

市區路口時制的時段劃分之研擬

楊宗璟¹
艾嘉銘²
黃啟倡³
盧修群⁴

摘要

透過車流的管控，不但可以促進暢流，也可以同時減少違規，減輕執法負荷並提升道路安全，故路口時制計畫的改善，為應隨時車流變化的狀態，達到上述的目標，其進行步驟，包括群組劃分、時段劃分、時制研擬、時制評估等四個項目。其中時段劃分，與流量的波動有關，目前的做法多是透過人工調查長時段交通量資料或車輛偵測器之流量資料，利用統計方法來進行人工時段劃分。因此本研究期能夠透過車流錄影擷取流量資料，與本研究提出之方法來自動產生時段劃分的結果，應能對時制設計的自動化提出具體的貢獻，故本研究擬提出一種簡易的時段劃分方法，即利用長時段流量資料的百分比高低位置，將全天劃分成數個時段，以符合時段內流量差異較小而時段間流量差異較大的原則，並與常用的K-Means方法比較。本研究以民國99年10月之臺中市重要幹道中港路-文心路路口人工觀察錄影過程中的流量資料進行分析探討，並使用Synchro時制模擬軟體來評估兩種方法在時制績效的表現。研究的結果顯示，兩種方法所產製的時制計畫相差不大，而且經評估後，兩種計畫的路口延滯時間相近，但本研究提出之百分位方法可同時額外提供區分不同時段之車流門檻值，可作為選擇時段劃分之門檻值的參考，更可用於設計彈性定時時制的基礎，對於未來即可透過車輛偵測器之歷史資料來達到時段劃分自動化的效果。

關鍵詞：時段劃分、百分比方法、K-Means方法、時制研擬與評估。

一、前言

透過車流的管控，不但可以促進暢流，也可以同時減少違規，減輕執法負荷並提升道路安全，故目前若干縣市每年均編列相當的經費，進行路口時制計畫的改善，以期因應隨時車流變化的狀態，達到上述的目標，而其進行

¹ 逢甲大學運輸科技與管理學系副教授（聯絡地址：臺中市407西屯區文華路100號，電話：04-24517250轉4665，E-mail: czyang@fcu.edu.tw）。

² 逢甲大學運輸科技與管理學系副教授（聯絡地址：臺中市407西屯區文華路100號，電話：04-24517250轉4657，E-mail: cmai@fcu.edu.tw）。

³ 逢甲大學土木及水利工程博士學位學程博士生（聯絡地址：台中市西屯區文華路100號，電話：04-24517252轉4520，E-mail: canbyhuang@mail.fcu.edu.tw）。

⁴ 逢甲大學運輸科技與管理學系碩士生（聯絡地址：台中市西屯區文華路100號，電話：04-24517252轉4676，E-mail: d9635582@mail.fcu.edu.tw）。

的步驟，包括了群組劃分、時段劃分、時制研擬、時制評估等四個項目，本研究將以後述的三者為範圍。以往市區號誌重整之時段劃分是以交通流量調查之數據做為劃分之依據，其調查方式通常是透過人工。亦有學者提出透過路口及時監控系統觀察交通流量以及開發軟體之應用，再進一步透過遠端操作更改該時段號誌之時制，該方式除了可以減輕交警執勤負擔，也可取代交控人員之工作(陳宏毅，2004)。而本研究希望利用 99 年臺中市時制重整計劃(台中市政府，2011)之便，先針對流量較大的中港路與文心路交岔路口之交通狀況進行長時段的錄影，再由傳統人工觀察的方式計算幹道的流量，並且進一步做時段的劃分。此種方式除了可以減少實際調查所衍生的危險之外，也可以重複觀察以提高正確性。

曾有學者提出利用觸動號誌可以運用較彈性的方式控制時制，但是此種方式除了會提高時制設計之複雜度之外，還需要在每一路口裝設感應器，如此一來會徒增建設成本(蘇志強等人，1997)。至於本研究並未利用儀器隨時蒐集幹支道的流量資料，無法進行彈性調控，只將運用所調查到的特定日期之幹道長時段交通量，先將其按高低排序區分不同交通流量之時制，即利用長時段流量資料的百分比位置高低排序，將全天劃分成數個時段，以符合時段內流量差異較小而時段間流量差異較大的原則，並與 K-Means 法比較時段劃分之結果，故屬於預先離線作業的定時時制計畫之一種。

目前時段劃分大多以「固定時制」之觀點進行，此種時制較為固定，下載指令時的錯誤率也較低，惟無法面對突如其來之交通量變化，而且該時制計畫通常需要一季或是半年才得以更新(林良泰等人，1996)。因此本研究在時段劃分方面欲以固定某日「特定門檻值」之方式變換時制，如此可以在短時間內利用幹道特定日期之流量資料對連鎖號誌之時制做更新。

