

國立交通大學
運輸科技與管理學系碩士班

碩士論文

以數位式行車記錄器資料分析公路客運駕駛行為之



Analysis of intercity bus drivers' driving behaviors
using data from digital trip recorders

研究生：籃士勛

指導教授：王晉元

中華民國九十九年六月

以數位式行車記錄器資料分析公路客運駕駛行為之研究

Analysis of intercity bus drivers' driving behaviors using data from digital trip recorders

研究生：籃士勛

Student : Shih-Shiun Lan

指導教授：王晉元

Advisors : Jin-Yuan Wang

國立交通大學

運輸科技與管理學系 碩士班

碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Transportation Technology and Management

July 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 六 月

以數位式行車記錄器資料分析公路客運駕駛行為之研究

學生：籃士勛

指導教授：王晉元 副教授

國立交通大學

運輸科技與管理學系 碩士班

摘 要

對於客運業者而言，燃油成本占營運總成本的比例甚高。駕駛行為好壞與否，對於行車油耗有顯著的影響。若是找出駕駛行為有所偏差的駕駛員，對於燃油成本以及駕駛員管理將會有所助益。為衡量駕駛行為，本研究參酌相關文獻訂定轉速類與車速類兩大類指標，將取得之車速與轉速資料代入指標運算，得到各駕駛員之行車型態(driving pattern)後進行 k -means 分群。將駕駛員分為兩群後，對兩集群之各項指標進行顯著性分析，找出兩群集間明顯有差異的指標，要求駕駛行為較差之集群駕駛員優先進行改善。本研究亦對轉速類指標所需之 R_diff 門檻值以及 k -means 分群法初始集群中心進行敏感度分析。

本研究蒐集某客運公司之數位式行車記錄器資料後，進行實例驗證。經測試後結果發現，本研究提出之方法可有效辨別出駕駛行為較差之駕駛員， R_diff 門檻值以及 k -means 分群法初始集群中心兩者之敏感度均偏低。

關鍵詞：駕駛行為、數位式行車記錄器、公路客運

Analysis of intercity bus drivers' driving behaviors using data from digital trip recorders

Student: Shih-Shiun Lan

Advisor: Jin-Yuan Wang

Department of Transportation Technology and Management
National Chiao Tung University

Abstract

Fuel consumption plays a major part in operating cost in any intercity-bus companies and it is easily affected by drivers' driving behaviors. To find out drivers with aberrant behaviors and measure the aberrant level, the thesis defines two groups of indicators: revolution per minute (RPM) and speed. After analyzing driving records, drivers' driving patterns are then obtained, and drivers who have improvable factors are also identified through *k-means* method. Test of significance is applied to prioritize which indicator should be improved. The sensitivity of the threshold of R_diff belonging to revolution per minute indicators is analyzed in this thesis, and so is the sensitivity of the initial centers in *k-means* method.

After finishing the job of collecting data from digital trip recorders, the data was testing by processing all the above steps. The results indicate that the proposed method can identify which members' driving behaviors is worse effectively. The sensitivity of the threshold of R_diff is low, and so is that of the initial centers in *k-means* method.

Keywords: driving behavior, digital trip recorder, intercity bus

誌 謝

時光荏苒，兩年的碩士班研究生活終將劃上句點。論文能夠順利完成，首先要感謝的是指導教授 王晉元老師。老師的指導以及帶領，彷彿是黑夜中的一座燈塔，讓學生得以在學術研究的汪洋中找到正確的方向。除了學業以及研究，老師在生活上也非常照顧學生，讓學生得以在無後顧之憂的情況下進行研究，並且隨時關心學生的近況。能在交大遇到王老師真是何其幸運，在此要向老師致上萬分的感激以及敬意。

感謝中華大學運輸科技與物流管理學系 蘇昭銘老師以及系主任 吳宗修老師兩位口試委員，在論文口試期間惠賜許多寶貴的建議以及指正，使本論文可以更臻於完善。感謝博士班東凌學長的協助，讓我可以順利取得論文所需之相關資料；感謝銓鼎科技的工程師，Herry 大哥，對於行車記錄器以及班表等資料的處理幫了我非常大的忙，並且詳細解說資料欄位以及分享相關知識、經驗，讓我獲益匪淺，由衷感激。

身為研究生，最常出現的地方就是學校實驗室了，在這裡我認識了很多學長姐、同學還有學弟妹。感謝 hoho、彥佑兩位學長，熱忱的指導我程式語言、資料庫軟體以及電腦軟、硬體相關知識，順利完成論文核心的部份，並且帶給我許多有趣、難忘的回憶；感謝思文、小松兩位學長，讓我對部份課程以及程式語言有更深入的認識；感謝芬傑、建旻以及聰儒三位學長，有你們的陪伴，為我的研究生活增色不少，藉由你們的介紹也認識如玄、嘉盈、佩萱等有趣的新朋友，增添更多的人脈基礎；感謝宇凡、佳儒、怡如以及小惠四位同學，每次跟你們一起完成計劃案還有討論課程、研究相關議題時都讓我有許多的收穫；感謝程詠、忠憲、逢新、國凱、怡樺、岱暘等學弟妹，有了你們整個 11 樓的氣氛活絡許多。感謝同學靖喬、學弟威呈，陪我還有大學部系壘的學弟們參加交通盃，為我的學生球員生涯劃下一個完美的句點。

最後，要感謝默默在背後支持我的家人們。他們的鼓勵，是支持我完成碩士學位的主要動力。回到台南，邊與家人閒聊邊喝下招牌的冬瓜鮮奶，總是可以感受到家庭的溫暖，一掃舟車疲頓之感。如果說完成論文是一份榮耀，那這份榮耀將要獻給我的家人，報答父母對我的栽培以及所有家人的支持。

要感謝的人還有很多，在此僅將本文獻給大家，祝福大家未來可以順心如意。

籃士勛 謹誌

風城交大 2010.07.28

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌 謝	iii
表目錄	vi
圖目錄	viii
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	1
1.3 研究範圍	2
1.4 研究流程	2
第二章 文獻回顧	4
2.1 車輛油耗因素之相關研究	4
2.2 客運駕駛行為之相關研究	5
2.3 小結	6
第三章 指標訂定	7
3.1 車速類指標訂定	7
3.2 轉速類指標訂定	10
3.3 小結	12
第四章 資料分類與駕駛員分群判別	13
4.1 資料處理	13
4.2 駕駛員行車型態定義與群集分析方法	16
4.3 <i>k</i> -means 分群法以及資料正規化	16
4.4 分群結果顯著性分析	18
4.5 小結	19
第五章 實例分析	21
5.1 資料蒐集	21
5.2 6505 路線測試分析	23
5.3 6541 路線測試分析	26
5.4 小結	29

第六章 相關參數敏感度分析	30
6.1 6505 路線測試分析	30
6.2 6541 路線測試分析	34
6.3 k-means 分群法起始中心敏感度分析	36
6.4 小結	37
第七章 結論與建議	38
7.1 結論	38
7.2 建議	38
參考文獻	40



表目錄

表 1	加、減速度及正、負衝度計算範例	9
表 2	行車紀錄器連續資料範例	14
表 3	各車單一班次 R_diff 值累積統計表	14
表 4	資料點分群範例	18
表 5	資料點 Z 分數標準化分群範例	18
表 6	資料點 Z 分數標準化分群範例	19
表 7	行車紀錄器資料格式範例	21
表 8	車輛基本資料格式範例	22
表 9	車輛排班格式範例	22
表 10	各車單一班次 R_diff 值累積統計表	23
表 11	6505 路駕駛員行車型態	23
表 12	6505 路駕駛員行車型態(精簡後)	24
表 13	6505 路駕駛員行車型態(Z 分數)	24
表 14	6505 路駕駛員 k -means 分群法初始集群中心點	25
表 15	6505 路駕駛員 k -means 分群法最後集群中心點	25
表 16	6505 路駕駛員 k -means 分群法集群成員	25
表 17	6505 路駕駛員 k -means 分群法集群顯著性檢定	26
表 18	6541 路駕駛員行車型態	27
表 19	6541 路駕駛員行車型態(精簡後)	27
表 20	6541 路駕駛員行車型態(Z 分數)	27
表 21	6541 路駕駛員 k -means 分群法初始集群中心點	28
表 22	6541 路駕駛員 k -means 分群法最後集群中心點	28
表 23	6541 路駕駛員 k -means 分群法集群成員	28
表 24	6541 路駕駛員 k -means 分群法集群顯著性檢定	29

表 25	駕駛員 0600 轉速類指標與分群結果	30
表 26	駕駛員 0480 轉速類指標與分群結果	31
表 27	駕駛員 1132 轉速類指標與分群結果	31
表 28	駕駛員 0556 轉速類指標與分群結果	32
表 29	駕駛員 0263 轉速類指標與分群結果	32
表 30	駕駛員 0877 轉速類指標與分群結果	33
表 31	駕駛員 0672 轉速類指標與分群結果	33
表 32	駕駛員 0300 轉速類指標與分群結果	34
表 33	駕駛員 0309 轉速類指標與分群結果	34
表 34	駕駛員 0756 轉速類指標與分群結果	35
表 35	駕駛員 0307 轉速類指標與分群結果	35
表 36	駕駛員 0725 轉速類指標與分群結果	36
表 37	不同集群資料點為初始中心之分析結果	37
表 38	相同集群資料點為初始中心之分析結果	37



圖目錄

圖 1 研究流程圖	3
圖 2 轉速-車速關係圖	10
圖 3 行駛檔位點分佈圖	11
圖 4 行車紀錄器連續怠速資料範例	14
圖 5 資料點分類流程圖	15
圖 6 資料處理流程圖	20



第一章 緒論

1.1 研究動機

駕駛行為好壞與否，對於車輛機件耗損、乘客搭乘舒適度以及行車油耗有顯著的影響[15]。在交通部運輸研究所於89年1月出版之「公路車輛行車成本調查」中，以燃油以及駕駛薪資兩項成本所占的比例為高。因此若是找出駕駛行為有所偏差的駕駛員，對於客運業者之燃油成本以及駕駛員管理將會有所助益。

駕駛行為優劣將會反應在行車速度以及車輛轉速資料上[6]。然而，綜觀國內外對於駕駛行為相關研究的文獻，如賴明堂[13]、張季倫[16]、高啟涵[17]等，所訂定之指標如速度梯度不穩、衝度異常、急加減速等，大多是以行車速度做為分析主軸。然而，根據Hooker[2]，車輛換檔時機以及各檔位使用比例亦會影響車輛燃油消耗。

另一方面，使用較高檔位行駛的情況下，可使車輛以較低的引擎轉速維持所要的行車速度，可節省燃料，減少引擎磨損[21]。部份駕駛員慣用低速檔開高速，對於燃油成本不啻是一大負擔[5]。若是未能藉由引擎轉速資料判讀，僅僅藉由車速資料，將無法看出此偏差駕駛行為，因此本研究將會對於車輛轉速著手進行研究，從另一角度探討車輛轉速與司機員駕駛行為的關係。

隨著科技日新月異，國內智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)的應用及發展日漸蓬勃，客運業者多已開始採用數位式行車紀錄器，即是希望能在車輛行駛過程中對駕駛行為做詳細的紀錄，也為運輸安全以及司機員駕駛行為等相關研究奠定研究基礎。

此外，國內相關文獻如張季倫[16]、高啟涵[17]等，多是以國道客運車輛於國道上行駛之行車資料進行研究，甚少提及公路客運以及市區客運之範疇。不同於國道的行車環境，公路以及市區客運營運路線上有號誌、站牌等需要停等的情況，換檔頻率較國道客運路線頻繁許多。因此，本研究將會採用公路客運以及市區客運路線的行車資料，對於特定單一車型營運車輛所行駛之特定路線之駕駛員進行駕駛行為相關研究。

