之結果整理如表 5.3。y 表示路線成本，x 表示路線行駛距離；等號右邊之前項為路線之變動成本，後項為路線之固定成本。

表 5.3 各車型成本線性模式與 t 值

	線性模式	t 統計
大巴	$y = 12.871x + 706.97$	截距：16.4222
		X 係數：12.7375
中巴	$y = 10.855x + 551.23$	截距：12.2515
		X 係數：6.9414
小巴	$y = 5.7402x + 507.85$	截距：18.6146
		X 係數：6.0943

從表 5.3 中可觀察出大巴之固定成本與變動成本之係數皆最高，小巴則最低；但若以每個座位之邊際成本(成本/座位數)來看，大巴反而最低，小巴則最高。故以本研究所考量之最小總成本目標而言，使用愈大車型則愈符合經濟效益。

此外，A 公司無自營之通勤交通車車隊，其將規劃好之各通勤交通車路線分別委外給數家交通車公司，故 A 公司在進行通勤交通車路線規劃時不需考量車輛數之限制。

5.2 啟發式解法執行結果

根據上述界定之個案研究範圍，本研究個案之變數共有 38,296,776 個，限制式共有 2,247,204 個，屬於大規模之問題，無法於有效時間內求解出最佳解，故本研究以啟發式解法進行求解，期能有效率地求解出滿足限制之路線組合。此外，考量 A 公司之搭乘員工可能會有加班之情況，避免加班員工無座位之情況發生，故本研究除了以各車型實際車容量為容量限制進行求解外，並將各車型之實際車容量乘上 0.8 (本研究稱之為服務

容量)，亦即大巴之車容量為 35 個座位、中巴之車容量為 16 個座位、小巴之車容量為 8 個座位，利用調整後之服務容量為限制進行求解，以便預留一些座位給加班之員工。其他參數方面，每個節點之服務時間皆為 10 秒，各路段車輛行駛速度皆為每小時 50 公里，路線時間限制為 65 分鐘，各起、迄點間之需求如表 5.4。路網資料參照附錄三。

表 5.4 各起、迄點間之需求

節點 編號	至迄點 1 需求	至迄點 2 需求	節點 編號	至迄點 1 需求	至迄點 2 需求	節點 編號	至迄點 1 需求	至迄點 2 需求	節點 編號	至迄點 1 需求	至迄點 2 需求
1	4	1	29	2	0	57	1	0	85	1	0
2	5	2	30	0	1	58	1	0	86	1	0
3	0	5	31	0	1	59	1	1	87	3	0
4	1	0	32	4	0	60	4	1	88	1	0
5	2	3	33	4	0	61	2	0	89	0	1
6	3	2	34	2	1	62	2	0	90	0	1
7	2	0	35	1	0	63	3	4	91	0	1
8	2	2	36	1	0	64	0	2	92	1	1
9	4	3	37	1	0	65	2	0	93	1	0
10	2	0	38	0	1	66	2	3	94	0	1
11	0	2	39	0	4	67	1	0	95	1	0
12	0	6	40	3	0	68	1	0	96	2	1
13	2	3	41	0	1	69	1	0	97	0	3
14	1	0	42	2	0	70	2	0	98	3	0
15	1	0	43	0	1	71	1	0	99	1	0
16	1	0	44	1	0	72	1	1	100	1	0
17	1	0	45	1	0	73	0	1	101	1	0
18	11	1	46	2	0	74	1	0	102	1	0
19	2	2	47	1	0	75	0	1	103	1	0
20	0	1	48	1	0	76	1	0	104	0	1
21	0	1	49	0	1	77	0	1	105	0	1
22	0	3	50	0	1	78	0	2	106	0	1
23	0	3	51	0	1	79	3	1	107	0	1
24	1	0	52	1	0	80	1	2	108	0	1
25	3	4	53	1	0	81	1	0	109	0	2
26	2	3	54	3	0	82	9	0			
27	1	0	55	1	0	83	0	1			
28	1	0	56	1	0	84	2	0			

5.2.1 起始解執行結果

本研究啟發式解法主要分成二大階段：起始解構建與交換改善，起始解之建構主要以降低車輛數為考量，故起始解建構完成後，即可得知需要多少車輛進行通勤交通車服務。起始解構建完成後之路線結果整理如表 5.5、5.6。