但是由於傳統「固定時制」之時制計畫，是依據既定的時間以及交通流量給予不同的時制計畫，此種方式在更新時制時會需要人為的研判以及較高的時間成本，因此本研究試著比較傳統的時段劃分與由數字計算自動產生「特定門檻值」的時段劃分，兩種時制計畫之差異，並希望可以在未來時制重整計畫方面給予正面的幫助。

在時制研擬部分，傳統時制研擬的方式是將長時段路口之交通流量做分析之後，歸納出尖、離峰時段予以不同時制。依 1998 年美國 HCM 用以描述路口服務水準的內容，其分析的時段皆採用 15 分鐘為單位之原因在於：(1)以短時段的分析結果可真實反映交通需求；(2)長時段無法反應個別駕駛人延滯之差異；(3)號誌時段轉換約需兩個週期才得以完成。再者也有學者是依循此種時制的劃分方式，再配合 K-means 集群分析給予不同的時制計畫(林良泰等人，2007)。

本研究欲使用 Synchro 號誌模擬軟體，模擬本研究時制計畫之績效，其主要是因為該軟體可以與美國公路容量手冊 HCM 相容，又可與公路容量分析軟體 HCS 及車流模擬軟體 SimTraffic 相互銜接，另外尚具有道路容量分析、服務水準評估以及號誌時制設計等多項功能，Synchro 也因此特色而受到廣泛使用。

本研究除了利用號誌模擬軟體 Synchro，研擬新的時制計畫之外，本研究也將納入交叉路口進入道路之寬度、禁止左轉、轉向比、等候線長度及主要幹道之相交道路車道數等五項準則(林良泰等人, 1999)，檢視其路口績效。

本研究的其他主要內容將依資料的來源，傳統 K-Means 方法之說明與應用，固定門檻值之百分位法說明與應用，兩種方法完成後的時制研擬之比較以及彙整結論與建議等，分節依序敘述如下。

二、資料來源與整理

本研究將以台中港路段(朝富路-忠明路)來驗證 K-mean 與百分位法之績效表現，研究路段如圖 1 所示，目前此路段之尖峰時制週期為 180 秒，離峰時制週期為 150 秒，時段劃分主要是要了解時制的運用是否合宜，是否於車流尖峰時，但因使用離峰時制而造成路口、路段的壅塞情形；是否於車流離峰時，但因使用尖峰時制，造成時制的浪費與損失。此路段係中以文心路口之交通量較大，因此選定此路口進行時段劃分，並以上述段路來評估兩種方法之績效。

本研究由 99 年度臺中交控計畫中，獲取臺中港路文心路口之長時段交通量資料，此資料係為 99 年 10 月 26(二)所調查獲得，調查時間為早上 7 點至晚上 11 點，其係利用於路口架設攝影機來拍攝路口流量影像，事後再利用人工來觀看慢速撥放的影片，以此完整蒐集長時段資料，並確保資料的正確性與可靠性。

在資料整理方面，以每 15 分鐘一筆來呈現，因此從 07:00~23:00 共有 64 筆資料，如表 1 所示，表中所呈現的流量係為臺中港路(幹道)雙向之流量，單位為 PCU，可看出臺中港路雙向流量每 15 分鐘約在 1100PCU~1900PCU 之間。並將此資料利用圖形來呈現，可看出流量變化，如圖 2 所示。

