

第五章 資料融合模式估計車輛旅行時間之測試與分析

5.1 偵測器無故障發生之測試與分析

本章節探討於低流量，偵測器無故障，且偵測器佈設密集（方案 1）之狀態，取得資料方式為探討路段於低密度(Low Density)之模式表現，其交通需求狀況以密度 10-16(pc/mi/ln)，道路服務水準 B 級為基準。測試分析結果如下。

5.1.1 偵測器估計旅行時間結果

僅以 PRARMICS 模擬軟體所獲得之偵測器資料，進行偵測器估計路段旅行時間及路徑旅行時間之結果(情境 1)，如表 5.1-1 所示。

表 5.1-1 偵測器估計路段與路徑旅行時間之結果(偵測器無故障)

時間	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路徑旅行時間(秒)
04:05:00	16.16	16.57	16.66	16.77	16.91	16.99	17.09	117.13
04:10:00	16.53	16.74	17.32	17.18	17.11	16.71	16.87	118.46
04:15:00	16.16	16.32	16.72	17.40	17.51	17.99	17.93	120.02
04:20:00	16.72	17.08	17.23	17.01	16.98	16.91	17.52	119.45
04:25:00	16.55	16.88	17.09	17.27	17.17	17.20	17.33	119.49
04:30:00	15.97	16.12	16.51	17.19	17.40	18.16	19.30	120.65
04:35:00	15.72	16.05	16.64	16.65	16.84	17.19	17.35	116.44
04:40:00	15.92	16.45	16.53	16.70	16.44	16.29	16.68	115.01
04:45:00	16.09	16.19	16.68	16.82	17.08	17.52	17.51	117.88
04:50:00	15.84	16.26	16.40	16.60	16.86	17.47	18.11	117.54
04:55:00	15.96	16.16	16.34	16.26	16.31	16.45	16.89	114.36
05:00:00	16.08	16.33	16.68	17.11	17.17	17.41	17.49	118.26
05:05:00	15.63	15.81	15.93	16.13	16.43	16.13	16.02	112.08
05:10:00	15.21	15.21	15.45	15.47	15.74	16.03	16.21	109.32
05:15:00	16.11	16.51	16.77	16.82	16.90	16.83	16.74	116.67
05:20:00	16.31	16.79	17.02	17.13	17.27	17.67	17.93	120.10
05:25:00	16.06	16.21	16.21	16.51	16.63	16.84	17.04	115.49
05:30:00	16.26	16.78	17.24	17.46	17.59	17.78	18.50	121.60
05:35:00	16.12	16.60	16.89	17.13	17.11	17.30	17.26	118.41
05:40:00	15.68	15.82	16.17	16.25	16.65	16.89	17.28	114.75
05:45:00	16.50	16.88	17.18	17.57	17.53	18.18	18.65	122.49
05:50:00	15.52	15.81	16.30	16.61	16.87	16.93	16.78	114.81
05:55:00	15.86	15.90	16.27	16.52	16.34	16.52	16.58	113.98
06:00:00	17.17	17.48	17.72	17.71	17.92	18.09	17.73	123.82

本研究以平均絕對誤差百分比(MAPE) 與均方根誤差(RMSE)作為評估指標，在偵測器估計車輛旅行時間之評估結果 MAPE 值為 3.79%、RMSE 值為 5.11，模擬真值由模擬器本身產生之路徑(Link)車流量與密度換算而得，以之視為模擬真值路徑旅行時間。偵測器估計旅行時間之平均絕對誤差百分比與均方根誤差，如表 5.1-2 所示。

表 5.1-2 偵測器估計旅行時間統計評估表(偵測器無故障)

時間	旅行時間(秒)		MAPE		平均絕對 誤差百分 比(%)	均方根 誤差
	模擬真值	估計值	(A) - (B)	$([(A) - (B)] / (A)) * 100$		
04:05:00	120.26	117.13	3.13	2.60	3.79	5.11
04:10:00	125.90	118.46	7.44	5.91		
04:15:00	110.78	120.02	-9.24	8.34		
04:20:00	120.98	119.45	1.54	1.27		
04:25:00	125.28	119.49	5.79	4.62		
04:30:00	116.20	120.65	-4.45	3.83		
04:35:00	113.54	116.44	-2.90	2.55		
04:40:00	118.34	115.01	3.33	2.81		
04:45:00	117.11	117.88	-0.76	0.65		
04:50:00	114.99	117.54	-2.55	2.22		
04:55:00	112.78	114.36	-1.58	1.40		
05:00:00	114.40	118.26	-3.86	3.37		
05:05:00	112.99	112.08	0.91	0.80		
05:10:00	110.08	109.32	0.76	0.69		
05:15:00	123.02	116.67	6.35	5.16		
05:20:00	113.30	120.10	-6.80	6.01		
05:25:00	120.35	115.49	4.85	4.03		
05:30:00	116.38	121.60	-5.22	4.48		
05:35:00	113.57	118.41	-4.84	4.26		
05:40:00	121.74	114.75	7.00	5.75		
05:45:00	114.08	122.49	-8.41	7.37		
05:50:00	111.43	114.81	-3.38	3.03		
05:55:00	118.62	113.98	4.64	3.91		
06:00:00	131.71	123.82	7.89	5.99		

5.1.2 探針車估計旅行時間結果

僅以 PARAMICS 模擬軟體軌跡車輛產生之資料，進行探針車估計路段旅行時間及路徑旅行時間之結果(情境 2)，如表 5.1-3 所示。

表 5.1-3 探針車估計路段與路徑旅行時間之結果(偵測器無故障)

時間	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路徑旅行時間(秒)
04:05:00	14.49	14.93	14.98	14.97	15.00	15.22	15.48	105.06
04:10:00	16.79	17.31	17.93	18.26	17.96	17.75	17.22	123.23
04:15:00	16.03	16.28	16.96	17.18	16.70	17.97	18.37	119.48
04:20:00	15.88	17.48	17.66	17.72	18.24	17.96	18.00	122.94
04:25:00	15.93	16.44	15.76	16.42	17.06	16.75	17.37	115.73
04:30:00	15.16	15.88	17.09	17.70	17.74	17.77	17.89	119.22
04:35:00	15.39	15.27	15.66	15.03	15.30	15.57	15.68	107.89
04:40:00	16.22	16.37	16.59	17.12	15.88	15.02	15.48	112.67
04:45:00	16.59	16.36	16.85	17.24	17.79	17.65	17.73	120.21
04:50:00	14.57	14.39	14.83	15.25	15.98	16.47	16.64	108.13
04:55:00	15.39	15.48	15.51	15.74	15.62	16.09	16.12	109.96
05:00:00	15.94	16.27	16.58	17.23	18.43	18.78	18.53	121.76
05:05:00	14.95	15.02	15.28	15.50	16.38	16.54	16.39	110.05
05:10:00	14.55	14.20	14.74	15.61	15.87	15.63	15.43	106.02
05:15:00	15.42	16.18	16.11	14.87	15.03	14.97	15.12	107.71
05:20:00	14.63	14.82	15.10	16.02	15.85	16.19	16.55	109.16
05:25:00	14.78	15.06	15.29	15.20	16.48	16.78	17.00	110.59
05:30:00	14.92	15.89	16.93	17.44	17.54	17.97	17.33	118.01
05:35:00	15.05	15.05	14.98	16.27	16.64	16.49	16.51	110.99
05:40:00	14.83	15.97	16.01	16.29	16.58	17.56	17.60	114.85
05:45:00	17.22	17.58	17.58	17.50	16.66	17.35	18.92	122.82
05:50:00	14.33	14.95	15.38	16.29	17.14	17.26	16.21	111.55
05:55:00	14.23	14.46	14.78	14.80	14.78	15.59	15.82	104.47
06:00:00	15.19	16.23	16.94	17.09	17.17	17.17	17.13	116.91