表 5.5 起始解各路線使用車輛型態

實際容量		服務容量	
路線編號	使用車型	路線編號	使用車型
1	小巴	1	小巴
2	中巴	2	大巴
3	大巴	3	大巴
4	中巴	4	大巴
5	中巴	5	中巴
6	大巴	6	大巴
7	中巴	7	中巴
8	大巴	8	大巴
9	大巴	9	大巴
10	大巴	10	大巴
11	小巴	11	中巴
12	大巴	12	大巴

表 5.6 起始解結果

車容量限制參數	成本(元/趟)	路線數	大巴	中巴	小巴
實際容量	11912	12	6	4	2
服務容量	12557	12	8	3	1

起始解建構完成後，以各車型實際容量作為容量限制之求解結果共有 12 條路線，其中 6 條路線使用大巴，4 條路線使用中巴，2 條路線使用小巴。而以服務容量作為容量限制之求解結果也有 12 條路線，但 8 條路線使用大巴，3 條路線使用中巴，1 條路線使用小巴。

從表 5.6 可看出，各種車輛之車容量限制值縮小後，對於總路線數之影響並不大，但因預留一些座位使乘載率降低，大型車輛之使用數增加，小型車輛之使用數減少，導致成本也增加。

5.2.2 交換改善執行結果

啟發式解法之第二階段為交換改善，主要根據起始解之結果，考量各路線之剩餘時間與剩餘車容量進行節點交換改善，期能在符合路線時間限制及車容量限制條件下，充

分利用車輛座位，以增加各路線車輛之承載率，進而降低成本。茲將路線交換改善後之結果整理如表 5.7、5.8、5.9；實際容量為限制與服務容量為限制之結果中路線距離最長之路線圖如圖 5.3、5.4。

表 5.7 實際容量為限制之路線結果

路線編號	使用車型	路線距離(公里)	路線時間(分鐘)	路線節點順序
1	小巴	41.954	63.382	3、110、111
2	中巴	41.734	63.912	1、2、20、13、110、111
3	大巴	41.238	64.81	4、5、12、6、7、8、9、110、111
4	中巴	42.103	60.514	17、18、22、19、111、110
5	小巴	41.954	63.502	16、15、14、21、10、11、110、111
6	中巴	35.758	56.422	23、24、25、30、26、31、27、28、110、111
7	中巴	33.447	58.12	49、42、43、44、51、50、45、46、47、37、41、110、111
8	大巴	26.551	59.664	92、104、93、94、96、82、83、84、85、90、86、87、88、59、61、60、111、110
9	中巴	26.706	50.69	95、105、97、106、98、99、100、107、101、108、102、109、57、56、55、110、111
10	大巴	19.124	53.328	76、77、78、79、80、81、62、63、64、66、65、67、68、91、69、70、71、72、73、74、103、58、111、110
11	小巴	24.419	38.144	89、75、111、110
12	大巴	36.167	64.306	53、52、33、32、29、38、39、34、36、35、40、54、48、111、110

表 5.8 服務容量為限制之路線結果

路線 編號	使用 車型	路線距離 (公里)	路線時間 (分鐘)	路線節點順序
1	小巴	43.377	63.714	3、20、21、110、111
2	大巴	42.368	64.9538	1、2、13、11、23、24、25、110、111
3	大巴	41.238	64.644	4、5、12、6、7、8、110、111
4	大巴	42.103	60.514	17、18、22、19、111、110
5	中巴	40.313	60.368	16、15、14、9、10、110、111
6	中巴	36.668	57.365	30、26、31、27、29、28、32、52、110、111
7	中巴	33.203	55.5	49、42、43、44、51、50、45、46、36、110、111
8	大巴	17.589	43.696	96、82、83、84、85、90、86、87、88、59、61、 64、66、65、111、110
9	大巴	32.632	62.47	92、104、93、94、95、105、97、106、98、99、 100、107、101、108、102、109、57、56、55、 110、111
10	大巴	17.243	40.388	76、77、78、79、80、81、60、62、63、111、110
11	中巴	26.328	59.274	89、75、67、68、91、69、70、71、72、73、74、 103、58、111、110
12	大巴	32.052	57.6936	53、33、38、39、34、37、41、48、47、35、 40、54、110、111