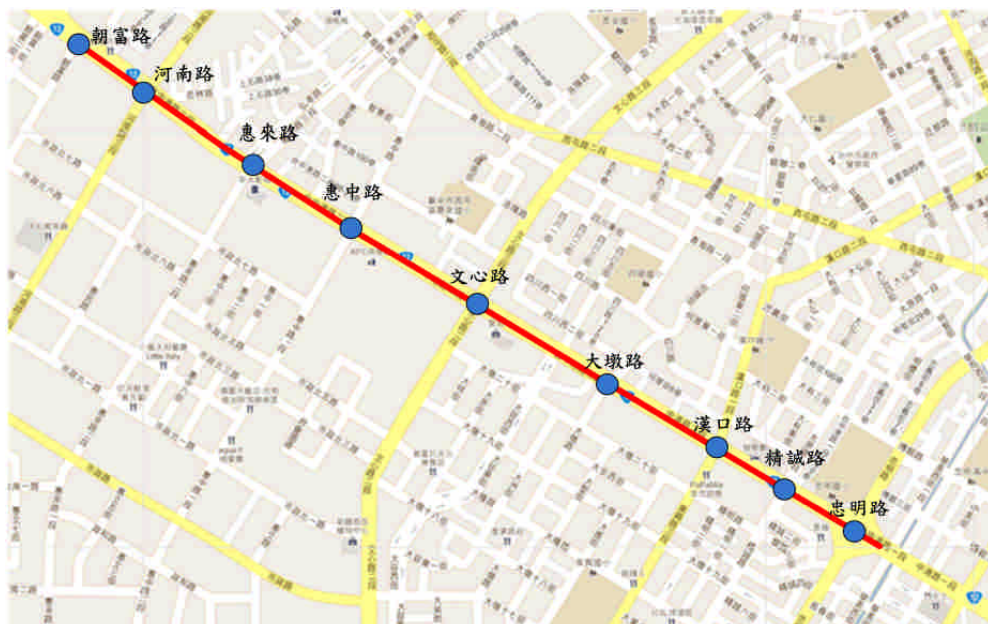


圖 1 研究路段圖

表 1 臺中港路-文心路口長時段流量表

編號	時刻	流量	編號	時刻	流量
1	07:00~07:15	1380	33	15:00~15:15	1446
2	07:15~07:30	1463	34	15:15~15:30	1857
3	07:30~07:45	1693	35	15:30~15:45	1583
4	07:45~08:00	1613	36	15:45~16:00	1587
5	08:00~08:15	1639	37	16:00~16:15	1528
6	08:15~08:30	1610	38	16:15~16:30	1541
7	08:30~08:45	1537	39	16:30~16:45	1478
8	08:45~09:00	1501	40	16:45~17:00	1439
9	09:00~09:15	1316	41	17:00~17:15	1370
10	09:15~09:30	1370	42	17:15~17:30	1789
11	09:30~09:45	1311	43	17:30~17:45	1785
12	09:45~10:00	1416	44	17:45~18:00	1879
13	10:00~10:15	1312	45	18:00~18:15	1777
14	10:15~10:30	1391	46	18:15~18:30	1821
15	10:30~10:45	1592	47	18:30~18:45	1631
16	10:45~11:00	1205	48	18:45~19:00	1804
17	11:00~11:15	1208	49	19:00~19:15	1633
18	11:15~11:30	1215	50	19:15~19:30	1596
19	11:30~11:45	1366	51	19:30~19:45	1387
20	11:45~12:00	1249	52	19:45~20:00	1370
21	12:00~12:15	1241	53	20:00~20:15	1164
22	12:15~12:30	1180	54	20:15~20:30	1163
23	12:30~12:45	1149	55	20:30~20:45	1138
24	12:45~13:00	1062	56	20:45~21:00	1166
25	13:00~13:15	1175	57	21:00~21:15	1175
26	13:15~13:30	1423	58	21:15~21:30	1251
27	13:30~13:45	1457	59	21:30~21:45	1180
28	13:45~14:00	1475	60	21:45~22:00	1235
29	14:00~14:15	1529	61	22:00~22:15	1108
30	14:15~14:30	1484	62	22:15~22:30	1154
31	14:30~14:45	1423	63	22:30~22:45	885
32	14:45~15:00	1493	64	22:45~23:00	620