1.2 研究目的

本研究之目的為藉由數位式行車記錄器之車速與轉速資料，定義車輛油耗相關指標，藉以量化分析公路客運駕駛員之駕駛行為，並將駕駛員加以分群，以幫助業者進行駕駛員管理以及行車燃油、機件耗損等營運成本之節省。

1.3 研究範圍

根據上述研究動機，本研究將著墨於公路客運以及市區客運路線，研究所選用之車型為國瑞2008年出廠之RK8JRSA，排氣量7684CC等營運公車。

1.4 研究流程

本研究流程如圖1所示，依照流程圖各項工作項目說明如下：

確認研究問題

將此研究問題作明確的界定，包括研究目的、範圍，並瞭解外在限制與可收集到之資料，以清楚描述研究問題。

相關文獻回顧

蒐集國內外相關之研究文獻，分析其研究重點，建立本研究之基礎。

蒐集相關資料

蒐集行車紀錄器回傳之資料，車輛基本資料以及車輛排班表，用以作為後續資料測試與結果分析之研究。

指標訂定

根據所蒐集之文獻找尋適合評估駕駛行為的指標，並加以修正或沿用。

資料測試與結果分析

利用所蒐集之資料，進行指標之計算，並根據結果定義每位駕駛之行車型態(driving pattern)。依行車型態進行分群，衡量同一路線之駕駛員其駕駛行為優劣。

結論與建議

對本研究之過程與結果作一結論並對後續研究提出建議。

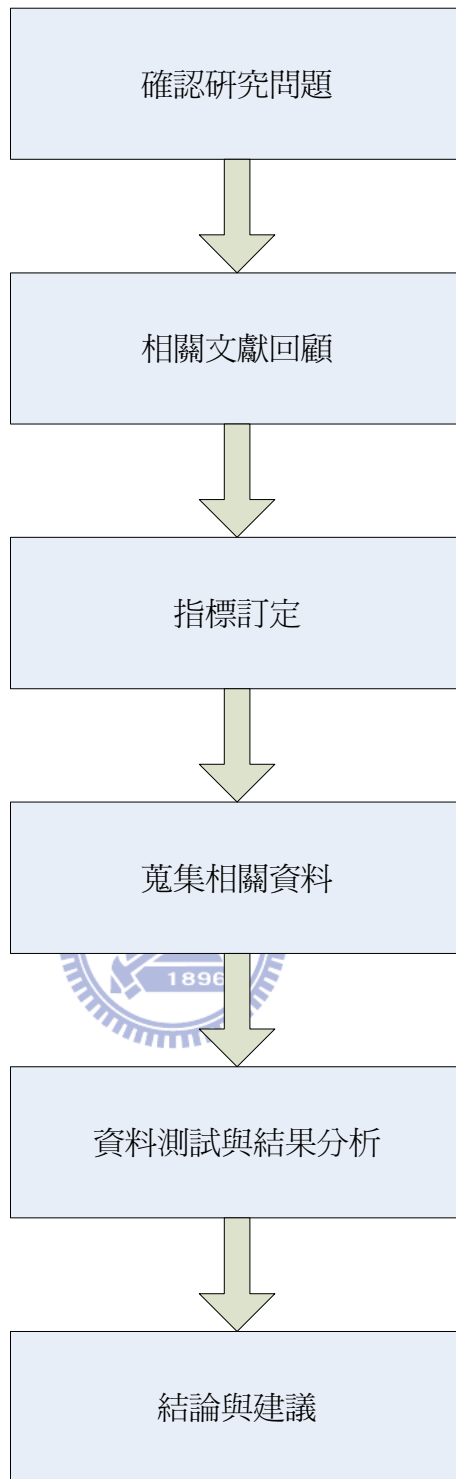


圖 1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本研究之目的為分析公路客運駕駛員之駕駛行為，以利車輛燃油成本之節省。然而，除了駕駛行為外，影響車輛燃油成本之因素甚多，因此進行以下之回顧。本章將對於車輛油耗因素與客運駕駛行為兩部份之相關文獻進行探討。2.1小節主要介紹國內外對於車輛油耗因素之研究，2.2小節則是對駕駛行為進行探討，以及介紹相關研究使用指標。

2.1 車輛油耗因素之相關研究

Ericsson[4]為找出車輛駕駛行為與車輛廢氣排放以及油耗之間的關聯性，將影響駕駛行為及車輛廢氣排放及油耗之外在因素分為駕駛人、車輛、氣候、車流特性、街道設計以及路徑等六大類。研究結果發現，街道設計對於車輛駕駛行為以及車輛廢氣排放與油耗之影響最大。

賴明堂[13]為分析影響市區車輛油耗因子，選定小客車於台北市道路進行測試。研究結果發現，當車輛汽缸越大、車體越重、車齡越老、累積行駛里程數越長，則行車油耗將會變多。

陳君杰[14]以台北都會區為例提出一套構建代表性行車型態之方法，進行汽機車行車型態與其污染排放和油耗之研究。在此研究中，定義代表性行車型態為：「代表性行車型態係一個描述行駛過程每一秒鐘行車速率的函數，用以代表某一特定時段、地區或道路、駕駛人、車輛與天候環境時之行車特性，以作為評估車輛污染排放、油耗或車流特性之依據。」而影響行車型態的因素有車輛特性、天候環境特性、駕駛人特性、地區道路特性以及時間特性等。研究結果發現，影響車輛污染排放與油耗的主要影響因素在於平均加速率。

林家聖[15]研究整理指出，影響車輛油耗之因素可概分為車輛特性、道路交通特性、駕駛行為特性以及環境因素特性。

- (1) 車輛特性：包括車齡、車重、累積行駛里程、暖車情形等。當車齡越老、車重越重、累積行駛里程數越長時，車輛的燃油效率越低，污染排放越大；當車輛啟動後不預熱便行駛，會使發動機內的混合氣霧燃燒不完全，浪費油料。
- (2) 道路交通特性：包括道路特性及車流特性，車輛行駛時若是加減速及停等次數多，均較定速耗油。
- (3) 駕駛行為特性：包括駕駛者性別、年齡、開車習性等。通常注重車輛保養以及隨時注意車況者，可使燃油效率增加。
- (4) 環境因素特性：包括大氣壓力、溫度、溼度、風速、風向等。其中以氣壓和濕度對於燃油影響最為顯著。

2.2 客運駕駛行為之相關研究

Waters[1]為觀察駕駛行為差異與車輛油耗之間的關係，以不同駕駛人作油耗試驗。試驗方法為所有駕駛人先以自己習慣的開車方式繞過試驗場一週，再以建議的溫和駕駛行為再次操作相同路徑，結果證明後者的駕駛行為可以較前者省下約15%的油耗。

Hooker[2]為找出最節省車輛油耗的行駛車速，其研究中發現對於單一車輛而言，主要影響油料消耗的因素有換檔時機、車輛行駛速度以及車輛的加、減速度。當車輛可以在引擎經濟轉速下行駛，駕駛避免急踩煞車或油門，對於車輛油耗的節省會有顯著的幫助。

Decicco[3]在其對於最新車輛之油耗是否較節省的研究中發現，改善交通管理措施及策略最多可節省5%的油耗，但是當駕駛行為改善後，最高可以節省49%的油耗，可見改善駕駛行為在節省燃油消耗的效果遠高於改善交通管理措施及策略。

Voort[5]為節省車輛油耗，研發車輛油耗監控系統，研究過程中發現當車輛處於低檔高速、高檔低速、速度離異過大以及急加、減速的狀況下，致使車輛引擎無法在經濟轉速下運轉，造成異常油耗。

Lan [6]蒐集自 2001年11月16日至 2002年4月30日將近半年的國道客運駕駛行車資料，並針對客運駕駛不當駕駛行為與油料保修費用影響進行研究。研究中採用了引擎異常轉速、速度梯度不穩、衝度異常、不正常煞車、急加減速、引擎冷發動、超速等七大指標，並設定指標門檻值。在此研究中，將資料來源輸入至後端資料管理系統後，系統會進行各指標值運算，並計算駕駛行為各項指標之異常次數。經過共線性檢驗 (collinearity test) 以及迴歸聯立方程式 (simultaneous-equation regression) 檢驗之後，發現引擎異常轉速、速度梯度不穩、衝度異常以及超速等四項獨立指標可以有效解釋不當駕駛行為對於車輛油料保修費用的影響。

張季倫[16]開發監控國道客運行車之資料庫管理系統，於該研究中定出燃油消耗類、機件磨損類、行車安全類以及行車舒適類等四大類十一項指標，其中燃油消耗類包括異常轉速指標、車速不穩指標、衝度異常指標等，以實車模擬方式蒐集決定門檻值所需之行車資料，利用模糊德非法的概念，以資料之幾何平均數代表共識值，做為指標門檻值。此研究定義出指標後，將指標及其門檻值之演算方法撰寫成 Delphi 程式語言，並與SQL-Server 2000整合研發出一套管理系統，最後對裝置數位式行車紀錄器之國道客運車輛進行實例分析，發現異常轉速指標、車速不穩指標、急加減速指標以及違規超速指標具顯著的獨立性。

高啟涵[17]則是參考張季倫[16]之構想，提出行車安全、燃油消耗、機件磨損及行車品質等四大類十項指標，其中燃油消耗類包括異常轉速與檔位異常指標、急加減速指標、怠速過久指標等，其門檻值之決定則是沿用張季倫[16]。在指標與門檻

值定義明確後，對所蒐集的數位式行車紀錄器資料進行多元迴歸分析與群集分析。經過上述分析後，研究結果發現影響油耗費用最顯著的獨立指標為急加速、怠速過久以及引擎轉速異常等三項。群集分析將駕駛員分為一般、稍差、極差三等第。配合教育訓練及相關管理方式，最後評估公司每個月可減少74,5480元額外油耗與保修費用。

蔡永祥[18]為判斷駕駛員的駕駛行為是否不良，對其做事前防範管理措施，利用集群分析對駕駛員進行分群與管理，並透過存活分析構建駕駛事故預測模式。研究結果發現顯著影響行車故障的因子有冷卻水溫過高、踩離合器使車滑行、第七檔檔位錯誤等三項。

2.3 小結

在本章的回顧中可以發現，無論國內外文獻，探討影響車輛油耗的因素，多是以車輛、道路環境、時間以及駕駛人作為考量。綜觀國內文獻，研究路線範圍都是在國道，與本研究之路線性質大相逕庭。市區客運營運的路線性質與國道客運大不相同，市區客運所設的停等站點多，停等號誌多，車流變化大，尖、離峰時段的行車環境亦大不相同。本研究之因變數為駕駛行為，因此在蒐集資料時，除了車輛因素之外，尚需考慮這些道路環境以及時間因素可能造成的影響，盡可能將這些因素控制於同一水準再對駕駛人之駕駛行為進行比較。

另一方面，國內相關文獻所使用的指標大同小異，指標的設計多以車速變化量以及加速度變化量為主，如速度梯度不穩、衝度異常、急加減速等，然而換檔時機以及檔位使用比例亦是影響車輛油耗的主要原因[5]，換檔時機無法藉由車速變化而得知，需由轉速之變化著手進行，檔位使用比例亦必須藉由車輛速度與引擎轉速獲得，因此在本研究中將會訂定轉速類指標，以進行駕駛行為另一層面的研究。

第三章 指標訂定

駕駛人的駕駛行為會反映在行駛車速以及引擎轉速上，分析駕駛行為優劣所使用的資料多以車輛行駛的速度為主。為彌補車速資料無法找出換檔時機以及各檔位使用比例的缺憾，本研究配合蒐集所得資料，參酌相關文獻訂定衡量司機駕駛行為的指標，並將其分為車速類指標以及轉速類指標兩種型態。