以平均絕對誤差百分比(MAPE) 與均方根誤差(RMSE)作為評估指標，探針車估計車輛旅行時間之評估結果 MAPE 值為 5.52%、RMSE 值為 7.97，模擬真值與探針車估計旅行時間之平均絕對誤差百分比與均方根誤差，如表 5.1-4 所示。

表 5.1-4 探針車估計旅行時間統計評估表(偵測器無故障)

時間	旅行時間(秒)		MAPE		平均絕對 誤差百分 比(%)	均方根 誤差
	模擬真值	估計值	(A) - (B)	$([(A) - (B) / (A)]) * 100$		
04:05:00	120.26	105.06	15.20	12.64	5.52	7.97
04:10:00	125.90	123.23	2.67	2.12		
04:15:00	110.78	119.48	-8.70	7.86		
04:20:00	120.98	122.94	-1.96	1.62		
04:25:00	125.28	115.73	9.56	7.63		
04:30:00	116.20	119.22	-3.02	2.60		
04:35:00	113.54	107.89	5.65	4.98		
04:40:00	118.34	112.67	5.67	4.79		
04:45:00	117.11	120.21	-3.09	2.64		
04:50:00	114.99	108.13	6.86	5.97		
04:55:00	112.78	109.96	2.83	2.51		
05:00:00	114.40	121.76	-7.36	6.43		
05:05:00	112.99	110.05	2.93	2.60		
05:10:00	110.08	106.02	4.06	3.69		
05:15:00	123.02	107.71	15.31	12.44		
05:20:00	113.30	109.16	4.14	3.65		
05:25:00	120.35	110.59	9.75	8.11		
05:30:00	116.38	118.01	-1.63	1.40		
05:35:00	113.57	110.99	2.58	2.27		
05:40:00	121.74	114.85	6.90	5.67		
05:45:00	114.08	122.82	-8.73	7.66		
05:50:00	111.43	111.55	-0.12	0.11		
05:55:00	118.62	104.47	14.15	11.93		
06:00:00	131.71	116.91	14.79	11.23		

5.1.3 資料融合估計旅行時間結果

運用 PRARMICS 模擬軟體所獲得之偵測器及探針車資料，進行偵測器與探針車資料融合模式估計路段旅行時間及路徑旅行時間之結果(情境 3)，如表 5.1-5 所示。

表 5.1-5 資料融合估計路段與路徑旅行時間之結果(偵測器無故障)

時間	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路徑旅行時間(秒)
04:05:00	15.24	15.86	15.90	15.87	16.06	16.20	16.39	111.53
04:10:00	16.66	16.97	17.59	17.75	17.51	17.14	17.03	120.65
04:15:00	16.08	16.29	16.83	17.30	16.86	17.97	18.26	119.59
04:20:00	16.24	17.41	17.58	17.57	17.81	17.44	17.81	121.85
04:25:00	16.14	16.59	16.20	16.58	17.11	16.89	17.34	116.85
04:30:00	15.34	15.93	16.86	17.45	17.57	17.93	18.39	119.47
04:35:00	15.57	15.67	15.98	15.37	15.47	15.68	15.87	109.60
04:40:00	16.05	16.40	16.56	16.84	16.29	15.94	16.06	114.14
04:45:00	16.41	16.29	16.82	17.11	17.45	17.59	17.62	119.30
04:50:00	15.09	15.09	15.67	15.87	16.39	17.13	17.66	112.90
04:55:00	15.72	15.87	15.91	15.99	15.93	16.31	16.56	112.28
05:00:00	16.03	16.31	16.63	17.17	17.88	18.29	18.06	120.38
05:05:00	15.35	15.41	15.54	15.78	16.40	16.28	16.14	110.91
05:10:00	14.92	14.53	15.13	15.50	15.77	15.94	16.02	107.81
05:15:00	15.60	16.36	16.51	15.86	15.76	15.73	15.85	111.67
05:20:00	15.21	15.49	16.12	16.68	16.51	16.91	17.50	114.43
05:25:00	15.05	15.28	15.65	15.75	16.58	16.82	17.02	112.15
05:30:00	15.38	16.30	17.12	17.45	17.57	17.87	17.75	119.44
05:35:00	15.61	15.60	16.26	16.82	16.97	17.03	17.05	115.34
05:40:00	15.30	15.91	16.07	16.28	16.60	17.52	17.59	115.28
05:45:00	16.78	17.15	17.32	17.54	17.16	17.76	18.85	122.56
05:50:00	15.05	15.41	15.77	16.47	16.96	17.01	16.61	113.27
05:55:00	14.80	14.89	15.29	15.40	15.38	15.98	16.08	107.81
06:00:00	16.21	16.88	17.38	17.41	17.53	17.68	17.45	120.54

以平均絕對誤差百分比(MAPE) 與均方根誤差(RMSE)作為評估指標，在偵測器與探針車資料融合模式估計車輛旅行時間之評估結果 MAPE 值為 4.30%、RMSE 值為 6.19，模擬真值與資料融合估計旅行時間之平均絕對誤差百分比與均方根誤差，如表 5.1-6 所示。

表 5.1-6 資料融合估計旅行時間統計評估表(偵測器無故障)

時間	旅行時間(秒)		MAPE		平均絕對 誤差百分 比(%)	均方根 誤差
	模擬真值	估計值	(A)-(B)	$[(A)-(B)/(A)]*100$		
04:05:00	120.26	111.53	8.73	7.26	4.30	6.19
04:10:00	125.90	120.65	5.24	4.17		
04:15:00	110.78	119.59	-8.82	7.96		
04:20:00	120.98	121.85	-0.87	0.72		
04:25:00	125.28	116.85	8.43	6.73		
04:30:00	116.20	119.47	-3.27	2.81		
04:35:00	113.54	109.60	3.94	3.47		
04:40:00	118.34	114.14	4.20	3.55		
04:45:00	117.11	119.30	-2.18	1.86		
04:50:00	114.99	112.90	2.09	1.82		
04:55:00	112.78	112.28	0.50	0.44		
05:00:00	114.40	120.38	-5.97	5.22		
05:05:00	112.99	110.91	2.08	1.84		
05:10:00	110.08	107.81	2.27	2.06		
05:15:00	123.02	111.67	11.35	9.22		
05:20:00	113.30	114.43	-1.13	1.00		
05:25:00	120.35	112.15	8.20	6.81		
05:30:00	116.38	119.44	-3.06	2.63		
05:35:00	113.57	115.34	-1.77	1.56		
05:40:00	121.74	115.28	6.47	5.31		
05:45:00	114.08	122.56	-8.48	7.43		
05:50:00	111.43	113.27	-1.84	1.65		
05:55:00	118.62	107.81	10.81	9.12		
06:00:00	131.71	120.54	11.16	8.48		