單位：PCU

資料來源：99 年臺中交控計畫案提供，本研究整理。

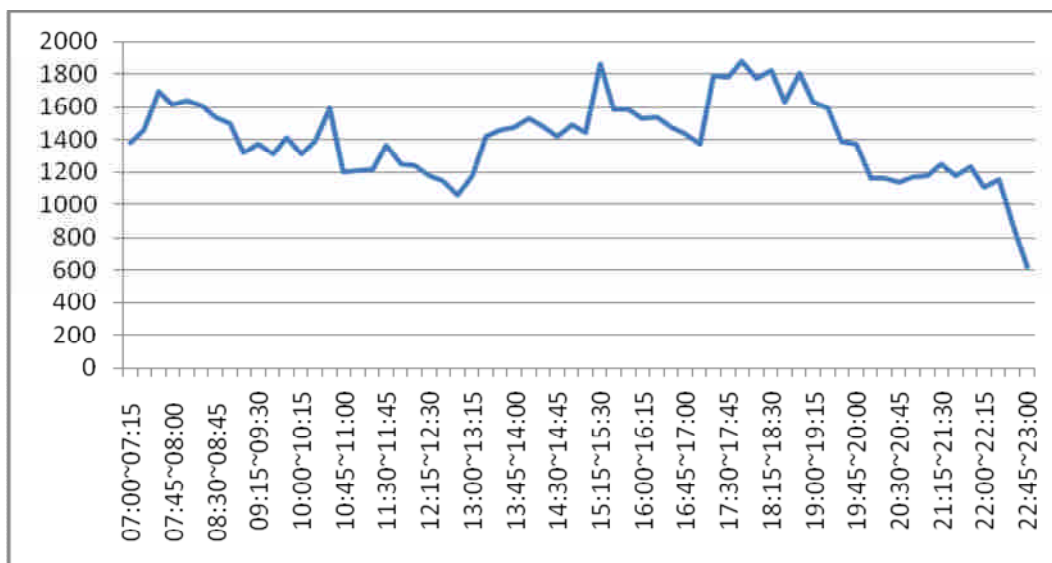


圖 2 臺中港路-文心路長時段流量圖

三、K-Means 方法之時段劃分方法與結果

本章節將說明 K-Means 時段劃分方法，以及利用上述資料來劃分後之結果。

3.1 K-Means 方法之時段劃分方法

K-mean 演算法是非階層式集群分析法中最廣為人知的方法，由 MacQueen(1967)提出，其具有操作簡單，適用於較大的資料集合及可擴充性高等優點，可以快速有效地將路網長時段交通量劃分。

時段劃分將依據長時段調查所蒐集之路口轉向交通量進行劃分，本研究利用上述資料進行 K-means 演算法求解，將蒐集到每一單位時段分類觀察相鄰兩時段之所屬分群是否相同，相同者時段合併、若不相同就將時段切割。為避免時制更換頻率過高，使得不同時制轉換之延滯時間造成駕駛人困擾，以一天分為 3~4 個時段為最佳(K=2 或 K=3)，每段分割間距為一小時，再參考劃分之情形進行調整，使其於每小時整點或 30 分時為劃分點，進行最終劃分之確定。

3.2 K-Means 方法之時段劃分結果

依上述 K-mean 方法進行劃分，其結果如圖 3 所示，共有 4 個時段，分別命名為上午尖峰時段(適用第 1 時段的時制)、白天離峰時段(適用第 2 時段的時制)、下午至晚上尖峰時段(適用第 3 時段的時制)、晚上離峰時段(適用第 4 時段的時制)，而其詳細的分段時間如表 2 所示。

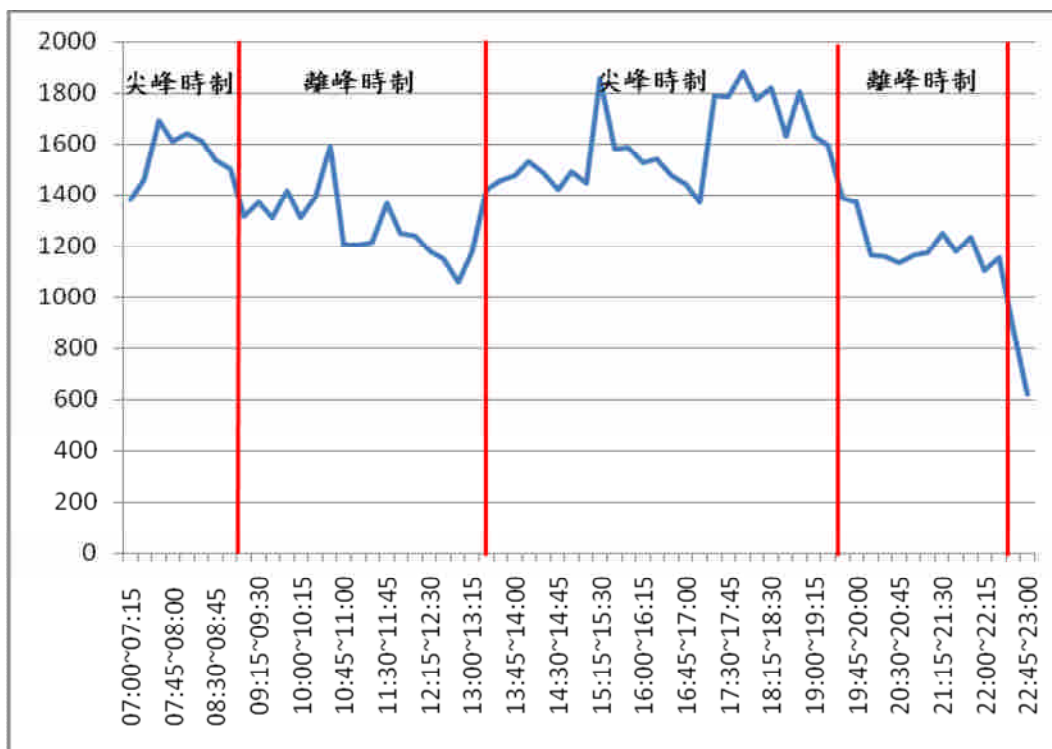


圖 3 K-Mean 法時段劃分結果圖

表 2 K-Mean 法時段劃分結果表

時段	使用時制
07:00~09:00	上午尖峰時制
09:00~13:30	白天離峰時制
13:30~19:30	午晚尖峰時制
19:30~22:30	晚上離峰時制