3.1 車速類指標訂定

車輛於道路駕駛途中，主要可區分為行駛、怠速以及換檔等三種情形，茲說明如下：

(1)行駛：車輛於行駛途中以不換檔，使用相同檔位為前提之下，根據車輛機械原理，引擎輸出軸的齒輪與中間軸的齒輪嚙合，輪軸檔位上的齒輪也會與中間軸的齒輪嚙合，此時的引擎轉速將會正比於輪軸轉速(即車速)。不同檔位有不同的齒輪數，與引擎轉速的比例關係亦不相同。正常情況下，檔位越高，車速與轉速的比值越大，即相同速度下，一檔所使用的引擎轉速將會高於二檔。

(2)怠速：司機於駕駛途中循序減速，使車輛呈現一段時間靜止狀態的情形，最常見的情況為行駛前的熱車、停等交通號誌以及上、下客等。

(3)換檔：當車輛行駛於道路上，必須將車速維持在最低速限與最高速限之間。車輛於正常情況下是以一檔起步，當行駛一段時間後，在路況許可的情況下進行換檔的動作，將檔位提高，可降低引擎轉速以減少油量消耗以及延長引擎零件的耗損。然而，車輛在行駛的途中進行換檔時，輪軸上各檔位的齒輪無法與中間軸的齒輪嚙合，此時的引擎轉速與輪軸轉速的比值將會有大幅度的變動。

因此綜合以上三種情況，本研究利用所蒐集得來的行車紀錄器資料，將車速與轉速資料進行分類，共可分成行駛檔位點、換檔點以及怠速點三類。資料點之處理及分類將於本研究第四章詳細闡述。

司機之駕駛行為是否偏差，車速變化是最明顯的表現。根據文獻，衡量駕駛行為為常見的指標，如林家聖[15]、張季倫[16]所使用的車速不穩指標、急加減速指標、衝度指標等，都是以車速變化量以及加速度變化量作為衡量標準，分析結果均有合理解釋。因此，本研究經參酌並考慮取得之行車紀錄器資料格式後，訂定平均加速度、平均減速度、平均正衝度以及平均負衝度作為本研究分析使用之四項指標。

(1)平均加速度($\overline{a^+}$)與平均減速度($\overline{a^-}$)：根據Voort[5]、張季倫[16]，速率變動過大是影響油耗的主因之一，因此本研究設平均加、減速度指標以偵測車輛行駛時的速差大小。加速度之定義為單位時間內之速度變化量。因此，將時間 t 秒之車速資料減去 $t-1$ 秒之車速資料即為第 t 秒之加速度，如式(1)所示。若是加速度值大於零，

表示車輛處於加速狀態，等於零表示車輛處於等速行駛狀態，小於零則是車輛處於減速狀態。

$$a(t) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = v(t) - v(t-1) \quad (1)$$

為了衡量司機行車時加速以及減速的程度是否有所偏差，因此本研究將單一班次之所有資料點扣除怠速點集合後，計算加速度為正之資料點($a^+(t)$)加速度之和以及加速度為正之資料點個數(N_a^+)，兩者相除得平均加速度($\overline{a^+}$)，可用以衡量司機加速時的速差程度。同理，計算加速度為負之資料點($a^-(t)$)減速度之和以及加速度為負之資料點個數(N_a^-)，兩者相除得平均減速度($\overline{a^-}$)，可用以衡量司機減速時的速差程度。如式(2)與式(3)所示：

$$\overline{a^+} = \frac{\sum a^+(t)}{N_a^+} \quad (2)$$

$$\overline{a^-} = \frac{\sum a^-(t)}{N_a^-} \quad (3)$$

(2)平均正衝度($\overline{j^+}$)與平均負衝度($\overline{j^-}$)：根據 Voort [5]、張季倫[16]，除了上述速率變動過大之外，車輛急加速以及急減速亦是影響油耗的主因之一，因此設衝度指標衡量車輛急加、減速的狀況。衝度指標除了可衡量車輛急加、減速程度外，亦可衡量駕駛是否有急踩油門或煞車的行為，造成車上乘客前後俯仰而不適的情況。

衝度之定義為單位時間內之加速度變化量，因此將時間t秒之加速度減去t-1秒之加速度即為第t秒之衝度，如式(4)所示。若是衝度值大於零，表示車輛處於急加速狀態，等於零表示車輛處於等加速行駛狀態，小於零則是車輛處於急減速狀態。

$$j(t) = \frac{\Delta a}{\Delta t} = a(t) - a(t-1) \quad (4)$$

為了衡量司機行車時急加速以及急減速的程度是否過大，因此將單一班次之所有資料點扣除怠速點集合後，先行計算剩餘資料點之加速度值，然後再計算衝度為正之資料點($j^+(t)$)衝度之和以及衝度為正之資料點個數(N_j^+)，兩者相除得平均正衝度($\overline{j^+}$)，可用以衡量司機急加速程度。同理，計算衝度為負之資料點($j^-(t)$)減速度之和以及衝度為負之資料點個數(N_j^-)，兩者相除得平均負衝度($\overline{j^-}$)，可用以衡量司機急減速煞車程度。如式(5)與式(6)所示：

$$\bar{j}^+ = \frac{\sum j^+(t)}{N_j^+} \quad (5)$$

$$\bar{j}^- = \frac{\sum j^-(t)}{N_j^-} \quad (6)$$

加、減速度與正、負衝度之計算範例如下表 1 所示，假設資料編號 1、2、3、4、5 之資料點為怠速點，因此其加、減速度與正、負衝度不予以計算。

表 1 加、減速度及正、負衝度計算範例

資料編號	轉速	車速	加速度	衝度
1	30	0		
2	30	0		
3	30	1		
4	29	0		
5	27	3		
6	32	7	4	1
7	49	11	4	0
8	64	14	3	-1
9	78	18	4	1
10	95	21	3	-1
11	108	24	3	0
12	98	25	1	-2
13	67	24	-1	-2
14	63	22	-2	-1
15	75	27	5	7

由表 1，依據式(2)、式(3)、式(5)以及式(6)之計算，可得以下各指標值：

$$\bar{a}^+ = \frac{\sum a^+(t)}{N_a^+} = \frac{4+4+3+4+3+3+1+5}{8} = 3.375$$

$$\bar{a}^- = \frac{\sum a^-(t)}{N_a^-} = \frac{(-1)+(-2)}{2} = -1.5$$

$$\overline{j^+} = \frac{\sum j^+(t)}{N_j^+} = \frac{1+1+7}{3} = 3$$

$$\overline{j^-} = \frac{\sum j^-(t)}{N_j^-} = \frac{(-1)+(-1)+(-2)+(-2)+(-1)}{5} = -1.4$$

3.2 轉速類指標訂定

車輛行駛混合上述行駛、怠速以及換檔等三類情況，其分布如下圖2。下圖2中，車速與轉速資料為車輛輪軸與引擎轉軸每秒轉動次數。將圖2之換檔點以及怠速點經分類過濾後(分類過程見第四章)，行駛檔位點集合分布如下圖3。其餘的行駛檔位點分佈可明顯看出有四個區域，代表之涵義為車輛行駛時所使用的四個檔位。根據機械原理，當車輛行駛時，相同速度變化量的前提下，所使用的檔位越高，其轉速變化越小。因此圖3中，可以判斷四個區域之分佈由下而上依序為一檔、二檔、三檔以及四檔。

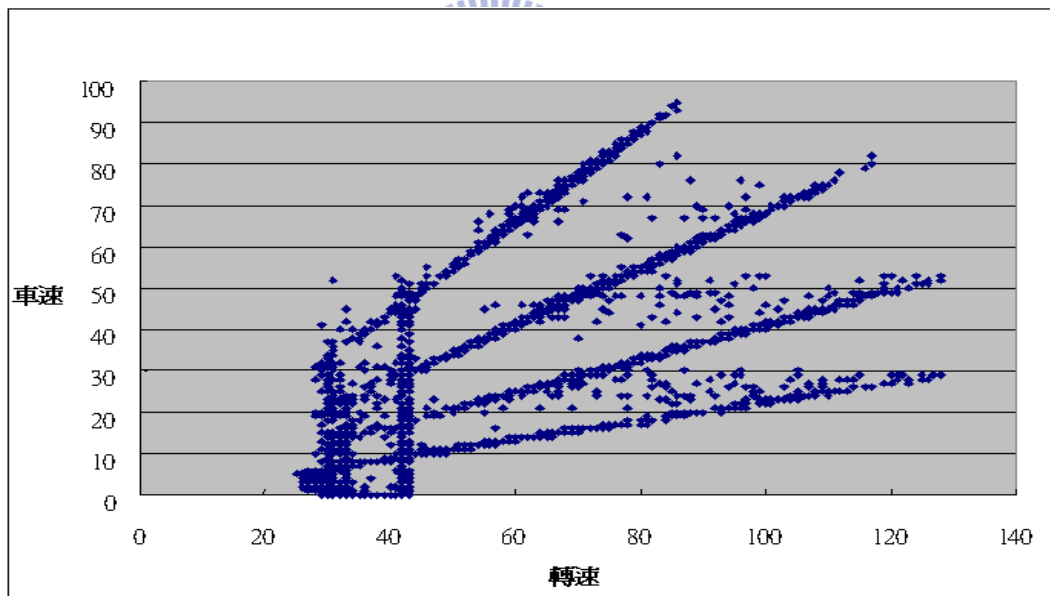


圖 2 轉速-車速關係圖

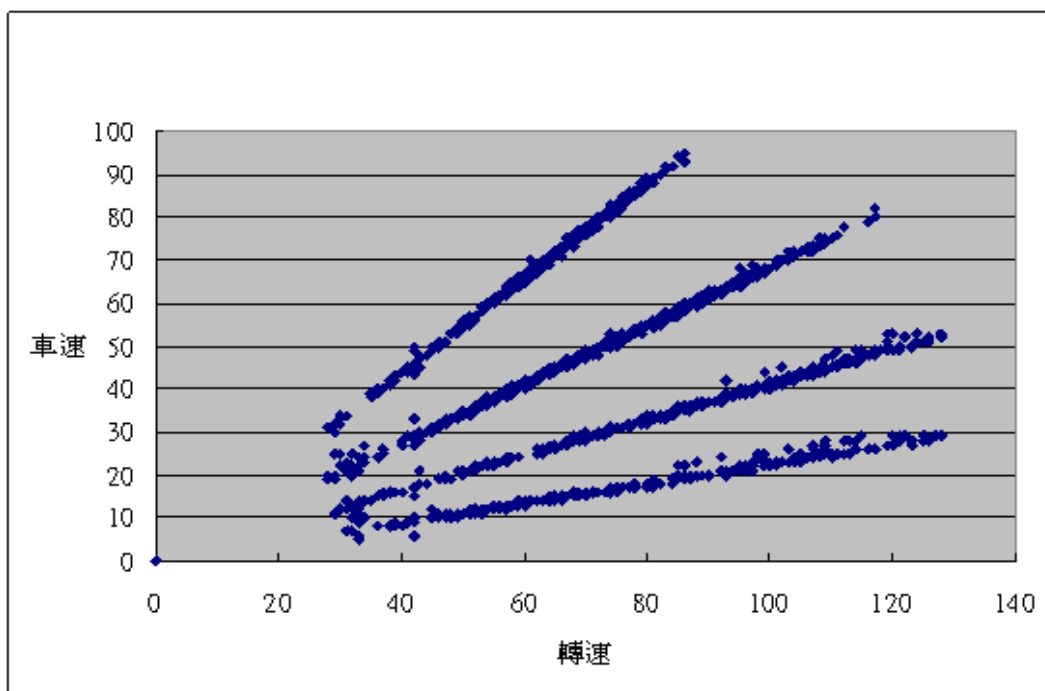


圖 3 行駛檔位點分佈圖

由於車輛的引擎轉速與車輛油耗息息相關，且駕駛行為對於引擎轉速會有相當大的影響，因此本研究提出以下轉速相關指標將司機駕駛行為予以量化，並與車速類指標相互比較，期能找出之間的關連性。