5.2 偵測器有故障發生之測試與分析

本章節探討於低流量，偵測器出現故障之情形，僅前後端之偵測器正常運作，亦可視為當偵測器佈設距離較長（方案 2）之狀態，探討路段於低密度之模式表現，交通需求狀況以密度 10-16(pc/mi/ln)，道路服務水準 B 級為基準。其測試分析結果如下。

5.2.1 偵測器估計旅行時間結果

運用 PRARMICS 模擬軟體所獲得之偵測器資料，將第 2.3.4.5.6.7 組偵測器資料去除，視為偵測器故障下，僅前後端偵測器正常運作，亦可視為當偵測器佈設距離較長下，進行偵測器估計路段旅行時間及路徑旅行時間之結果，如表 5.2-1 所示。

表 5.2-1 偵測器估計路段與路徑旅行時間之結果(偵測器有故障)

時間	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路徑旅行時間(秒)
04:05:00				119.60				119.60
04:10:00				118.12				118.12
04:15:00				125.52				125.52
04:20:00				122.61				122.61
04:25:00				121.33				121.33
04:30:00				135.12				135.12
04:35:00				121.42				121.42
04:40:00				116.74				116.74
04:45:00				122.54				122.54
04:50:00				126.80				126.80
04:55:00				118.21				118.21
05:00:00				122.40				122.40
05:05:00				112.11				112.11
05:10:00				113.45				113.45
05:15:00				117.18				117.18
05:20:00				125.48				125.48
05:25:00				119.28				119.28
05:30:00				129.47				129.47
05:35:00				120.80				120.80
05:40:00				120.97				120.97
05:45:00				130.52				130.52
05:50:00				117.43				117.43
05:55:00				116.03				116.03
06:00:00				124.11				124.11

以平均絕對誤差百分比(MAPE) 與均方根誤差(RMSE)作為評估指標，偵測器估計車輛旅行時間之評估結果 MAPE 值為 5.92%、RMSE 值為 8.59，模擬真值與偵測器估計旅行時間之平均絕對誤差百分比與均方根誤差，如表 5.2-2 所示。

表 5.2-2 偵測器估計旅行時間統計評估表(偵測器有故障)

時間	旅行時間(秒)		MAPE		平均絕對 誤差百分 比(%)	均方根 誤差
	模擬真值	估計值	(A) - (B)	$([(A) - (B) / (A)]) * 100$		
04:05:00	120.26	119.60	0.66	0.55	5.92	8.59
04:10:00	125.90	118.12	7.78	6.18		
04:15:00	110.78	125.52	-14.74	13.31		
04:20:00	120.98	122.61	-1.63	1.35		
04:25:00	125.28	121.33	3.96	3.16		
04:30:00	116.20	135.12	-18.92	16.28		
04:35:00	113.54	121.42	-7.88	6.94		
04:40:00	118.34	116.74	1.60	1.35		
04:45:00	117.11	122.54	-5.42	4.63		
04:50:00	114.99	126.80	-11.81	10.27		
04:55:00	112.78	118.21	-5.43	4.81		
05:00:00	114.40	122.40	-8.00	6.99		
05:05:00	112.99	112.11	0.87	0.77		
05:10:00	110.08	113.45	-3.37	3.06		
05:15:00	123.02	117.18	5.84	4.75		
05:20:00	113.30	125.48	-12.19	10.76		
05:25:00	120.35	119.28	1.07	0.89		
05:30:00	116.38	129.47	-13.09	11.25		
05:35:00	113.57	120.80	-7.23	6.36		
05:40:00	121.74	120.97	0.77	0.64		
05:45:00	114.08	130.52	-16.44	14.41		
05:50:00	111.43	117.43	-6.00	5.38		
05:55:00	118.62	116.03	2.59	2.19		
06:00:00	131.71	124.11	7.60	5.77		

5.2.2 探針車估計旅行時間結果

運用 PARAMICS 模擬軟體軌跡車輛產生之資料，以進行探針車估計路段旅行時間及路徑旅行時間之結果(情境 2)，如表 5.2-3 所示。

表 5.2-3 探針車估計路段與路徑旅行時間之結果(偵測器有故障)

時間	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路徑旅行時間(秒)
04:05:00	14.49	14.93	14.98	14.97	15.00	15.22	15.48	105.06
04:10:00	16.79	17.31	17.93	18.26	17.96	17.75	17.22	123.23
04:15:00	16.03	16.28	16.96	17.18	16.70	17.97	18.37	119.48
04:20:00	15.88	17.48	17.66	17.72	18.24	17.96	18.00	122.94
04:25:00	15.93	16.44	15.76	16.42	17.06	16.75	17.37	115.73
04:30:00	15.16	15.88	17.09	17.70	17.74	17.77	17.89	119.22
04:35:00	15.39	15.27	15.66	15.03	15.30	15.57	15.68	107.89
04:40:00	16.22	16.37	16.59	17.12	15.88	15.02	15.48	112.67
04:45:00	16.59	16.36	16.85	17.24	17.79	17.65	17.73	120.21
04:50:00	14.57	14.39	14.83	15.25	15.98	16.47	16.64	108.13
04:55:00	15.39	15.48	15.51	15.74	15.62	16.09	16.12	109.96
05:00:00	15.94	16.27	16.58	17.23	18.43	18.78	18.53	121.76
05:05:00	14.95	15.02	15.28	15.50	16.38	16.54	16.39	110.05
05:10:00	14.55	14.20	14.74	15.61	15.87	15.63	15.43	106.02
05:15:00	15.42	16.18	16.11	14.87	15.03	14.97	15.12	107.71
05:20:00	14.63	14.82	15.10	16.02	15.85	16.19	16.55	109.16
05:25:00	14.78	15.06	15.29	15.20	16.48	16.78	17.00	110.59
05:30:00	14.92	15.89	16.93	17.44	17.54	17.97	17.33	118.01
05:35:00	15.05	15.05	14.98	16.27	16.64	16.49	16.51	110.99
05:40:00	14.83	15.97	16.01	16.29	16.58	17.56	17.60	114.85
05:45:00	17.22	17.58	17.58	17.50	16.66	17.35	18.92	122.82
05:50:00	14.33	14.95	15.38	16.29	17.14	17.26	16.21	111.55
05:55:00	14.23	14.46	14.78	14.80	14.78	15.59	15.82	104.47
06:00:00	15.19	16.23	16.94	17.09	17.17	17.17	17.13	116.91

以平均絕對誤差百分比(MAPE) 與均方根誤差(RMSE)作為評估指標，探針車估計車輛旅行時間之評估結果 MAPE 值為 5.52%、RMSE 值為 7.97，模擬真值與探針車估計旅行時間之平均絕對誤差百分比與均方根誤差，如表 5.2-4 所示。