四、百分位法之時段劃分方法與結果

本章節將說明百分位法時段劃分方法，以及利用上述資料來劃分後之結果。

4.1 百分位法之時段劃分方法

百分位法係將流量資料做一分析，觀察其流量變化，並根據當地之交通特性來定義尖峰時段與離峰時段，即可歸納出尖峰流量係占整天流量之第幾百分位以上，同理亦可定義出離峰流量佔第幾百分位至第幾百分位，如此可迅速的將時段作一完整劃分，經長期利用 VD 資料觀測台中港路之交通特性，歸納出超過較高的第一七分位(前 14%)屬於尖峰時段，低於較高的第一七分位但超過較高的第二五分位(前 40%)屬於次尖峰時段，至於低於較高的

第二五分位(後 60%)即屬於離峰時段，因此本研究利用此定義來進行百分位法之時段劃分。

4.2 百分位法之時段劃分結果

依上述百分位法進行劃分，其結果如圖 4 所示，共有 6 個時段，分別命名為上午尖峰時段(適用第 1 時段的時制)、上午次尖峰時段(適用第 2 時段的時制)、白天離峰時段(適用第 3 時段的時制)、下午次尖峰時段(適用第 4 時段的時制)、下午至晚上尖峰時段(適用第 5 時段的時制)、晚上離峰時段(適用第 6 時段的時制)，而其詳細的分段時間如表 3 所示。

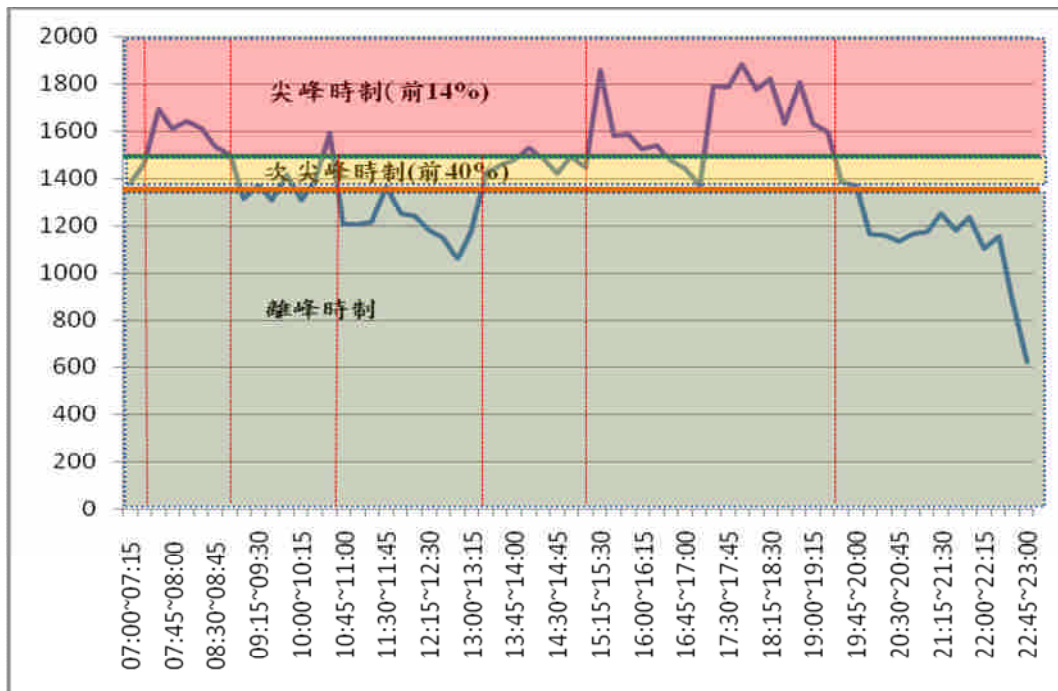


圖 4 百分位法時段劃分結果圖

表 3 百分位法時段劃分結果表

時段	使用時制	備註
07:30~09:00	上午尖峰時制	前 14%
09:00~10:45	上午次尖峰時制	前 14~40%
10:45~13:15	白天離峰時制	後 60%
13:15~15:15	下午次尖峰時制	前 14~40%
15:15~19:30	午晚尖峰時制	前 14%
19:30~23:00	晚上離峰時制	後 60%

五、兩種方法所產製之時制計畫與評估比較

5.1 兩種方法所產製之劃分結果比較

由前述結果可以看出 K-mean 法將時段劃分為四個時段，而百分位法將時段劃分為六個時段，主要差異在於百分位法在尖峰時段與離峰時段，又有另一次尖峰時段，因此多了兩個時段，而大致上前者將後者的上午次尖峰時段，納入白天離峰時段，前者另將後者的下午次尖峰時段，納入下午至晚上尖峰時段。