(1)使用檔位比例：車輛行駛一段時間後，車速會逐漸提高，駕駛員可進行換檔。在高速檔行駛的情況下，可使車輛以較低的引擎轉速維持所要的行車速度，可節省燃料，減少引擎磨損[21]。因此，可推論得車輛使用各檔位的比例會影響油料的消耗。

如圖 3 所示，行駛檔位點分佈構成四個區段，即車輛行駛時所使用的四個檔位。令 $R(t)$ 值為車速 $v(t)$ 與轉速 $rev(t)$ 之比值，即 $R(t) = \frac{v(t)}{rev(t)}$ 。因此若是能夠將所有行駛檔位點之 R 值進行統計，應有絕大多數之比例落在四個區間內，同時可得到各區間之行駛檔位點個數。將各區間行駛檔位點個數 ($N_{1st}, N_{2nd}, N_{3rd}, N_{4th}$) 除以所有行駛檔位點個數 (N_{gear})，即可得到各檔位的使用比例 ($P_{1st}, P_{2nd}, P_{3rd}, P_{4th}$)，如式(7)所示：

$$P_{1st} = \frac{N_{1st}}{N_{gear}}, P_{2nd} = \frac{N_{2nd}}{N_{gear}}, P_{3rd} = \frac{N_{3rd}}{N_{gear}}, P_{4th} = \frac{N_{4th}}{N_{gear}} \quad (7)$$

(2)平均轉速差：根據郭守穗[20]，當車輛以同一檔位行駛時，若是轉速變化過大，對於車輛的油耗影響相對較大，亦即較為耗油。

因此可將車輛於同一檔位行駛時，即 t 時間之資料點屬於行駛檔位點時，計算其相鄰時間點之轉速變化量取絕對值計算，再將完整班次之所有轉速差變化量絕對值求出總和後除以行駛檔位點的個數，即可得到平均轉速差指標，以衡量該駕駛之駕駛行為是否

耗費較多油料。平均轉速差之計算如式(8)、式(9)所示：

$$rev_diff(t) = |rev(t) - rev(t-1)| \quad (8)$$

$$\overline{rev_diff} = \frac{\sum rev_diff(t)}{N_{gear}} \quad (9)$$

3.3 小結

將行車紀錄器之資料進行分類後，主要可分為換檔點、怠速點以及行駛檔位點三類。本章目的在於將指標分為車速類以及轉速類兩大型態。參考相關文獻後，大部分的指標多是以車速變化以及加速度變化作為判斷駕駛行為優劣以及是否會耗費較多油料之依據，因此車速類指標採用平均加速度、平均減速度、平均正衝度以及平均負衝度四項，以衡量駕駛員是否對於油門與煞車的控制是否得宜以及是否有急踩油門與重踩煞車的傾向，用以計算之資料點包括換檔點以及行駛檔位點之集合。轉速類指標有使用檔位比例以及平均轉速差兩項，亦是以油料耗費為考量，用以計算之資料點為行駛檔位點集合。



第四章 資料分類與駕駛員分群判別

本章主要介紹如何將行車紀錄器之資料進行分類，以及如何將駕駛員進行分群。在第三章已定義各項指標之計算，因此本章 4.1 節將會介紹如何將資料點分為行駛檔位點、怠速點以及換檔點，以供前述各項指標值之計算。駕駛員分群之目的在於找出駕駛行為較差之駕駛員，進行進一步之教育訓練，以減少客運業者營運成本。單一班次之車速與轉速資料經過處理分類以及指標計算後，可得到一位駕駛員於此班次的各項指標績效。然而，該如何找出能夠代表該駕駛員之行車型態 (driving pattern) 以及如何將同一路線之駕駛員之駕駛行為進行分群，本章 4.2 節與 4.3 節將會進行更深入的探討。

4.1 資料處理

如 3.1 節所提，車輛於道路駕駛途中，主要可區分為行駛、怠速以及換檔等三種情形。綜合以上三種情況，本研究利用所蒐集得來的行車紀錄器資料，提出以下方法將車速與轉速資料進行分類，共可分成行駛檔位點、換檔點以及怠速點三類。

- Step 1.** 先行計算出每一班次行車紀錄器所紀錄之每秒車速與轉速資料之比值(R) 以及相鄰兩秒之比值差絕對值(R_diff)。
- Step 2.** 車輛若是處於換檔的狀態，此時的 R_diff 將有劇烈變化。因此，若相鄰資料點之 R_diff 值超過所設門檻值，則可將此資料點視為換檔點。
- Step 3.** 資料點不為換檔點時，判定資料點為行駛檔位點或是怠速點。
- Step 4.** 若資料點不為換檔點亦非怠速點，則可判定為行駛檔位點，紀錄於行駛檔位點集合。

如下表 2 資料範例所示，先行計算出 R 值與 R_diff 值後，再以 R_diff 值進行資料點是否為換檔點之判別。如下表 2 所示，當 R_diff 值變大時，如第 2 筆以及第 3 筆資料點，可視為換檔點。

R_diff 值之門檻訂定如下，自所選取車輛之行車紀錄器資料中各隨機選擇一個班次，將此班次的行車記錄器資料進行 R_diff 計算，假設所得之統計結果如下表 3。由表 3 可看出，約有 90% 以上的 R_diff 值落在 0 至 0.04 間，且大於 0.04 之 R_diff 資料點急遽減少，與車輛行駛過程中換檔時間的比例低、換檔時 R_diff 變大之機械原理吻合，因此可以 R_diff 值 0.04 作為換檔點判斷之門檻。

如下圖 4 所示，車輛呈現靜止狀態期間，車速應為零，但是車輛仍有可能因為司機腳踩煞車力道不足等因素而使車輛小幅滑動，造成輪軸轉速不為零的情況。因此統計夾雜於靜止資料點中，車速非零之資料點之車速最大值，視為怠速資料之門檻值。以上將原始資料點分類為換檔點、怠速點以及行駛檔位點之流程整理如下圖 5。

表 2 行車紀錄器連續資料範例

資料編號	轉速	車速	R	R_diff
1	29	0	0	0.033
2	27	3	0.111	0.111
3	32	7	0.219	0.108
4	49	11	0.224	0.005
5	64	14	0.219	0.005
6	78	18	0.231	0.012

表 3 各車單一班次 R_diff 值累積統計表

車號 \ 範圍	0 - 0.02	0-0.04	0-0.06	0 - 0.08	0-0.10
A	0.786	0.915	0.947	0.976	1.000
B	0.806	0.922	0.951	0.981	1.000
C	0.798	0.919	0.949	0.980	1.000
D	0.816	0.930	0.964	0.988	1.000
E	0.847	0.944	0.967	0.987	1.000

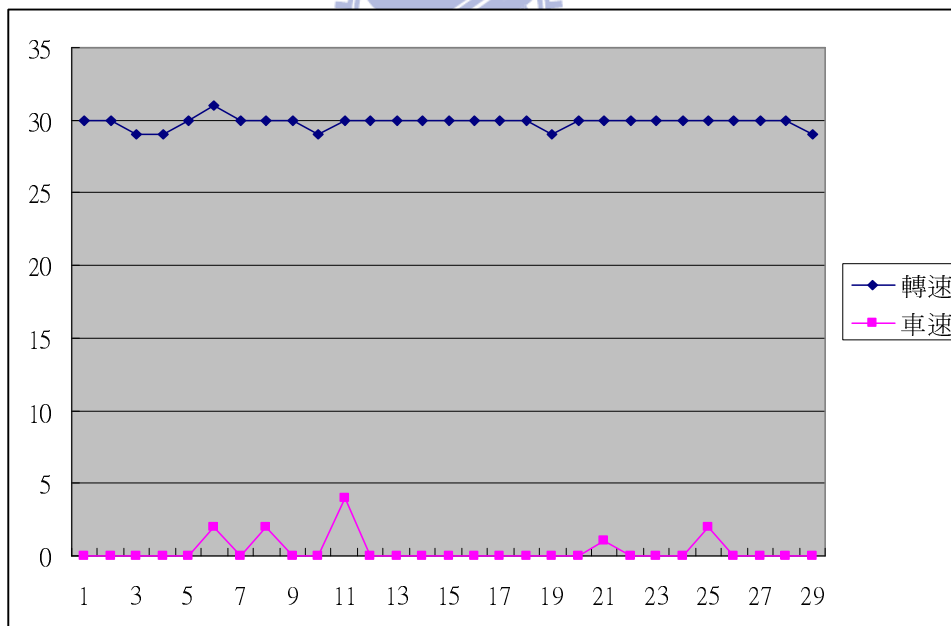


圖 4 行車紀錄器連續怠速資料範例

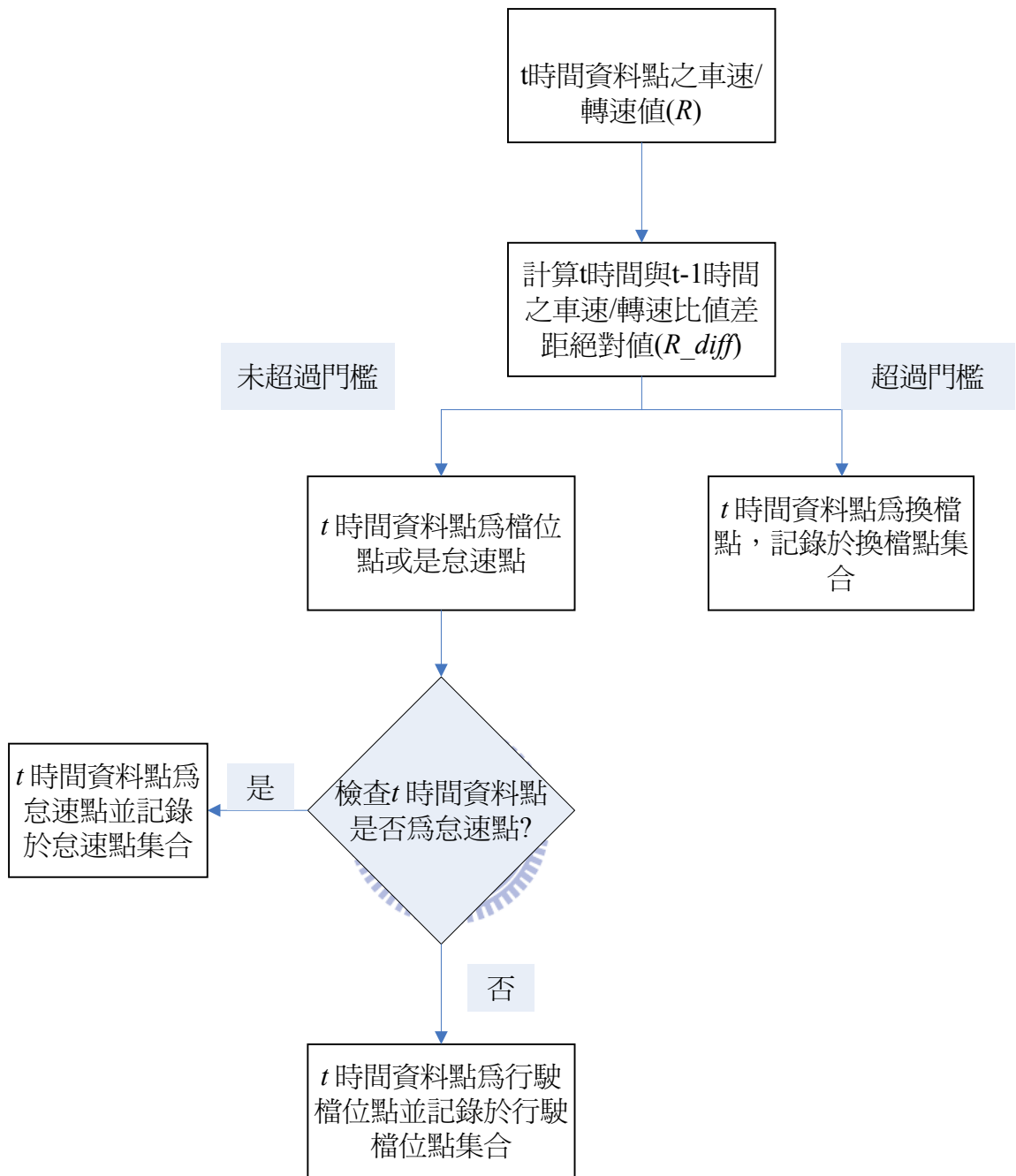


圖 5 資料點分類流程圖

4.2 駕駛員行車型態定義與群集分析方法

根據統計學之大數法則以及中央極限定理：「假設某一母體分配之母體平均數(μ)與母體變異數(σ^2)均存在，由其中抽取樣本數為 n ($n \geq 30$)之一組隨機樣本，令其樣本平均數為 \bar{X} ，則樣本平均數 \bar{X} 將會近似母體平均數 μ ，且 \bar{X} 的分配會近似常態分配，即 $\bar{X} \underset{n \geq 30}{\sim} N(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$ 」