表 5.2-4 探針車估計旅行時間統計評估表(偵測器有故障)

時間	旅行時間(秒)		MAPE		平均絕對 誤差百分 比(%)	均方根 誤差
	模擬真值	估計值	(A) - (B)	$[(A) - (B) / (A)] * 100$		
04:05:00	120.26	105.06	15.20	12.64	5.52	7.97
04:10:00	125.90	123.23	2.67	2.12		
04:15:00	110.78	119.48	-8.70	7.86		
04:20:00	120.98	122.94	-1.96	1.62		
04:25:00	125.28	115.73	9.56	7.63		
04:30:00	116.20	119.22	-3.02	2.60		
04:35:00	113.54	107.89	5.65	4.98		
04:40:00	118.34	112.67	5.67	4.79		
04:45:00	117.11	120.21	-3.09	2.64		
04:50:00	114.99	108.13	6.86	5.97		
04:55:00	112.78	109.96	2.83	2.51		
05:00:00	114.40	121.76	-7.36	6.43		
05:05:00	112.99	110.05	2.93	2.60		
05:10:00	110.08	106.02	4.06	3.69		
05:15:00	123.02	107.71	15.31	12.44		
05:20:00	113.30	109.16	4.14	3.65		
05:25:00	120.35	110.59	9.75	8.11		
05:30:00	116.38	118.01	-1.63	1.40		
05:35:00	113.57	110.99	2.58	2.27		
05:40:00	121.74	114.85	6.90	5.67		
05:45:00	114.08	122.82	-8.73	7.66		
05:50:00	111.43	111.55	-0.12	0.11		
05:55:00	118.62	104.47	14.15	11.93		
06:00:00	131.71	116.91	14.79	11.23		

5.2.3 資料融合估計旅行時間結果

運用 PRARMICS 模擬軟體所獲得之偵測器及探針車資料，進行偵測器與探針車資料融合模式估計路段旅行時間及路徑旅行時間之結果(情境 3)，如表 5.2-5 所示。

表 5.2-5 資料融合估計路段與路徑旅行時間之結果(偵測器有故障)

時間	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路徑旅行時間(秒)
04:05:00	14.49	14.93	14.98	14.97	15.00	15.22	16.39	105.98
04:10:00	16.79	17.31	17.93	18.26	17.96	17.75	17.03	123.03
04:15:00	16.03	16.28	16.96	17.18	16.70	17.97	18.26	119.38
04:20:00	15.88	17.48	17.66	17.72	18.24	17.96	17.81	122.74
04:25:00	15.93	16.44	15.76	16.42	17.06	16.75	17.34	115.70
04:30:00	15.16	15.88	17.09	17.70	17.74	17.77	18.39	119.72
04:35:00	15.39	15.27	15.66	15.03	15.30	15.57	15.87	108.07
04:40:00	16.22	16.37	16.59	17.12	15.88	15.02	16.06	113.25
04:45:00	16.59	16.36	16.85	17.24	17.79	17.65	17.62	120.10
04:50:00	14.57	14.39	14.83	15.25	15.98	16.47	17.66	109.15
04:55:00	15.39	15.48	15.51	15.74	15.62	16.09	16.56	110.39
05:00:00	15.94	16.27	16.58	17.23	18.43	18.78	18.06	121.28
05:05:00	14.95	15.02	15.28	15.50	16.38	16.54	16.14	109.80
05:10:00	14.55	14.20	14.74	15.61	15.87	15.63	16.02	106.61
05:15:00	15.42	16.18	16.11	14.87	15.03	14.97	15.85	108.44
05:20:00	14.63	14.82	15.10	16.02	15.85	16.19	17.50	110.12
05:25:00	14.78	15.06	15.29	15.20	16.48	16.78	17.02	110.61
05:30:00	14.92	15.89	16.93	17.44	17.54	17.97	17.75	118.43
05:35:00	15.05	15.05	14.98	16.27	16.64	16.49	17.05	111.53
05:40:00	14.83	15.97	16.01	16.29	16.58	17.56	17.59	114.83
05:45:00	17.22	17.58	17.58	17.50	16.66	17.35	18.85	122.75
05:50:00	14.33	14.95	15.38	16.29	17.14	17.26	16.61	111.96
05:55:00	14.23	14.46	14.78	14.80	14.78	15.59	16.08	104.73
06:00:00	15.19	16.23	16.94	17.09	17.17	17.17	17.45	117.23

以平均絕對誤差百分比(MAPE) 與均方根誤差(RMSE)作為評估指標，偵測器與探針車資料融合模式估計車輛旅行時間之評估結果 MAPE 值為 5.32%、RMSE 值為 7.69，模擬真值與資料融合估計旅行時間之平均絕對誤差百分比與均方根誤差，如表 5.2-6 所示。

表 5.2-6 資料融合估計旅行時間統計評估表(偵測器有故障)

時間	旅行時間(秒)		MAPE		平均絕對誤差百分比	均方根誤差
	模擬真值	估計值	(A)-(B)	$[(A)-(B)/(A)]*100$		
04:05:00	120.26	105.98	14.29	11.88	5.32	7.69
04:10:00	125.90	123.03	2.86	2.27		
04:15:00	110.78	119.38	-8.60	7.76		
04:20:00	120.98	122.74	-1.76	1.46		
04:25:00	125.28	115.70	9.58	7.65		
04:30:00	116.20	119.72	-3.52	3.03		
04:35:00	113.54	108.07	5.47	4.82		
04:40:00	118.34	113.25	5.09	4.30		
04:45:00	117.11	120.10	-2.99	2.55		
04:50:00	114.99	109.15	5.84	5.08		
04:55:00	112.78	110.39	2.39	2.12		
05:00:00	114.40	121.28	-6.88	6.01		
05:05:00	112.99	109.80	3.19	2.82		
05:10:00	110.08	106.61	3.47	3.15		
05:15:00	123.02	108.44	14.58	11.85		
05:20:00	113.30	110.12	3.18	2.81		
05:25:00	120.35	110.61	9.73	8.09		
05:30:00	116.38	118.43	-2.05	1.76		
05:35:00	113.57	111.53	2.04	1.80		
05:40:00	121.74	114.83	6.91	5.68		
05:45:00	114.08	122.75	-8.67	7.60		
05:50:00	111.43	111.96	-0.52	0.47		
05:55:00	118.62	104.73	13.89	11.71		
06:00:00	131.71	117.23	14.47	10.99		

5.3 探針車數量多寡之測試與分析

本節探討探針車數量對旅行時間估計準確度之影響。茲以 PRARMICS 模擬軟體所獲得之探針車資料，以模擬時間 120 分鐘，O-D 車輛數共 5,000 輛，探針車數量共給予 150 輛，分為 50 輛，100 輛及 150 輛，分別討論各值與模擬真值之誤差差異，探針車數量(1%、2%、3%)估計路段旅行時間及路徑旅行時間之結果，如表 5.3-1、5.3-2、5.3-3 所示。探針車數量估計路徑旅行時間總表，如表 5.3-4 所示。