表 4、兩種方法時段劃分結果比較表

K-mean		百分位法	
時段	使用時制	時段	使用時制
07:00~09:00	尖峰時制	07:30~09:00	尖峰時制
09:00~13:30	離峰時制	09:00~10:45	次尖峰時制
13:30~19:30	尖峰時制	10:45~13:15	離峰時制
19:30~22:30	離峰時制	13:15~15:15	次尖峰時制
--	--	15:15~19:30	尖峰時制
--	--	19:30~23:00	離峰時制

5.2 兩種方法所產製之劃分評估比較

本研究利用 Synchro 來產製兩種劃分方法下所對應流量之最佳時制，並利用 SimTraffic 來模擬時制績效，以此來評估兩種劃分方法之績效。Synchro 為多數進行時制重整計畫所使用之最佳化軟體，可針對不同的流量、道路線型，與交通參數產生最佳的時制，並透過 SimTraffic 來模擬交通狀況並反映績效，以作為評估績效之主要參考。

本計畫採用 Google Map 地圖做為繪製路網圖之底圖，繪製研究範圍路網圖的同時，一併進行道路線型之調整以符合實際現況。接著設定路口幾何及車道配置參數，其中也包含各路口、各車道設計之左轉、右轉、直行車道設計，左轉保護車道儲車空間設定等等。再接著輸入車流參數，設定包括了各路口轉向交通量、重車比等條件參數，其中路口轉向交通量目前多透過人工調查方式獲得，而重車比可從些調查資料中計算獲得，或可從 VD 歷史流量得知。其中由於此軟體無法模擬機車運行狀況，在此將各運具交通量轉換為

小汽車車當量數進行模擬。設定完上述參數後，就將目前正在實施之時制計畫輸入，分別按照各時段時制計畫所制定之週期、時比、時差等參數進行設定，其中也包含各路口早開、遲閉情形輸入，而有關時制計畫的取得，大多需於路口號誌查詢，但因臺中市屬都會區且交控系統發展已達8年之久，路口號誌目前亦多達500多座連線至交控中心，因此這些時制計畫資料皆可從資料庫中獲取。最後進行細部檢查，將其他需要的參數如飽和流量、車道寬度、尖峰小時係數等等，才能讓完成之設定更符合實際環境，而飽和流量參數、尖峰小時係數可參考公路容量手冊而得，車道寬度須透過實地勘查並可利用 Google Earth 工具來輔助獲取資料。此些設定之路網示意圖及時制參數輸入畫面，如圖 5 及圖 6 所示。