因此若要衡量駕駛員之駕駛行為優劣，可由行車紀錄器資料庫中找出此駕駛員所負責之至少 30 趟班次進行指標計算，所得之各項指標平均值即可視為該駕駛員之行車型態 (driving pattern)。

群集分析主要的目的是將資料集中的資料點加以分群成數個群集(cluster)，使得每個群集中的資料點間相似程度高於與其他群集中資料點的相似程度，藉由分析的結果推論出有用、隱含、令人感興趣的特性與現象[19]。因此定義駕駛員之行車型態後，本研究將進行同一路線之所有駕駛員分群，以辨識此路線之駕駛員之駕駛行為孰優孰劣。

在群集分析的方法中，可分為分割式分群法(如 k -means)以及非分割式分群法(如階層式分群法之聚合法以及分裂法)。

- (1) 分割式分群法：將群集資料點歸屬到數個互不交集的群集中，使每一群集資料點與該群集之群集中心之相似程度高於與其他群集中心之相似程度。
- (2) 非分割式分群法：將彼此相似度高的較小群集合併成較大的群集，或者將較大的群集進行合併的動作。

根據曾憲雄[19]，在低維度以及資料點數量較少的情況下，兩種類型的分群法皆可以在短時間內得到分群結果。但是，隨著資料點的增加，分群法的效能將會開始出現差異。考量企業管理所注重之效率與成本，因此本研究採用分群法中成本與效率表現較佳之 k -means 分群法進行駕駛員分群的工作。

4.3 k -means 分群法以及資料正規化

k -means 分群法為分割式分群法中最為熟知，且發展最久的一種方法，且在處理上所需時間與空間之成本低廉，因此廣為採用。其執行步驟如下：

輸入：包含 n 個資料點之資料集合，以及群集數量 k

輸出： k 個不相交集的群集

步驟 1：自資料點中隨機挑選 k 個當作起始 k 群的群集中心

步驟 2：利用相似度計算公式，將資料點分別歸類至距其最近的群集中心所屬群集，形成 k 個群集。

步驟 3：利用距離總偏移值公式，重新計算各群集之群集中心點

步驟 4：若是步驟 3 所得之群集中心點與之前所得之群集中心點相同，即距離總偏移值不再變動，表示分群結果已穩定，可輸出各群結果，否則回到步驟 2 繼續執行。

步驟 2 之相似度計算公式採用尤拉距離，計算公式如下：

$$d(x_i, x_j) = \left(\sum_{d=1}^k |x_{id} - x_{jd}|^2 \right)^{1/2} \quad (10)$$

其中 x_i, x_j 為資料集中具有 k 個資料維度之兩個資料點。步驟 3 之距離總偏移值公式如下：

$$E = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} \|x - m_i\|^2; m_i = \frac{\sum_{x \in S_i} \vec{x}}{|S_i|} \quad (11)$$

其中 x 表示一資料點， m_i 表示群集 S_i 的質量中心， $|S_i|$ 表示群集 S_i 中所涵蓋之資料點數量。

依據先前所述，指標可分為轉速以及車速兩大類，其單位不盡相同。將各項指標視為各個資料維度進行式(10)以及式(11)之計算。由式(10)可發現，各個資料維度之權重均相同，相同的維度資料以不同的單位表示，將會有不同的數值差距。假設以某駕駛員之平均加速度為 2 km/hour，其表示方式亦可為 2000 m/hour，然而，經過式(10)計算之後，該維度之距離瞬間擴大，極容易造成分群結果錯誤。

換言之，各項指標值分佈之平均值以及標準差隨著單位之不同，數值之差異均有所不同。為消弭單位不同所造成的差距影響分群結果，本研究對於各駕駛員之各項指標值進一步作 Z-分數正規化。Z-分數正規化屬於資料正規化的其中一種方法，適合用在需要了解數值與平均分布之間的關係。其作法為將欲分群之資料點求得平均值(\bar{x})以及標準差(S_d)，再將任一資料點代入下列公式：

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S_d}, x_i \in \{x\} \quad (12)$$

則可求出該資料點所對應之 Z 分數。以下表 4 之資料點為例，C1、C2、C3 為群集 1，C4、C5、C6 為群集 2。欲判斷 A 點之群集所屬，可將 C1 至 C6 之所有點以及 A 點之各項指標的平均值以及標準差求出，再代入式(12)求得 C1 至 C6 以及 A 點之 Z 分數，然後進行分群法，即可求得 A 點之群集所屬。

表 4 資料點分群範例

	平均轉速差	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例
C1	4.900	0.250	0.250	0.250	0.250
C2	5.700	0.250	0.250	0.250	0.250
C3	6.500	0.250	0.250	0.250	0.250
A	5.500	0.100	0.200	0.300	0.400
C4	4.100	0.150	0.190	0.280	0.380
C5	4.900	0.150	0.190	0.280	0.380
C6	5.700	0.150	0.190	0.280	0.380
平均值	5.329	0.186	0.217	0.270	0.327
標準差	0.770	0.063	0.031	0.020	0.073

表 5 資料點 Z 分數標準化分群範例

	平均轉速差	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	群集
C1	-1.596	1.026	1.062	-1.000	-1.064	1
C2	-0.557	1.026	1.062	-1.000	-1.064	1
C3	0.483	1.026	1.062	-1.000	-1.064	1
A	0.223	-1.368	-0.554	1.500	1.005	2
C4	-0.557	-0.570	-0.877	0.500	0.729	2
C5	0.483	-0.570	-0.877	0.500	0.729	2
C6	1.522	-0.570	-0.877	0.500	0.729	2

4.4 分群結果顯著性分析

將資料點進行標準化且分群之後，為了解分群結果是否良好，描述集群之間的差異程度，需對分群結果進行顯著性分析。

根據吳姿瑤[22]，使用 k -means 分群法求得兩群集，且兩群集皆服從常態分配時，可以使用獨立樣本 t 檢定、Mann-Whitney U 檢定等檢定方法檢視兩集群之平均數是否有顯著差異。使用 t 檢定之先決條件為當兩集群皆服從常態分配，若是兩集群不服從常態分配則是使用 Mann-Whitney U 檢定。

分群結果之資料點為各駕駛員之行車型態。如 4.2 節所述，行車型態為該駕駛員負責班次所得之各項指標平均值，根據大數法則以及中央極限定理，行車型態之分配為常態分配，符合獨立樣本 t 檢定資料點須符合常態分配的前提。因此，本研究將各駕駛之行車型態進行分群之後，選擇以獨立樣本 t 檢定進行分群結果顯著性分析，顯著水準為 0.05。

將表 5 之分群範例進行獨立樣本 t 檢定後得到如下表 6 之結果。由表 6 可以得知，集群 1 與集群 2 兩者除平均轉速差指標並無顯著差異外，各檔位之使用比例皆有顯著差異，即集群 1 之一檔使用比例與二檔使用比例明顯高於集群 2，三檔使用比例以及四檔使用比例明顯低於集群 2。

表 6 資料點 Z 分數標準化分群範例

	平均數相等的 t 檢定(顯著水準 = 0.05)		
	t 值	顯著性(雙尾)	結果
平均轉速差	-1.364	.231	平均數無顯著差異
一檔使用比例	7.606	.001	平均數有顯著差異
二檔使用比例	19.449	.000	平均數有顯著差異
三檔使用比例	-5.916	.002	平均數有顯著差異
四檔使用比例	-22.807	.000	平均數有顯著差異

4.5 小結

本章旨在介紹如何將蒐集得到之行車紀錄器資料點進行分類，進而進行指標運算得到特定路線之駕駛員行車型態加以分群。

資料點可分為三類，換檔點、怠速點以及行駛檔位點。換檔點的分類主要依據為車速與轉速資料之比值(R)以及相鄰兩秒之比值差絕對值(R_diff)，怠速點的分類則是以夾雜於車輛靜止狀態時的資料點中，車速非零之資料點之車速最大值。

在本研究中，將欲分群之所有駕駛員之駕駛行為模式各項指標值求得後，考量分群法所需成本以及效率，採用 k -means 分群法進行分群。然而，為了消弭單位間不同所造成的差距影響結果，本研究進一步將各項行車型態進行正規化，則可得到各項指標值之 Z 分數，接著再進行分群法，則可得到更為精確的分群結果。

為了解分群結果是否良好，描述集群之間的差異程度，需對分群結果進行顯著性分析。行車型態之分配為常態分配，符合獨立樣本 t 檢定資料點須符合常態分配的前提。因此，本研究將各駕駛之行車型態進行分群之後，選擇以獨立樣本 t 檢定進行分群結果顯著性分析，找出集群間有顯著差異的指標。

上述之資料處理流程如下圖 6 所示：

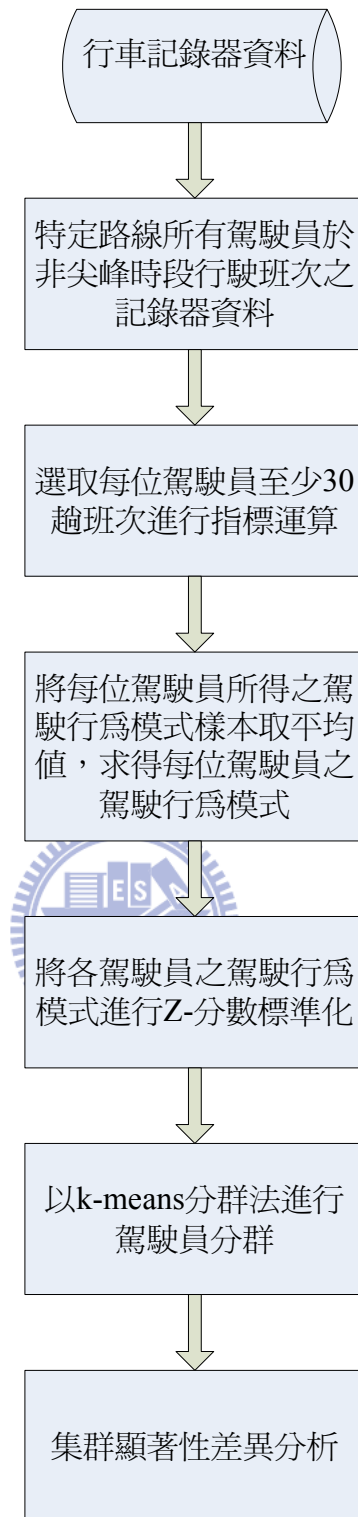


圖 6 資料處理流程圖

第五章 實例分析

本章的主要目的為透過行車記錄器實際資料的蒐集，驗證本研究所提出之方法是否可依據駕駛行為優劣，有效將客運駕駛進行分群。5.1 小節主要介紹本研究所蒐集之資料及其格式，並且對於駕駛員駕駛班次取樣之條件加以說明，以及第四章所提之相關參數設定。5.2 小節及 5.3 小節則是根據前述章節進行實際路線資料分析，將駕駛員依駕駛行為進行分群，並對分群結果進行顯著性分析，找出集群間顯著差異的部份，作為未來駕駛行為改善之重點。