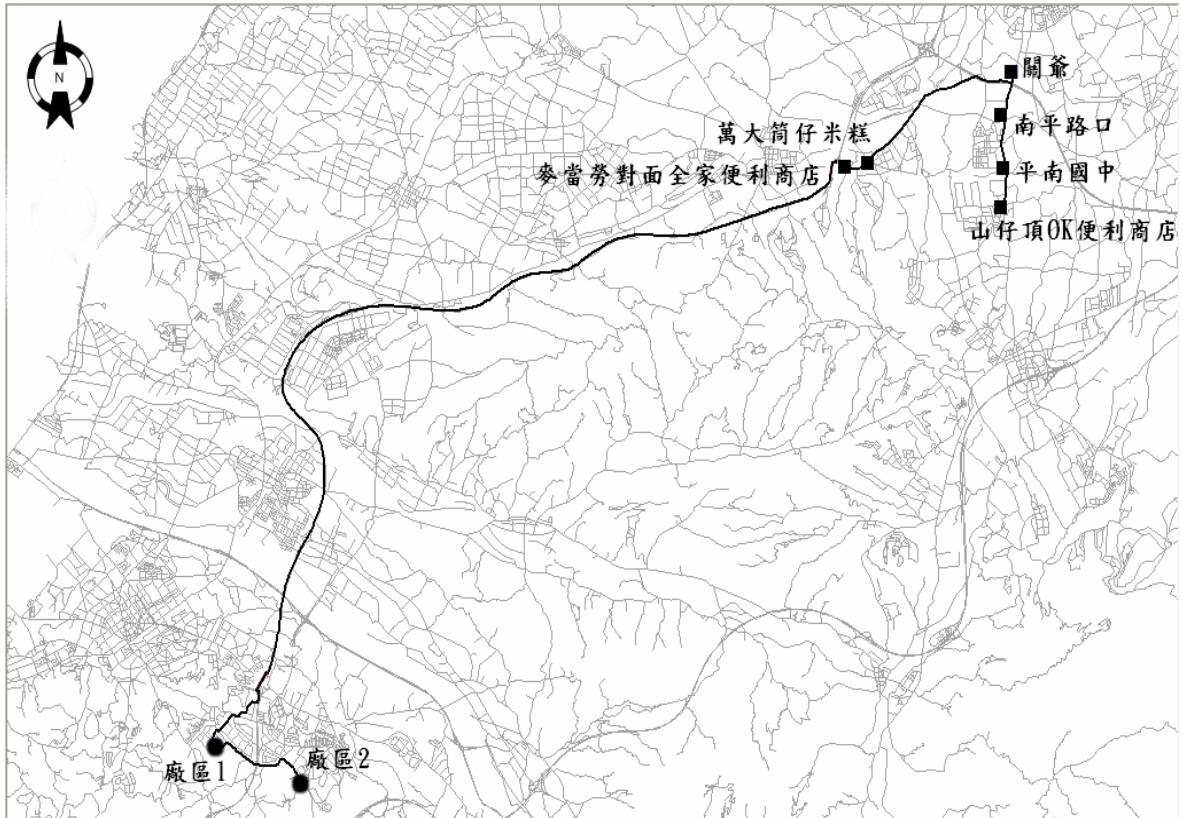


圖 5.3 實際容量為限制之路線 5 結果



圖 5.4 服務容量為限制之路線 1 結果

表 5.9 啟發式解法之執行結果

車容量限制參數	成本(元/趟)	路線數	大巴	中巴	小巴	求解時間(秒)
實際容量	11276	12	4	5	3	1.101
服務容量	12292	12	7	4	1	1.071

交換改善執行後，以各車型實際容量作為容量限制之求解結果仍有 12 條路線，其中 4 條路線使用大巴，5 條路線使用中巴，3 條路線使用小巴。而以服務容量作為容量限制之求解結果也仍有 12 條路線，但 7 條路線使用大巴，4 條路線使用中巴，1 條路線使用小巴。