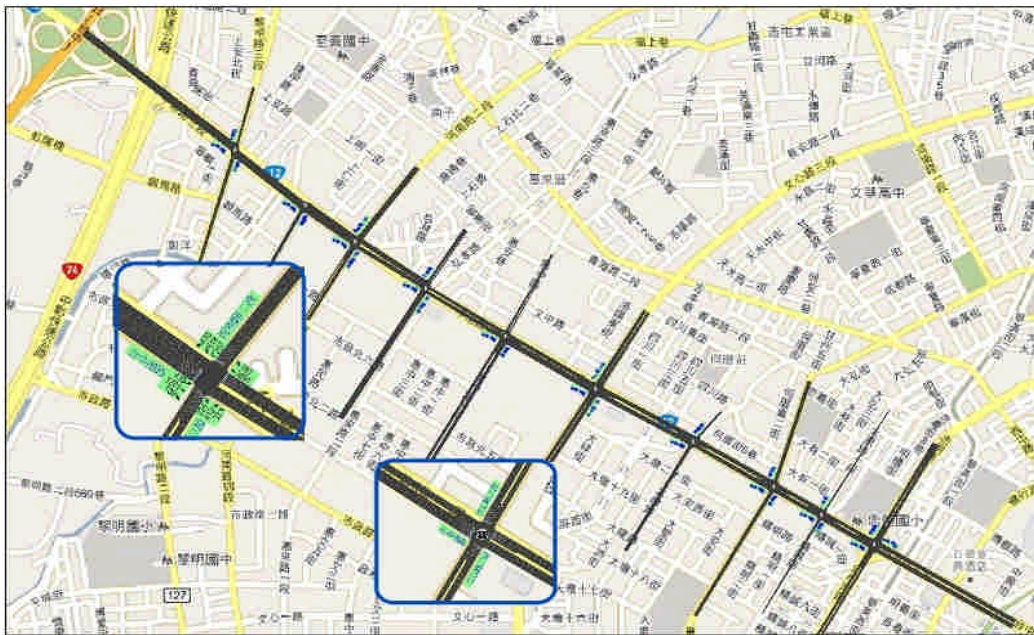


圖 5 本計畫 Synchro 路網圖

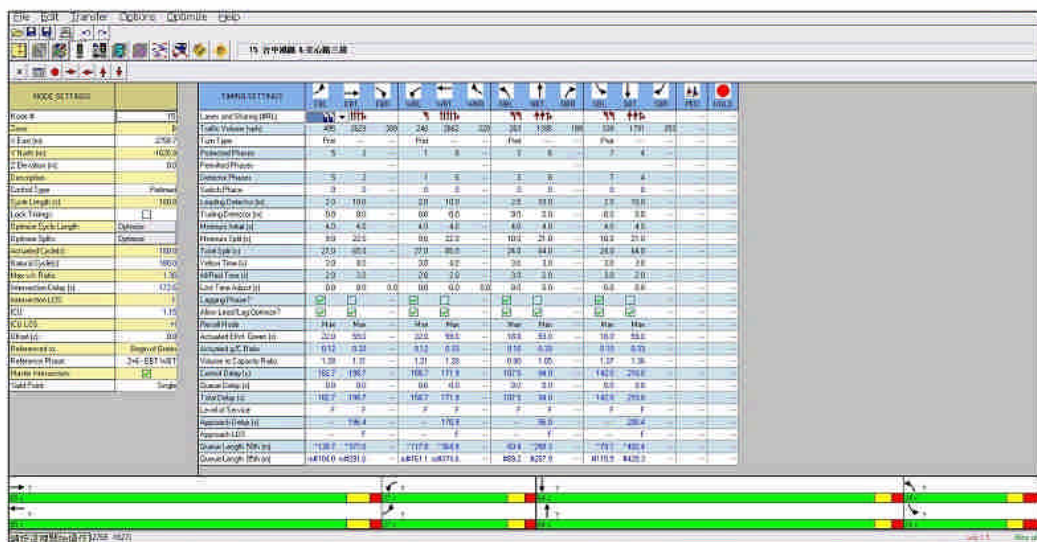


圖 6 本計畫 Synchro 時制參數輸入畫面

其次利用 Synchro 軟體，模擬針對前述兩種時段劃分的相關資料，所獲致的結果則分別列於表 5 與表 6 之中。K-Mean 與百分位法時段劃分的版本之主要差異在兩個時段，其一是 10:40~13:15，前者最佳化週期是 180 秒而後者是 150 秒，前者在此時段的往東平均旅行時間是 437.1 秒而後者在此時段的往東平均旅行時間是 480.0 秒，前者在此時段的往西平均旅行時間是 521.8 秒而後者在此時段的往西平均旅行時間是 495.5 秒，故兩者各有優劣，另一是 13:30~15:15，前者最佳化週期是 180 秒而後者也是 180 秒，前者在此時段的往東平均旅行時間是 607.1 秒而後者在此時段的往東平均旅行時間是 448.4 秒，前者在此時段的往西平均旅行時間是 496.0 秒而後者在此時段的往西平均旅行時間是 507.7 秒，故兩者亦各有優劣，惟往東的部分差異較大。整體而言，兩者績效的差異並不顯著。

表 5 K-Mean 時段劃分績效表

時段	使用時制	臺中港路-文心路 尖峰小時流量	最佳化週 期	台中港路平均旅行時間	
				往東	往西
0700~0900	尖峰時制	6555	180 秒	479.5 秒	561.2 秒
0900~1330	離峰時制	5711	180 秒	437.1 秒	521.8 秒
1330~1930	尖峰時制	7262	180 秒	607.1 秒	496.0 秒
1930~2230	離峰時制	5084	150 秒	508.3 秒	217.4 秒

表 6 百分位法時段劃分績效表

時段	使用時制	臺中港路-文心 路尖峰小時流量	最佳化 週期	台中港路 平均旅行時間	
				往東	往西
07:30~09:00	尖峰時制	6555	180 秒	479.5 秒	561.2 秒
09:00~10:45	次尖峰時制	5711	180 秒	437.1 秒	521.8 秒
10:45~13:15	離峰時制	5071	150 秒	480.0	495.5
13:15~15:15	次尖峰時制	5945	180 秒	448.4 秒	507.7 秒
15:15~19:30	尖峰時制	7262	180 秒	607.1 秒	496.0 秒
19:30~23:00	離峰時制	5084	150 秒	508.3 秒	217.4 秒