表 5.3-1 探針車(1%輛)估計路段與路徑旅行時間之結果

時間	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路徑旅行時間 (秒)
04:05:00	13.93	14.00	14.07	14.36	14.23	14.37	14.52	99.49
04:10:00	17.96	16.61	17.35	17.69	17.33	17.85	16.77	121.54
04:15:00	14.80	15.33	15.62	16.30	16.87	17.01	18.20	114.13
04:20:00	15.22	17.22	17.44	17.41	17.55	17.45	17.50	119.79
04:25:00	15.03	16.14	14.76	16.00	15.75	16.00	16.07	109.75
04:30:00	15.07	15.17	16.78	17.20	17.25	17.08	17.12	115.67
04:35:00	14.67	14.68	14.85	15.08	15.08	15.48	15.50	105.34
04:40:00	16.24	16.25	16.25	16.25	16.34	14.58	15.07	110.98
04:45:00	16.39	16.46	16.69	16.60	16.72	16.37	16.49	115.72
04:50:00	13.92	13.75	14.88	14.97	16.95	17.84	18.15	110.46
04:55:00	14.98	15.13	15.15	15.58	15.56	15.46	15.62	107.49
05:00:00	15.67	16.01	16.00	17.09	17.86	18.19	18.25	119.06
05:05:00	13.45	13.54	14.25	14.26	15.88	15.42	14.87	101.68
05:10:00	14.67	14.48	15.37	17.69	17.70	17.70	17.27	114.88
05:15:00	15.68	16.09	15.15	13.67	14.24	13.75	13.75	102.32
05:20:00	14.18	14.30	14.50	15.41	15.82	15.93	16.25	106.39
05:25:00	15.71	15.93	16.62	16.58	16.75	16.53	16.48	114.61
05:30:00	15.89	16.49	17.51	17.91	17.75	17.91	17.25	120.73
05:35:00	14.76	14.92	13.88	14.53	14.61	14.69	14.57	101.96
05:40:00	15.28	16.51	16.35	16.37	16.52	17.91	17.48	116.41
05:45:00	16.52	17.00	16.50	16.75	17.00	17.18	18.46	119.41
05:50:00	13.33	13.88	15.58	16.01	16.00	15.01	15.00	104.81
05:55:00	13.22	13.62	13.51	13.50	14.07	15.00	15.54	98.46
06:00:00	14.50	15.58	15.64	16.11	16.33	16.33	16.32	110.82

表 5.3-2 探針車(2%輛)估計路段與路徑旅行時間之結果

時間	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路徑旅行時間(秒)
04:05:00	13.87	14.14	14.22	14.31	14.36	14.57	14.92	100.41
04:10:00	17.61	17.67	18.52	18.62	18.21	18.50	18.08	127.20
04:15:00	16.02	16.29	17.22	17.67	17.08	17.73	18.32	120.34
04:20:00	15.16	17.12	17.43	17.41	18.24	18.56	18.62	122.54
04:25:00	15.26	16.18	14.88	15.88	15.88	16.05	16.14	110.26
04:30:00	14.79	15.34	17.10	17.75	17.84	17.84	17.99	118.64
04:35:00	15.25	15.60	15.61	15.05	15.00	15.22	15.25	106.99
04:40:00	16.25	16.34	16.38	16.83	16.93	15.86	16.06	114.65
04:45:00	16.55	16.42	16.81	17.10	17.18	16.95	17.08	118.09
04:50:00	13.75	13.90	14.42	15.13	16.18	16.67	17.01	107.07
04:55:00	15.41	15.40	15.67	15.86	15.65	15.65	15.73	109.37
05:00:00	16.41	16.95	17.00	17.82	19.01	19.11	19.28	125.57
05:05:00	14.23	14.40	14.88	15.06	16.48	16.68	16.43	108.16
05:10:00	14.98	14.37	14.84	16.15	16.50	16.14	15.89	108.88
05:15:00	15.55	17.02	16.46	15.14	15.23	14.93	14.94	109.26
05:20:00	14.17	14.35	14.37	15.41	15.88	16.18	16.82	107.19
05:25:00	15.11	15.32	15.64	15.61	15.95	16.48	16.54	110.65
05:30:00	15.09	15.96	17.03	17.78	17.75	17.91	17.30	118.82
05:35:00	15.05	14.97	14.96	16.25	16.29	16.23	16.16	109.92
05:40:00	15.24	16.30	16.17	16.27	16.71	17.77	17.51	115.97
05:45:00	17.92	18.25	18.12	18.13	16.76	17.64	18.50	125.31
05:50:00	14.72	15.29	16.07	17.15	17.90	18.34	17.31	116.79
05:55:00	13.65	14.06	14.30	14.33	14.30	15.25	15.70	101.59
06:00:00	14.97	16.11	16.24	16.47	16.58	16.58	16.60	113.56

表 5.3-3 探針車(3%輛)估計路段與路徑旅行時間之結果

時間	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路徑旅行時間(秒)
04:05:00	14.49	14.93	14.98	14.97	15.00	15.22	15.48	105.06
04:10:00	16.79	17.31	17.93	18.26	17.96	17.75	17.22	123.23
04:15:00	16.03	16.28	16.96	17.18	16.70	17.97	18.37	119.48
04:20:00	15.88	17.48	17.66	17.72	18.24	17.96	18.00	122.94
04:25:00	15.93	16.44	15.76	16.42	17.06	16.75	17.37	115.73
04:30:00	15.16	15.88	17.09	17.70	17.74	17.77	17.89	119.22
04:35:00	15.39	15.27	15.66	15.03	15.30	15.57	15.68	107.89
04:40:00	16.22	16.37	16.59	17.12	15.88	15.02	15.48	112.67
04:45:00	16.59	16.36	16.85	17.24	17.79	17.65	17.73	120.21
04:50:00	14.57	14.39	14.83	15.25	15.98	16.47	16.64	108.13
04:55:00	15.39	15.48	15.51	15.74	15.62	16.09	16.12	109.96
05:00:00	15.94	16.27	16.58	17.23	18.43	18.78	18.53	121.76
05:05:00	14.95	15.02	15.28	15.50	16.38	16.54	16.39	110.05
05:10:00	14.55	14.20	14.74	15.61	15.87	15.63	15.43	106.02
05:15:00	15.42	16.18	16.11	14.87	15.03	14.97	15.12	107.71
05:20:00	14.63	14.82	15.10	16.02	15.85	16.19	16.55	109.16
05:25:00	14.78	15.06	15.29	15.20	16.48	16.78	17.00	110.59
05:30:00	14.92	15.89	16.93	17.44	17.54	17.97	17.33	118.01
05:35:00	15.05	15.05	14.98	16.27	16.64	16.49	16.51	110.99
05:40:00	14.83	15.97	16.01	16.29	16.58	17.56	17.60	114.85
05:45:00	17.22	17.58	17.58	17.50	16.66	17.35	18.92	122.82
05:50:00	14.33	14.95	15.38	16.29	17.14	17.26	16.21	111.55
05:55:00	14.23	14.46	14.78	14.80	14.78	15.59	15.82	104.47
06:00:00	15.19	16.23	16.94	17.09	17.17	17.17	17.13	116.91