5.1 資料蒐集

本研究蒐集之資料包括 2009 年 6、7 月份某客運營運車輛行車紀錄器之原始資料、某客運車輛基本資料以及 2009 年 6、7 月份車輛排班表等。

表 7 為行車紀錄器格式範例，行車紀錄器所紀錄之資料內容包括車號(carid)、車輛位置之經緯度(Lng、Lat)、資料回傳時間(GpsTime)、車輛每秒之引擎轉速記錄值與輪軸轉動記錄值(Rpm)、行駛路線編號(routeno)、去回程(goBack)、路線起點(xFrom)以及路線終點(xTo)等。

表 7 之 Rpm 欄位中，以第一列為例，第一個數字 192 為客運公司系統所需之序號，第二個數字 18017 為車輛輪軸轉動的累計距離，之後每兩個數字為一組，分別代表該列 GpsTime 與下一列 GpsTime 之間每一秒之引擎轉速記錄值(92)與輪軸轉動記錄值(63)。速度之定義為物體於每秒內所移動之位移，而車輛之位移與輪軸轉動數成正比，因此可將車輛每秒的輪軸轉動記錄值(63)視為「車速資料」，引擎轉速記錄值(92)則視為「轉速資料」。goBack 則是代表車輛去回程，「0」代表去程，「1」代表回程。該路線預設之去程為東南站往台中站。

表 7 行車紀錄器資料格式範例

carid	Lng	Lat	GpsTime	Rpm	routeno	goBack	xFrom	xTo
211-FM	120.813	24.262	2009/6/2 上午 06:10:20	192:18017,92,63,91,62,86,59;	6505	0	東南	台中
211-FM	120.812	24.262	2009/6/2 上午 06:10:35	192:18046,30,0,30,0,29,0;	6505	0	東南	台中

表 8 為車輛基本資料格式範例，由此資料可找出本研究所欲選用相同車型之車輛編號，並配合車輛排班表找出駕駛該輛車的駕駛員。車輛基本資料內容包括場站編號(DEPT)及車輛所屬場站(STATION)、車號(CAR_ID)、車輛廠牌(A)、車型編號(B)、引擎號碼(C)、出廠年份(YEAR)以及排氣量(CC)。以表 3 第一列為例，車號 212-FM 的車輛所屬場站為東勢站，東勢站之代號為 016，廠牌為國瑞，車型編號為 RK8JRSA，引擎號碼為 JO8ETE167，出廠於 2008 年，排氣量 7684CC。

表 8 車輛基本資料格式範例

DEPT	STATION	CAR_ID	A	B	C	YEAR	CC
016	東勢站	212-FM	國瑞	RK8JRSA	JO8ETE167	2008	7684
016	東勢站	213-FM	國瑞	RK8JRSA	JO8ETE168	2008	7684
016	東勢站	215-FM	國瑞	RK8JRSA	JO8ETE168	2008	7684
016	東勢站	216-FM	國瑞	RK8JRSA	JO8ETE168	2008	7684

表 9 為車輛排班資料格式之範例。以第一列資料為例，車輛排班資料內容包括車輛行駛路線(6512)、司機編號(0963)、車號(220-FM)以及每一班次的發車日期(2009-07-17)、發車時間(08:20:00)、完成時間(09:00:00)、起始站點(修平學院)等。配合車輛排班格式以及行車紀錄器所紀錄的資料，可找出每位司機所負責的班次相關資訊，分析每位司機的駕駛行為，進行相關研究。

表 9 車輛排班格式範例

路線	司機	車號	日期	發車時間	去回程	完成時間	起始地點
6512	0963	220-FM	2009-07-17	08:20:00	1	09:00:00	修平學院
6512	0963	220-FM	2009-07-17	09:55:00	1	10:35:00	修平學院
6512	0963	220-FM	2009-07-17	11:20:00	1	12:00:00	修平學院

由車輛基本資料可找出本研究所欲選用車型之車號，車輛排班表則是可以找出特定路線所服務之駕駛員編號，配合行車紀錄器資料找出該路線之某駕駛員駕駛之班次。在減少其他外在因素影響之前提下，本研究之範圍將針對同一車型、非尖峰時段之特定路線不同駕駛人的行車紀錄進行分析。

本研究選定觀察之車型國瑞 HINO RK8JRSA，為手動排檔。選定之駕駛班次須在非尖峰時段，考量原因在於非尖峰時段之路況較為單純，可使駕駛員較能不受外在道路環境的干擾，分辨其駕駛行為之優劣。在本研究中，根據調查，欲調查之特定路線其尖峰時段之定義為早上 7 點 30 分至早上 9 點整以及下午 5 點整至下午 8 點整等兩個時段。

本研究選定進行分析之路線為某客運 6505 路(台中-東勢)、6541 路(卓蘭-台中)等兩條營運路線。6505 路線之營運車輛共計有 211-FM、212-FM 以及 213-FM 等三輛，選定分析之駕駛員編號分別為 0480、0600、0556、0263、0672、0877 及 1132 等七位駕駛員。6541 路線之營運車輛共計有 215-FM、216-FM 等兩輛，選定分析之駕駛員編號分別為 0309、0300、0307、0725、0756 等五位駕駛員。班次時間範圍為 2009 年 6、7 月份。

如第四章所述，欲將資料點進行分類，需找出 R_diff 值變化量門檻值以及怠速點之速度門檻值。依 4.1 節所言，本研究將欲進行分析路線所使用之車輛各隨機取一班次進行 R_diff 值進行統計，結果如下表 10 所示。由表 10 可看出約有 90% 以上的 R_diff 值落

在 0 至 0.04 間，且 R_{diff} 值大於 0.04 之後，其累積變化量劇烈減少，因此本研究以 R_{diff} 值 0.04 作為換擋點判斷之門檻。

怠速點速度門檻值經過本研究統計後，發現車輛呈現靜止狀態期間，車速資料最大值为 5，因此本研究以車速資料 5 作為怠速點速度門檻值。

表 10 各車單一班次 R_{diff} 值累積統計表

範圍 車號	0 - 0.01	0 - 0.02	0-0.04	0-0.06	0 - 0.08	0-0.10	0-0.20	0-0.30
211-FM	0.567	0.770	0.896	0.928	0.956	0.979	0.991	1.000
212-FM	0.553	0.793	0.907	0.936	0.965	0.984	0.993	1.000
213-FM	0.585	0.785	0.904	0.934	0.964	0.984	0.993	1.000
215-FM	0.614	0.811	0.923	0.957	0.981	0.993	0.998	1.000
216-FM	0.680	0.837	0.933	0.956	0.976	0.989	0.995	1.000

5.2 6505 路線測試分析

如第三章所述，本研究所使用之指標分為轉速類以及車速類兩種，轉速類指標有平均轉速差以及各檔位使用比例，車速類則有平均加、減速度以及正、負衝度等。經過圖 6 之流程後，可得到 0480、0600、0556、0263、0672、0877 及 1132 等七位駕駛員之行車型態如下：

表 11 6505 路駕駛員行車型態

駕駛員 編號	平均轉 速差	一檔 比例	二檔 比例	三檔 比例	四檔 比例	平均加 速度	平均減 速度	平均正 衝度	平均負 衝度
0600	5.055	0.092	0.148	0.299	0.461	2.736	-3.195	2.033	-2.015
0480	4.694	0.078	0.145	0.300	0.477	2.715	-3.180	2.021	-2.059
1132	3.857	0.045	0.112	0.364	0.479	2.550	-2.864	1.975	-1.979
0556	4.870	0.090	0.106	0.220	0.583	2.880	-3.047	2.069	-2.109
0263	3.973	0.070	0.134	0.366	0.429	2.538	-3.166	1.926	-1.946
0877	5.113	0.101	0.176	0.309	0.415	2.919	-3.405	2.194	-2.275
0672	4.879	0.074	0.204	0.366	0.356	2.850	-3.183	2.111	-2.180

在使用較高速檔位行駛的情況下，可使車輛以較低的引擎轉速維持所要的行車速

度，可節省燃料[21]。因此，若將一檔以及二檔歸類為低速檔位，三檔以及四檔歸類為高速檔位，而各檔位使用比例有總和為 1 的關係，即高速檔位與低速檔位之和為 1。當高速檔位比例高時，低速檔位比例則低，反之亦然。因此可以進一步將各檔位使用比例簡化為高速檔位比例，以觀察該駕駛員之駕駛行為。簡化後如下表 12：

表 12 6505 路駕駛員行車型態(精簡後)

駕駛員 編號	平均轉 速差	高速檔位 比例	平均加 速度	平均減 速度	平均正 衝度	平均負 衝度
0600	5.055	0.760	2.736	-3.195	2.033	-2.015
0480	4.694	0.777	2.715	-3.180	2.021	-2.059
1132	3.857	0.843	2.550	-2.864	1.975	-1.979
0556	4.870	0.803	2.880	-3.047	2.069	-2.109
0263	3.973	0.795	2.538	-3.166	1.926	-1.946
0877	5.113	0.723	2.919	-3.405	2.194	-2.275
0672	4.879	0.723	2.850	-3.183	2.111	-2.180

得到上表 12 之各駕駛員之行車型態後，接著進行正規化，可得到行車型態各項指標值之 Z 分數，如下表 13

表 13 6505 路駕駛員行車型態(Z 分數)

駕駛員 編號	平均轉 速差	高速檔位 比例	平均加 速度	平均減 速度	平均正 衝度	平均負 衝度
0600	0.822	-0.337	-0.035	-0.282	-0.156	0.564
0480	0.116	0.042	-0.170	-0.194	-0.296	0.181
1132	-1.521	1.558	-1.245	1.734	-0.817	0.868
0556	0.462	0.650	0.904	0.619	0.249	-0.245
0263	-1.295	0.463	-1.323	-0.105	-1.368	1.153
0877	0.937	-1.179	1.160	-1.561	1.660	-1.666
0672	0.478	-1.196	0.710	-0.212	0.729	-0.854

得到上表之各駕駛員行車型態 Z 分數後，即可進行 k-means 分群法。本研究採用統計軟體 SPSS 12.0 版進行行車型態分群，可得到以下之分群結果：

表 14 6505 路駕駛員 *k*-means 分群法初始集群中心點

	集群	
	1	2
平均轉速差	.937	-1.521
高速檔位比例	-1.179	1.558
平均加速度	1.160	-1.245
平均減速度	-1.561	1.734
平均正衝度	1.660	-.817
平均負衝度	-1.666	.868

表 15 6505 路駕駛員 *k*-means 分群法最後集群中心點

	集群	
	1	2
平均轉速差	.563	-1.408
高速檔位比例	-.404	1.011
平均加速度	.514	-1.284
平均減速度	-.326	.815
平均正衝度	.437	-1.093
平均負衝度	-.404	1.011

表 16 6505 路駕駛員 *k*-means 分群法集群成員

觀察值號碼	司機	集群	距離
1	600	1	1.290
2	480	1	1.328
3	1132	2	1.121
4	556	1	1.492
5	263	2	1.121
6	877	1	2.402
7	672	1	.987

表 17 6505 路駕駛員 *k*-means 分群法集群顯著性檢定

	平均數相等的 t 檢定(顯著水準 = 0.05)		
	t 值	顯著性(雙尾)	結果
平均轉速差	7.855	.001	平均數有顯著差異
高速檔位比例	-2.133	.086	平均數無顯著差異
平均加速度	6.777	.002	平均數有顯著差異
平均減速度	-1.498	.194	平均數無顯著差異
平均正衝度	2.508	.054	平均數無顯著差異
平均負衝度	-2.133	.086	平均數無顯著差異