六、結論與建議

本研究介紹兩種時段劃分的方法，同時比較其劃分結果以及相對應的時制計劃之績效，歸納重要的結果與研究限制或未來方向，統整如下列各點結論與建議。

6.1 結論

1. 以 K-mean 方法進行劃分，其結果共有 4 個時段，分別命名為上午尖峰時段(適用第 1 時段的時制)、白天離峰時段(適用第 2 時段的時制)、下午至晚上尖峰時段(適用第 3 時段的時制)、晚上離峰時段(適用第 4 時段的時制)，而以百分位法進行劃分，其結果共有 6 個時段，分別命名為上午尖峰時段(適用第 1 時段的時制)、上午次尖峰時段(適用第 2 時段的時制)、白天離峰時段(適用第 3 時段的時制)、下午次尖峰時段(適用第 4 時段的時制)、下午至晚上尖峰時段(適用第 5 時段的時制)、晚上離峰時段(適用第 6 時段的時制)。
2. K-mean 法將時段劃分為四個時段，而百分位法將時段劃分為六個時段，主要差異在於百分位法在尖峰時段與離峰時段，又有另一次尖峰時段，因此多了兩個時段，而大致上前者將後者的上午次尖峰時段，納入白天離峰時段，前者另將後者的下午次尖峰時段，納入下午至晚上尖峰時段。
3. 利用 Synchro 軟體，模擬針對兩種時段劃分的相關資料，所獲致的結果，K-Mean 與百分位法時段劃分的版本之主要差異在兩個時段，其一是 10:45~13:15，前者最佳化週期是 180 秒而後者是 150 秒，前者在此時段的往東平均旅行時間比後者稍短，而前者在此時段的往西平均旅行時間比後者稍長，故兩者各有優劣，另一是 13:30~15:15，前者最佳化週期是 180 秒而後者也是 180 秒，前者在此時段的往東平均旅行時間比後者長，而前者在此時段的往西平均旅行時間比後者稍短，故兩者亦各有優劣，惟往東的部分差異較大。整體而言，兩者績效的差異並不顯著。

6.2 建議

1. 不論是 K-Mean 方法或是百分位法，在劃分時段方面均需依賴人為的研判，將相鄰的時間的流量結果融合或是切斷，雖然後者可以根據固定的門檻值將流量分成沒有交集的幾個範圍，但在實務上仍有改善的空間。
2. 在比較兩種時段劃分後的時制研擬時，以平均旅行時間來評估時，兩種方法的結果各有優劣，未能釐清何種方法較好，因此需要研擬一種綜合的評估指標以瞭解何種方法較適用。
3. 本研究以所稱的路段為範圍，並以幹道為主要改善對象，惟是否有可能為了改善研究路段而犧牲了周圍延伸區域，或是為了改善幹道而犧牲了支

道，均有進一步檢討的必要。

4. 本研究已成功的應用時段劃分的新方法，於 99 年台中市時制重整的中港路幹道，或可針對不完善的部分修改，再嘗試將劃分的過程應用於 100 年台中市的新研究路段中清路，或是另將相關步驟實用於 100 年彰化市的新研究路段金馬路，以增加應用經驗。
5. 本研究所提出的百分位法，亦可考慮應用於彈性定時時制，期能研擬適當的門檻值，以決定何時啟動與結束尖峰時制，並且區分晨峰與昏峰，而此一門檻值可以固定的數字呈現，或指定一個固定的百分比數字，但隨著每天車流的變化會有不同的門檻值。
6. 最後亦可考慮將本研究的方法應用於國道儀控率的連鎖上，並依這些同一群組內之匝道的相關流量數字，決定時段劃分的門檻值，以便適度的開放地方的車流進入國道主線，而本文中啟動尖峰時段時制的時機，即變成啟動某一連鎖儀控率的時機。

參考文獻

- 台中市政府(2011)，99 年度台中市交通資訊管理中心整合與時制重整實作計劃報告書。
- 林良泰、李宗憶、陳閩閻(1996)，「時時制時段劃分之邏輯分析」定，八十五年道路交通安全與執法研討會論文集，頁 117-128。
- 林良泰、張建彥、張修榕、李季森(1999)，「車道配置與時相設計整合之研究」，中華民國運輸學會第 14 屆論文研討會論文集，頁 390-399。
- 林良泰、陳乃萁、陳蓉鑫(2007)，「K-means 集群分析法應用於號誌定時時制時段劃分之研究」，中華民國運輸學會 96 年學術論文國際研討會論文集，頁 1177-1192。
- 美國聯邦公路總署(1998)，公路容量手冊 HCM。
- 陳宏毅(2004)，「即時監控系統於交通號誌與車流量控管之應用」，九十三年道路交通安全與執法國際研討會論文集，頁 401-411。
- 蘇志強、王銘亨、李紹榆(1997)，「觸動號誌控制績效評估模式分析」，八十六年道路交通安全與執法研討會論文集，頁 139-155。