節點交換改善之執行結果，不論是以各車型實際容量為限制或以服務容量為限制，成本皆比起始解之結果小幅下降，主要是因為節點之移轉使得某些車輛可由大型車變成小型車，其中以各車型實際容量為限制時，二條路線由大巴改為中巴，一條路線由中巴改為小巴；以服務容量為限制時，則有一條路線由大巴改為中巴。此外，本研究之啟發式解法之執行效率相當迅速，求解此個案只需 1 秒多之時間，若以整數規劃之方式求解此個案問題，則需要非常長之求解時間。

5.3 結果比較與分析

為了評估本研究啟發式解法之成效，此節針對上述之啟發式解法執行結果，利用成本、路線數、乘載率各項指標，與 A 公司現況進行比較與分析，以便提供 A 公司客觀之參考依據。

在路線數方面，A 公司通勤交通車服務之現況共有 14 條路線，即共需 14 輛車輛進行通勤交通車服務，而本研究之結果只需 12 條路線，減少使用 2 輛車。表 5.10 彙整 A 公司現況與本研究執行結果之路線數與車輛使用情形。

表 5.10 A 公司現況與本研究執行結果之路線數與車輛使用情形

	路線數	大巴	中巴	小巴
A 公司	14	8	5	1
實際容量	12	4	5	3
服務容量	12	7	4	1

本研究以最小化總營運成本為目標進行通勤交通車路線之規劃，故成本為一最重要之評估指標。A 公司通勤交通車服務之員工上班方式屬於四班二輪制，故本研究對象 DB 班別每四天有二天需要通勤交通車服務，一個月中有 15 天需要通勤交通車服務。而雖然本研究只針對上班之路線進行規劃，但因下班與上班屬於對稱之問題，下班之路線即將上班之路線節點順序反轉，故下班時通勤交通車服務之營運成本與上班時相同。因

此，以 DB 班別而言，一個月中有 15 天需要通勤交通車服務，而每天上班與下班時各服務一次，即一個月需要通勤交通車服務 30 趟。茲將目前 A 公司通勤交通車服務之營運成本與本研究之結果整理如表 5.11。

表 5.11 A 公司現況與本研究執行結果之成本分析

	成本 (元/趟)	節省成本 (元/趟)	節省成本 (元/月)	節省成本 (元/年)	節省成本 百分比
A 公司現況	14,130	—	—	—	—
實際容量	11,265	2,865	85,950	1,031,400	20.28%
服務容量	12,292	1,838	55,140	661,680	13.01%

從表 5.11 可發現，本研究所執行之結果雖然單趟所減少之成本並不多，但不論是以各車型實際容量為限制或以服務容量為限制，一年所節省之成本則非常可觀。

在乘載率方面，A 公司現況之平均乘載率為 53.27%，乘載率偏低使得成本之浪費，而本研究之執行結果，不論是以實際容量為限制或以服務容量為限制，平均乘載率皆比 A 公司現況高，以各車型實際車容量為限制之結果，甚至有 4 條路線之乘載率高達 100%。

表 5.12 A 公司現況與本研究執行結果之乘載率分析

	A 公司現況		實際容量		服務容量	
	搭乘人數	乘載率	搭乘人數	乘載率	搭乘人數	乘載率
路線 1	22	51.16%	5	55.56%	7	77.78%
路線 2	11	55%	18	90%	30	69.77%
路線 3	28	65.12%	30	69.77%	23	53.49%
路線 4	12	60%	20	100%	20	46.51%
路線 5	9	45%	8	88.89%	12	60%
路線 6	16	37%	20	100%	16	80%
路線 7	25	58.14%	13	65%	11	55%
路線 8	31	72.09%	36	83.72%	35	81.4%
路線 9	13	65%	20	100%	25	58.14%
路線 10	14	32.56%	43	100%	26	60.47%
路線 11	24	55.81%	2	22.22%	15	75%
路線 12	4	44.44%	29	67.44%	24	55.81%
路線 13	11	55%	—	—	—	—
路線 14	24	55.81%	—	—	—	—
平均乘載率	53.72%		78.55%		64.45%	