由上表 16 可知，經過 *k*-means 分群法將 6505 路駕駛員之行車型態進行分群後，最終可得到集群 1 為 0600、0480、0556、0877 以及 0672，集群 2 為 1132 以及 0263 之結果。將分群結果與表 12 以及表 13 之數據進行比對，發現集群 2 兩位駕駛員之各項指標表現，除了高速檔位比例以及平均減速度外，其餘指標均低於集群 1 的所有駕駛員，表示集群 2 駕駛員之駕駛行為在轉速變化、車速以及加速度的穩定度優於集群 1 的駕駛員。因此集群 1 相對於集群 2 的駕駛員而言，可視為駕駛行為較差的一群。

將集群 1 與集群 2 之駕駛員行車型態進行 *t* 檢定後發現，雖然集群 2 之平均轉速差、平均加速度、平均正衝度、平均負衝度指標均低於集群 1，但是真正具有顯著差異的指標只有平均轉速差以及平均加速度，表示集群 1 與集群 2 駕駛員行車型態差距最大的是平均轉速差以及平均加速度。因此客運公司可對集群 1 之司機進行後續之教育訓練，將改善重點放在降低平均轉速差以及平均加速度上，並定期檢視其後續指標績效表現，以收改正不良駕駛行為之效。

5.3 6541 路線測試分析

在本研究蒐集的資料中，與 6505 路線使用相同車型的主要營運路線尚有 6541 路以及 6555 路。然而，由於本研究可蒐集的數位式行車記錄器資料中，6555 路的部份遺漏甚多，資料量不足以進行分析，因此本研究僅進行 6505 路以及 6541 路駕駛員之駕駛行為。

同路線 6505，經過圖 6 之流程後，可得到 0300、0309、0756、0307 及 0725 等五位駕駛員之行車型態如下：

表 18 6541 路駕駛員行車型態

駕駛員 編號	平均轉 速差	一檔 比例	二檔 比例	三檔 比例	四檔 比例	平均加 速度	平均減 速度	平均正 衝度	平均負 衝度
300	4.634	0.113	0.202	0.368	0.317	2.532	-2.836	1.964	-1.994
309	5.038	0.108	0.193	0.405	0.294	2.626	-3.347	2.044	-2.148
756	4.782	0.091	0.185	0.420	0.304	2.667	-3.202	2.001	-2.058
307	5.090	0.108	0.164	0.379	0.349	2.658	-3.328	1.959	-2.021
725	5.059	0.120	0.218	0.333	0.329	2.554	-3.271	1.969	-2.101

進一步將各檔位使用比例簡化為高速檔位比例，即三檔檔位比例與四檔檔位比例之和。簡化後如下表 19：

表 19 6541 路駕駛員行車型態(精簡後)

駕駛員 編號	平均轉 速差	高速檔位 比例	平均加 速度	平均減 速度	平均正 衝度	平均負 衝度
0300	4.634	0.685	2.532	-2.836	1.964	-1.994
0309	5.038	0.699	2.626	-3.347	2.044	-2.148
0756	4.782	0.725	2.667	-3.202	2.001	-2.058
0307	5.090	0.728	2.658	-3.328	1.959	-2.021
0725	5.059	0.662	2.554	-3.271	1.969	-2.101

得到上表 19 之各駕駛員之行車型態後，接著進行正規化，可得到行車型態各項指標值之 Z 分數，如下表 20：

表 20 6541 路駕駛員行車型態(Z 分數)

駕駛員 編號	平均轉 速差	高速檔位 比例	平均加 速度	平均減 速度	平均正 衝度	平均負 衝度
0300	-1.418	-0.531	-1.230	1.722	-0.658	1.137
0309	0.582	-0.029	0.295	-0.717	1.585	-1.353
0756	-0.689	0.907	0.977	-0.025	0.389	0.106
0307	0.840	1.017	0.829	-0.627	-0.792	0.711
0725	0.685	-1.364	-0.871	-0.353	-0.524	-0.600

得到上表之各駕駛員行車型態 Z 分數後，即可進行 k-means 分群法。分群結果如下：

表 21 6541 路駕駛員 k -means 分群法初始集群中心點

	集群	
	1	2
平均轉速差	-1.418	.582
高速檔位比例	-.531	-.029
平均加速度	-1.230	.295
平均減速度	1.722	-.717
平均正衝度	-.658	1.585
平均負衝度	1.137	-1.353

表 22 6541 路駕駛員 k -means 分群法最後集群中心點

	集群	
	1	2
平均轉速差	-1.418	.355
高速檔位比例	-.531	.133
平均加速度	-1.230	.308
平均減速度	1.722	-.431
平均正衝度	-.658	.164
平均負衝度	1.137	-.284

表 23 6541 路駕駛員 k -means 分群法集群成員

觀察值號碼	司機	集群	距離
1	300	1	.000
2	309	2	1.822
3	756	2	1.582
4	307	2	1.798
5	725	2	2.078

表 24 6541 路駕駛員 k-means 分群法集群顯著性檢定

	平均數相等的 t 檢定(顯著水準 = 0.05)		
	t 值	顯著性(雙尾)	結果
平均轉速差	-2.253	.110	平均數無顯著差異
高速檔位比例	-.538	.628	平均數無顯著差異
平均加速度	-1.640	.200	平均數無顯著差異
平均減速度	6.180	.009	平均數有顯著差異
平均正衝度	-.685	.542	平均數無顯著差異
平均負衝度	1.426	.249	平均數無顯著差異

經過 k-means 分群法將 6541 路駕駛員之行車型態進行分群後，最終可得到集群 1 為 0300，集群 2 為 0309、0756、0307 以及 0725 之結果。將分群結果與表 19 以及表 20 之數據進行比對，發現集群 1 駕駛員之各項指標表現，除了高速檔位比例以及平均正衝度外，均優於集群 2 的駕駛員。因此，集群 2 相對於集群 1 的駕駛員而言，可視為駕駛行為較差的一群。

將集群 1 與集群 2 之駕駛員行車型態進行 t 檢定後發現，雖然集群 2 之平均轉速差、平均加速度、平均減速度、平均負衝度指標均低於集群 1，但是真正具有顯著差異的指標只有平均減速度，表示集群 1 與集群 2 駕駛員行車型態差距最大的是平均減速度。客運公司可對集群 2 之司機進行後續之教育訓練，將改善重點著重於平均減速度，並定期檢視其後續指標績效表現，以收改正不良駕駛行為之效。

5.4 小結

實例驗證是以客運 6505 路(台中-東勢)、6541 路(卓蘭-台中)等兩條營運路線進行分析。經過 SPSS 12.0 版進行駕駛員行車型態分群，可得到 6505 路編號 0600、0480、0556、0877、0672 等五位駕駛，以及 6541 路編號 0309、0756、0307 以及 0725 等四位駕駛之行車型態較差之分群結果。

透過該客運實地訪談，該客運公司管理階層指出，6505 路線駕駛行為表現較差者為 0600、0556 以及 0877 等三位。6541 路線駕駛行為表現較差者為 0309、0725 兩位，與本研究提出之方法所得之結果雖然無法完全符合，仍可證明本研究之方法可有效分辨出駕駛行為較差之駕駛員。

將 6505 路以及 6541 路駕駛員分群之結果進行顯著性檢定，發現 6505 路兩集群之平均轉速差以及平均加速度有顯著差異，6541 路兩集群則是平均減速度有顯著差異。客運公司管理階層可依此作為未來改善重點，改正駕駛員之不良駕駛行為。

第六章 相關參數敏感度分析

本研究於 4.1 小節介紹如何將車速與轉速資料進行分類，其中判斷車輛是否進行換檔的主要依據為 R_diff 值。因此， R_diff 值之大小對於車輛檔位的判斷有著非常關鍵的影響，造成使用檔位比例的分佈有所變動，進而使最終駕駛員分群結果產生變化。本章即是探討將 R_diff 值改變的情況下，高速檔位比例的分佈情況以及駕駛員分群結果是否有所不同。另外，為瞭解分群法初始群集之選取是否會影響最後分群結果，6.3 節亦對分群法之初始中心進行敏感度分析。

6.1 6505 路線測試分析

根據 4.2 小節，本研究所預設之 R_diff 門檻值為 0.04，因此本章節之測試以 0.01 為單位進行。當 R_diff 增大時，將會使得部份靠近門檻值的換檔點被判定為行駛檔位點，假設 A 點為原本換檔點的情況下，其轉速資料與前後相鄰資料點之轉速資料差距較大，若是將 A 點納入行駛檔位點，則原本不被計算的轉速差將會納入平均轉速差的計算範圍內，造成平均轉速差上升的現象。

再者，正常情況下，車輛起步行駛所使用的檔位是以一檔起步。隨著 R_diff 增大，將會使得一檔檔位的使用比例逐步增加，二、三、四檔位的使用比例逐漸減少，連帶影響高速檔位使用的比例。因此隨著平均轉速差以及高速檔位使用比例產生變化，最後的分群結果也會有所改變。

測試過程中，由於車速類指標不受 R_diff 值變動影響，其值不變，在此不予列出。測試結果如下表 22 至表 28 所示：

(1) 駕駛員 0600

表 25 駕駛員 0600 轉速類指標與分群結果

R_diff	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	5.682	0.713	0.099	0.189	0.368	0.345	0480, 1132, 0263
0.02	5.136	0.758	0.088	0.154	0.315	0.442	0480, 0556, 0877, 0672
0.03	5.076	0.761	0.090	0.149	0.306	0.455	0480, 0556, 0877, 0672
0.05	5.077	0.759	0.094	0.147	0.298	0.461	0480, 0556, 0877, 0672
0.12	5.580	0.745	0.177	0.078	0.302	0.442	0480, 0556, 0877, 0672
0.13	5.687	0.741	0.204	0.055	0.301	0.440	0877, 0672

(2) 駕駛員 0480

表 26 駕駛員 0480 轉速類指標與分群結果

R_{diff}	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	5.159	0.737	0.080	0.182	0.375	0.363	0600, 1132, 0263
0.02	4.777	0.776	0.073	0.150	0.318	0.458	0600, 0556, 0877, 0672
0.03	4.716	0.778	0.076	0.146	0.308	0.470	0600, 0556, 0877, 0672
0.05	4.724	0.773	0.080	0.147	0.298	0.475	0600, 0556, 0877, 0672
0.12	5.269	0.770	0.152	0.078	0.297	0.473	0600, 0556, 0877, 0672
0.13	5.380	0.768	0.169	0.065	0.295	0.473	1132, 0556, 0263

(3) 駕駛員 1132

表 27 駕駛員 1132 轉速類指標與分群結果

R_{diff}	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	4.242	0.827	0.045	0.128	0.446	0.381	0600, 0480, 0263
0.02	3.917	0.848	0.041	0.112	0.383	0.464	0263
0.03	3.862	0.846	0.043	0.111	0.373	0.473	0263
0.05	3.872	0.839	0.047	0.114	0.361	0.478	0263
0.12	4.295	0.828	0.113	0.060	0.348	0.480	0263
0.13	4.348	0.826	0.123	0.051	0.340	0.487	0480, 0556, 0263

(4) 駕駛員 0556

表 28 駕駛員 0556 轉速類指標與分群結果

R_{diff}	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	5.961	0.744	0.109	0.147	0.266	0.478	0877, 0672
0.02	5.144	0.798	0.090	0.112	0.228	0.570	0600, 0480, 0877, 0672
0.03	4.990	0.801	0.091	0.108	0.226	0.575	0600, 0480, 0877, 0672
0.05	4.863	0.800	0.091	0.109	0.219	0.581	0600, 0480, 0877, 0672
0.12	5.393	0.795	0.151	0.054	0.221	0.574	0600, 0480, 0877, 0672
0.13	5.503	0.790	0.165	0.045	0.215	0.575	0480, 1132, 0263

(5) 駕駛員 0263

表 29 駕駛員 0263 轉速類指標與分群結果

R_{diff}	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	4.137	0.777	0.065	0.157	0.442	0.335	0600, 0480, 1132
0.02	3.956	0.801	0.063	0.136	0.384	0.417	1132
0.03	3.987	0.798	0.068	0.135	0.377	0.421	1132
0.05	3.999	0.791	0.074	0.135	0.362	0.429	1132
0.12	4.366	0.800	0.091	0.109	0.354	0.446	1132
0.13	4.451	0.807	0.101	0.092	0.355	0.452	0480, 1132, 0556