表 5.3-4 探針車數量估計路徑旅行時間總表

時間	時間間隔	Probe 估計路徑旅行時間			
		(100%輛, 秒)	(1%輛, 秒)	(2%輛, 秒)	(3%輛, 秒)
04:05:00	5	120.26	99.49	100.40	105.06
04:10:00	10	125.89	121.54	127.20	123.23
04:15:00	15	110.77	114.13	120.33	119.48
04:20:00	20	120.98	119.78	122.53	122.93
04:25:00	25	125.28	109.75	110.26	115.72
04:30:00	30	116.20	115.67	118.63	119.22
04:35:00	35	113.54	105.33	106.98	107.89
04:40:00	40	118.34	110.97	114.64	112.66
04:45:00	45	117.11	115.72	118.09	120.20
04:50:00	50	114.99	110.45	107.06	108.12
04:55:00	55	112.78	107.49	109.36	109.95
05:00:00	60	114.40	119.06	125.56	121.75
05:05:00	65	112.98	101.67	108.15	110.05
05:10:00	70	110.07	114.87	108.88	106.01
05:15:00	75	123.02	102.31	109.26	107.71
05:20:00	80	113.29	106.39	107.19	109.15
05:25:00	85	120.34	114.61	110.64	110.59
05:30:00	90	116.38	120.72	118.81	118.00
05:35:00	95	113.56	101.95	109.91	110.98
05:40:00	100	121.74	116.41	115.96	114.84
05:45:00	105	114.08	119.41	125.31	122.81
05:50:00	110	111.43	104.81	116.79	111.55
05:55:00	115	118.62	98.45	101.59	104.47
06:00:00	120	131.70	110.81	113.56	116.91

以平均絕對誤差百分比(MAPE) 與均方根誤差(RMSE)作為評估指標，探針車數量(1%、2%、3%)估計車輛旅行時間之評估結果 MAPE 值分別為 7.03%、6.41%、5.52%；RMSE 值分別為 10.52、9.47、7.97，模擬真值與探針車估計旅行時間之平均絕對誤差百分比與均方根誤差，如表 5.3-5、5.3-6、5.3-7 所示。

表 5.3-5 探針車(1%輛)估計旅行時間統計評估表

時間	旅行時間(秒)		MAPE		平均絕對 誤差百分 比(%)	均方根 誤差
	模擬真值	估計值	(A)-(B)	$[(A)-(B)/(A)]*100$		
04:05:00	120.26	99.49	20.77	17.27	7.03	10.52
04:10:00	125.90	121.54	4.35	3.46		
04:15:00	110.78	114.13	-3.35	3.03		
04:20:00	120.98	119.79	1.20	0.99		
04:25:00	125.28	109.75	15.53	12.40		
04:30:00	116.20	115.67	0.53	0.46		
04:35:00	113.54	105.34	8.21	7.23		
04:40:00	118.34	110.98	7.37	6.22		
04:45:00	117.11	115.72	1.39	1.19		
04:50:00	114.99	110.46	4.54	3.94		
04:55:00	112.78	107.49	5.29	4.69		
05:00:00	114.40	119.06	-4.66	4.07		
05:05:00	112.99	101.68	11.31	10.01		
05:10:00	110.08	114.88	-4.80	4.36		
05:15:00	123.02	102.32	20.70	16.83		
05:20:00	113.30	106.39	6.90	6.09		
05:25:00	120.35	114.61	5.73	4.76		
05:30:00	116.38	120.73	-4.35	3.73		
05:35:00	113.57	101.96	11.61	10.23		
05:40:00	121.74	116.41	5.33	4.38		
05:45:00	114.08	119.41	-5.33	4.67		
05:50:00	111.43	104.81	6.62	5.94		
05:55:00	118.62	98.46	20.17	17.00		
06:00:00	131.71	110.82	20.89	15.86		

表 5.3-6 探針車(2%輛)估計旅行時間統計評估表

時間	旅行時間(秒)		MAPE		平均絕對 誤差百分 比(%)	均方根 誤差
	模擬真值	估計值	(A)-(B)	$([(A)-(B)/(A)]) * 100$		
04:05:00	120.26	100.41	19.86	16.51	6.41	9.47
04:10:00	125.90	127.20	-1.31	1.04		
04:15:00	110.78	120.34	-9.56	8.63		
04:20:00	120.98	122.54	-1.55	1.28		
04:25:00	125.28	110.26	15.02	11.99		
04:30:00	116.20	118.64	-2.44	2.10		
04:35:00	113.54	106.99	6.56	5.78		
04:40:00	118.34	114.65	3.69	3.12		
04:45:00	117.11	118.09	-0.98	0.83		
04:50:00	114.99	107.07	7.92	6.89		
04:55:00	112.78	109.37	3.42	3.03		
05:00:00	114.40	125.57	-11.16	9.76		
05:05:00	112.99	108.16	4.83	4.28		
05:10:00	110.08	108.88	1.20	1.09		
05:15:00	123.02	109.26	13.76	11.18		
05:20:00	113.30	107.19	6.11	5.39		
05:25:00	120.35	110.65	9.70	8.06		
05:30:00	116.38	118.82	-2.44	2.10		
05:35:00	113.57	109.92	3.65	3.22		
05:40:00	121.74	115.97	5.78	4.75		
05:45:00	114.08	125.31	-11.23	9.84		
05:50:00	111.43	116.79	-5.36	4.81		
05:55:00	118.62	101.59	17.03	14.36		
06:00:00	131.71	113.56	18.14	13.78		

表 5.3-7 探針車(3%輛)估計旅行時間統計評估表

時間	旅行時間(秒)		MAPE		平均絕對 誤差百分 比(%)	均方根 誤差
	模擬真值	估計值	(A)-(B)	$[(A)-(B)/(A)]*100$		
04:05:00	120.26	105.06	15.20	12.64	5.52	7.97
04:10:00	125.90	123.23	2.67	2.12		
04:15:00	110.78	119.48	-8.70	7.86		
04:20:00	120.98	122.94	-1.96	1.62		
04:25:00	125.28	115.73	9.56	7.63		
04:30:00	116.20	119.22	-3.02	2.60		
04:35:00	113.54	107.89	5.65	4.98		
04:40:00	118.34	112.67	5.67	4.79		
04:45:00	117.11	120.21	-3.09	2.64		
04:50:00	114.99	108.13	6.86	5.97		
04:55:00	112.78	109.96	2.83	2.51		
05:00:00	114.40	121.76	-7.36	6.43		
05:05:00	112.99	110.05	2.93	2.60		
05:10:00	110.08	106.02	4.06	3.69		
05:15:00	123.02	107.71	15.31	12.44		
05:20:00	113.30	109.16	4.14	3.65		
05:25:00	120.35	110.59	9.75	8.11		
05:30:00	116.38	118.01	-1.63	1.40		
05:35:00	113.57	110.99	2.58	2.27		
05:40:00	121.74	114.85	6.90	5.67		
05:45:00	114.08	122.82	-8.73	7.66		
05:50:00	111.43	111.55	-0.12	0.11		
05:55:00	118.62	104.47	14.15	11.93		
06:00:00	131.71	116.91	14.79	11.23		

綜合上述之探針車數量情形下之模式評估結果，如表 5.3-8 所示。由比較結果可發現當探針車數量愈多時，估計誤差亦為遞減，故探針車數量之多寡亦影響估計之準確度，探針車數量多寡估計路徑旅行時間結果，如圖 5.3.1 所示。

表 5.3-8 探針車數量情形下之模式評估結果

探針車路輛	評估方法	平均絕對誤差百分比(MAPE)	均方根誤差(RMSE)
探針車 50 輛		7.03%	10.52
探針車 100 輛		6.41%	9.47
探針車 150 輛		5.52%	7.97

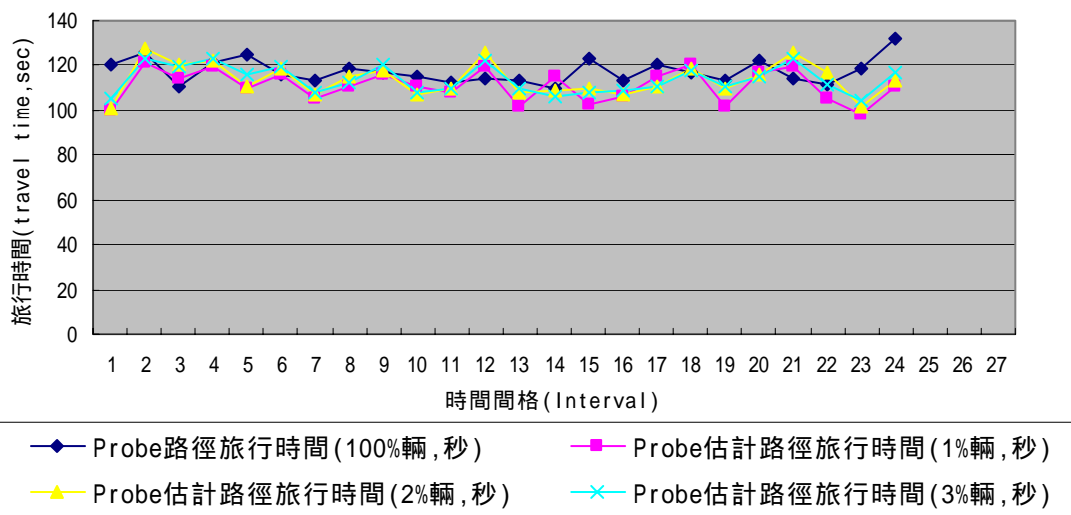


圖 5.3.1 探針車數量多寡估計路徑旅行時間結果

探針車數量平均絕對誤差百分比(MAPE) 與均方根誤差(RMSE)之結果比較，如圖 5.3.2、5.3.3 所示，圖中可看出旅行時間估計誤差隨探針車數量增加有遞減之趨勢。

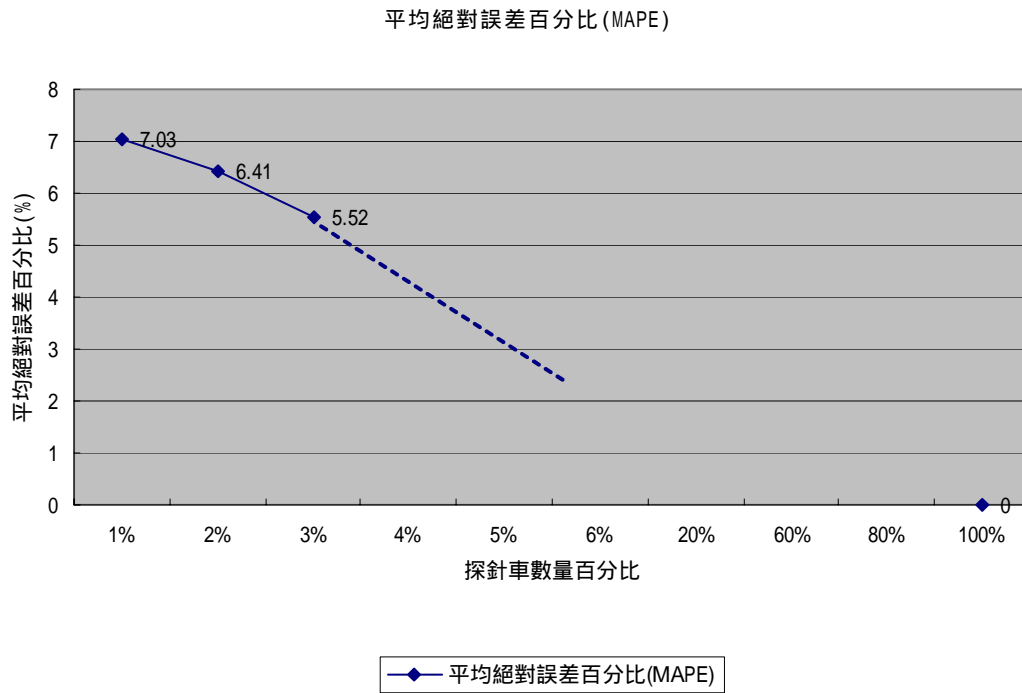


圖 5.3.2 探針車數量平均絕對誤差百分比(MAPE)之比較結果

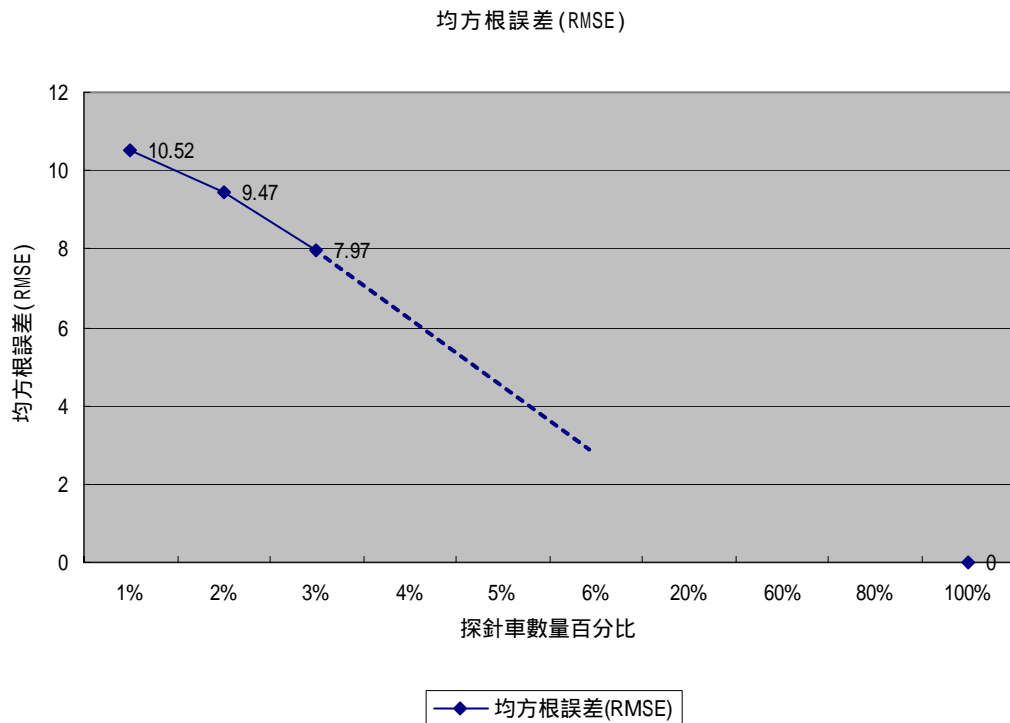


圖 5.3.3 探針車數量均方根誤差(RMSE)之比較結果

5.4 資料融合模式結果綜合比較

綜合上述方案 1 之低流量(Low Density)，偵測器無故障且偵測器佈設密集之狀態，與方案 2 之低流量(Low Density)，偵測器出現故障，僅前後端之偵測器正常運作，亦可視為當偵測器佈設距離較長之狀態。兩種交通型態皆可有效進行偵測器旅行時間、探針車旅行時間、以及偵測器與探針車資料融合旅行時間三種情境之估計，其評估比較如表 5.4-1 與表 5.4-2 所示；估計旅行時間結果，如圖 5.4.1、5.4.2 所示。

方案一結果顯示單純運用固定式偵測器估計車輛旅行時間模式，比運用偵測器與探針車資料融合估計車輛旅行時間模式結果之準確度高，探究其原因為三：

- 主要原因在於探針車輛之不足。相關文獻中探討探針車數量約需占總車輛數 5~7%，方能使估計較為精準。而本研究實驗路網探針車給予數量為模擬車輛數之 3%，使得探針車估計旅行時間之準確度比偵測器估計旅行時間甚低。
- 其次在於實驗設計佈設偵測器密集，本研究偵測器偵測距離為 500 公尺佈設一組偵測器，符合國內外相關研究中，佈設位置於 300-800 公尺之間，其所估計之車輛旅行時間較為精準。
- 其他則因於使用模擬環境下產生之資料，並無法產生資料錯誤之誤差情形，而其估計之誤差只有模式本身之誤差，無法充分表現現實路網中，資料亦受種種原因而使資料誤差所導致估計誤差甚大。

方案二結果顯示資料融合確實能補足當路段中固定式偵測器發生故障，及當偵測器佈設距離較長時，運用行駛於路段中之探針車所蒐集之資料進行交通資料融合估計，可以補足路段基本交通資料庫之充分性，以提昇整體估計之效用。

表 5.4-1 偵測器無故障情形下之情境模式評估結果

評估方法 情境	平均絕對誤差百分比(MAPE)	均方根誤差(RMSE)
偵測器估計旅行時間	3.79%	5.11
探針車估計旅行時間	5.52%	7.97
資料融合估計旅行時間	4.30%	6.19

表 5.4-2 偵測器有故障情形下之情境模式評估結果

評估方法 情境	平均絕對誤差百分比(MAPE)	均方根誤差(RMSE)
偵測器估計旅行時間	5.92%	8.59
探針車估計旅行時間	5.52%	7.97
資料融合估計旅行時間	5.32%	7.69

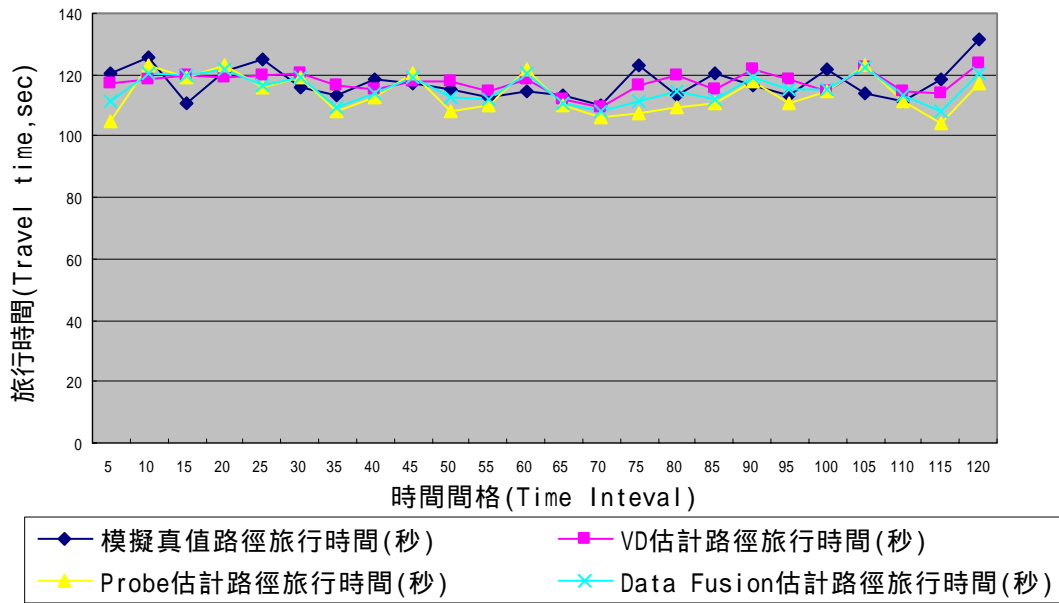


圖 5.4.1 偵測器無故障情形下之估計旅行時間結果

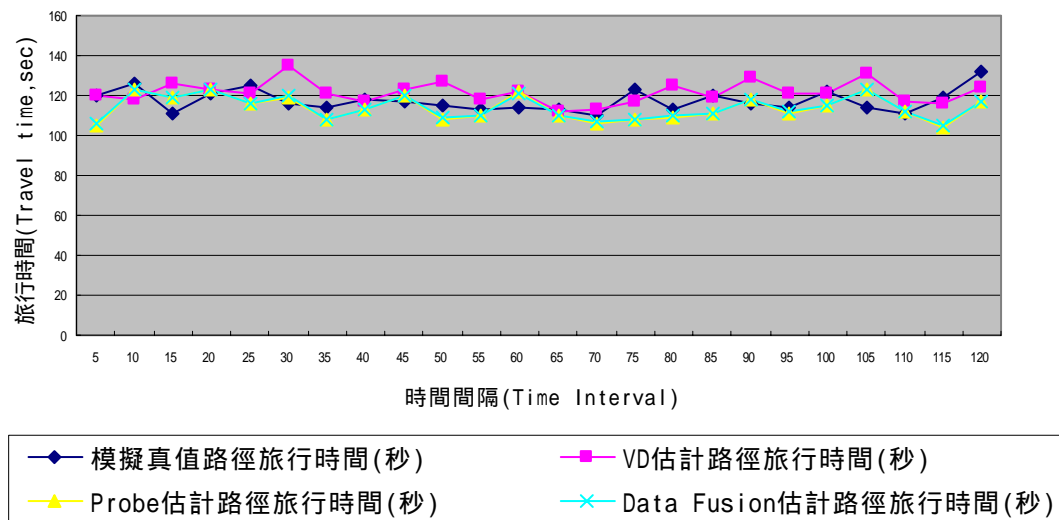


圖 5.4.2 偵測器有故障情形下之估計旅行時間結果