(6) 駕駛員 0877

表 30 駕駛員 0877 轉速類指標與分群結果

R_{diff}	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	5.694	0.682	0.109	0.209	0.369	0.314	0556, 0672
0.02	5.154	0.726	0.096	0.178	0.322	0.404	0600, 0480, 0556, 0672
0.03	5.090	0.727	0.098	0.176	0.313	0.414	0600, 0480, 0556, 0672
0.05	5.142	0.718	0.105	0.177	0.305	0.413	0600, 0480, 0556, 0672
0.12	5.657	0.718	0.173	0.109	0.306	0.412	0600, 0480, 0556, 0672
0.13	5.766	0.719	0.191	0.091	0.305	0.414	0600, 0672

(7) 駕駛員 0672

表 31 駕駛員 0672 轉速類指標與分群結果

R_{diff}	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	5.038	0.680	0.077	0.243	0.423	0.258	0556, 0877
0.02	4.798	0.718	0.069	0.213	0.379	0.340	0600, 0480, 0556, 0877
0.03	4.836	0.723	0.071	0.205	0.372	0.351	0600, 0480, 0556, 0877
0.05	4.928	0.719	0.077	0.204	0.365	0.354	0600, 0480, 0556, 0877
0.12	5.456	0.713	0.147	0.139	0.350	0.363	0600, 0480, 0556, 0877
0.13	5.539	0.727	0.151	0.121	0.348	0.380	0600, 0877

當測試 R_{diff} 在 0.02 至 0.12 之間時，駕駛員分群結果與預設之 0.04 分群結果相同，超出這個範圍後群結果將會改變。除了 R_{diff} 門檻值為 0.01 之外，隨著門檻值的增加，一檔使用比例逐漸增加，二檔使用比例逐漸減少，平均轉速差大致有變大的趨勢，高速檔位則是大致有變小的趨勢。

當 R_{diff} 門檻值為 0.01 時，分群結果為駕駛員 0556、0877、0672 為集群 1，0600、0480、1132、0263 為集群 2；當 R_{diff} 門檻值為 0.13 時，分群結果為駕駛員 0600、0877、0672 為集群 1，0556、0480、1132、0263 為集群 2。當分群結果開始改變之後，將新

的分群結果與 5.4 節客運公司所提供之駕駛行為較差之駕駛員名單(0556、0600、0887)比對，可發現新的分群結果將會把駕駛行為較差的駕駛員分在不同集群，無法達成本研究欲找出駕駛行為較差之駕駛員的研究目的。

6.2 6541 路線測試分析

如 6.1 小節，6541 路線亦是以 0.01 為單位進行 R_{diff} 門檻值測試。測試結果如下表 29 至表 33 所示：

(1) 駕駛員 0300

表 32 駕駛員 0300 轉速類指標與分群結果

R_{diff}	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	4.888	0.663	0.101	0.236	0.435	0.228	無
0.02	4.682	0.692	0.102	0.206	0.388	0.304	無
0.03	4.654	0.688	0.110	0.202	0.377	0.311	無
0.05	4.747	0.678	0.119	0.204	0.368	0.309	無
0.17	5.361	0.670	0.271	0.059	0.342	0.327	無
0.18	5.410	0.638	0.302	0.060	0.309	0.329	0725

(2) 駕駛員 0309

表 33 駕駛員 0309 轉速類指標與分群結果

R_{diff}	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	5.307	0.674	0.105	0.222	0.458	0.216	0756, 0307, 0725
0.02	5.071	0.702	0.103	0.194	0.420	0.283	0756, 0307, 0725
0.03	5.027	0.703	0.107	0.190	0.407	0.296	0756, 0307, 0725
0.05	5.249	0.682	0.120	0.198	0.396	0.286	0756, 0307, 0725
0.17	6.016	0.684	0.239	0.076	0.364	0.320	0756, 0307, 0725
0.18	6.075	0.680	0.247	0.073	0.360	0.320	0756, 0307

(3) 駕駛員 0756

表 34 駕駛員 0756 轉速類指標與分群結果

R_diff	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	5.016	0.700	0.085	0.215	0.489	0.211	0309, 0307, 0725
0.02	4.775	0.728	0.082	0.189	0.438	0.290	0309, 0307, 0725
0.03	4.758	0.729	0.087	0.184	0.425	0.303	0309, 0307, 0725
0.05	4.960	0.716	0.093	0.191	0.417	0.300	0309, 0307, 0725
0.17	5.757	0.704	0.237	0.059	0.378	0.326	0309, 0307, 0725
0.18	5.810	0.686	0.261	0.053	0.358	0.329	0309, 0307



(4) 駕駛員 0307

表 35 駕駛員 0307 轉速類指標與分群結果

R_diff	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	5.417	0.687	0.113	0.200	0.445	0.242	0309, 0756, 0725
0.02	5.075	0.727	0.103	0.170	0.394	0.332	0309, 0756, 0725
0.03	5.045	0.731	0.106	0.164	0.384	0.346	0309, 0756, 0725
0.05	5.295	0.719	0.112	0.169	0.373	0.346	0309, 0756, 0725
0.17	6.099	0.675	0.281	0.044	0.287	0.388	0309, 0756, 0725
0.18	6.162	0.637	0.321	0.041	0.243	0.395	0309, 0756

(5) 駕駛員 0725

表 36 駕駛員 0725 轉速類指標與分群結果

R_diff	平均轉速差	高速檔位比例	一檔使用比例	二檔使用比例	三檔使用比例	四檔使用比例	同集群成員
0.01	5.378	0.618	0.120	0.262	0.382	0.235	0309, 0756, 0307
0.02	5.074	0.661	0.113	0.226	0.348	0.313	0309, 0756, 0307
0.03	5.053	0.663	0.118	0.219	0.338	0.325	0309, 0756, 0307
0.05	5.176	0.655	0.125	0.220	0.330	0.325	0309, 0756, 0307
0.17	5.782	0.618	0.355	0.027	0.285	0.332	0309, 0756, 0307
0.18	5.817	0.598	0.376	0.026	0.263	0.336	0300

當測試 R_diff 門檻值在 0.01 至 0.17 之間時，駕駛員分群結果與預設之 0.04 分群結果相同，超出這個範圍後群結果將會改變。與 6505 路線相同的是，除了 R_diff 門檻值為 0.01 之外，隨著門檻值的增加，一檔使用比例仍是逐漸增加，二檔使用比例則是逐漸減少，平均轉速差有變大的趨勢，高速檔位則是有變小的趨勢。

當 R_diff 門檻值為 0.18 時，分群結果為駕駛員 0300、0725 為集群 1，0309、0756、0307 為集群 2。當分群結果開始改變之後，將新的分群結果與 5.4 節客運公司所提供之駕駛行為較差之駕駛員名單(0309、0725)比對，可發現同 6505 路，新的分群結果亦將會把駕駛行為較差的駕駛員分在不同集群，無法正確分辨出駕駛行為較差之駕駛員。

6.3 k -means 分群法起始中心敏感度分析

本研究使用 k -means 分群法進行分群，如 4.3 節所述，第一個步驟是隨機取 k 個資料點作為初始中心。然而，為瞭解初始中心之選取是否會影響最後分群結果，因此本研究以 6505 路線之分群結果進行分析。

本研究隨機挑選的初始中心資料點於最後分群結果僅有兩種情況：兩初始中心點為不同集群以及兩初始中心點為相同集群。因此，本研究選定不同集群 0877 與 1132 兩位駕駛員之行車型態為初始中心進行分群，與選定相同集群 0263 與 1132 兩位駕駛員之行車型態為初始中心進行分群，觀察兩者最終之集群中心以及分群結果是否有所不同。分析結果如下表 37 與表 38：

表 37 不同集群資料點為初始中心之分析結果

初始集群中心點	司機 0877	司機 1132	最後集群中心點		司機	集群
	群集 1	群集 2	群集 1	群集 2		
平均轉速差	0.937	-1.521	0.563	-1.408	0600	1
高速檔位比例	-1.179	1.558	-0.404	1.011	1132	2
平均加速度	1.16	-1.245	0.5138	-1.284	0556	1
平均減速度	-1.561	1.734	-0.326	0.815	0263	2
平均正衝度	1.66	-0.817	0.4372	-1.093	0877	1
平均負衝度	-1.666	0.868	-0.404	1.011	0672	1

表 38 相同集群資料點為初始中心之分析結果

初始集群中心點	司機 0263	司機 1132	最後集群中心點		司機	集群
	群集 1	群集 2	群集 1	群集 2		
平均轉速差	-1.295	-1.521	0.563	-1.408	0480	1
高速檔位比例	0.463	1.558	-0.404	1.011	1132	2
平均加速度	-1.323	-1.245	0.5138	-1.284	0556	1
平均減速度	-0.105	1.734	-0.326	0.815	0263	2
平均正衝度	-1.368	-0.817	0.4372	-1.093	0877	1
平均負衝度	1.153	0.868	-0.404	1.011	0672	1

由表 37 與表 38 可以看出不論初始中心點之選擇是否為相同集群成員，最終之分群結果與最後集群中心點皆不會改變，可見在本研究中 k -means 分群法起始中心之敏感度偏低。

6.4 小結

本章主要探討 R_{diff} 值改變的情況下，各檔位比例的分佈情況以及駕駛員分群結果是否亦隨之變動。經過分析後發現，路線 6505 之 R_{diff} 門檻值在 0.02 至 0.13 之區間以及路線 6541 之 R_{diff} 門檻值在 0.01 至 0.18 之區間時，其駕駛員分群結果與預設之 R_{diff} 門檻值(0.04)相同。

雖然兩者區間並不相同，但是 R_{diff} 門檻值調整的過程中，可以發現除了 R_{diff} 門檻值為 0.01 之外，隨著門檻值的增加，一檔使用比例會逐漸增加，二檔使用比例會逐漸減少，平均轉速差會有變大的趨勢，高速檔位則是有變小的趨勢。

綜合本章分析之結果，可以得知 R_{diff} 門檻值在 0.02 至 0.12 之間的分群結果與預設門檻值 0.04 所得之分群結果相同，即預設門檻值縮小一半或是擴大為三倍所得之分群結果皆相同，可見該參數之敏感度偏低。另外，不論初始中心點之選擇是否為相同集群成員，最終之分群結果與最後集群中心點皆不會改變，可見在本研究中 k -means 分群法起始中心之敏感度偏低。

第七章 結論與建議

本研究之目的在於利用數位式行車紀錄器之車速與轉速資料，代入衡量駕駛行為之各項指標，找出同一路線之駕駛員駕駛型態並分群之，以協助客運業者管理階層找出駕駛行為偏差之駕駛，以後續之駕駛教育或獎懲制度處置，達到節省車輛燃油成本之效果。綜合前述各章節之探討，歸納出以下結論與建議。

7.1 結論

1. 本研究提出將行車紀錄器資料點分類的方法，將資料點分為行駛檔位點、換檔點以及怠速點三類，主要依據為每秒車速與轉速資料之比值(R)、相鄰兩秒之比值差絕對值(R_diff)以及怠速點速度門檻值。圖 2 經圖 5 流程後，可得到圖 3 之結果，足見本研究提出之方法可有效將行駛檔位點找出，以利進行各項指標運算。
2. 本研究提出車速及轉速兩大類六項指標衡量駕駛行為，藉此得到各駕駛員之行車型態並加以正規化，進行 k -means 分群法將駕駛員分群。經分析後發現，本研究之分群結果與該客運公司高層所指出之駕駛行為較差駕駛員名單相去不遠，足見本研究所提之指標可有效反映影響車輛油耗之駕駛行為，並找出較差的駕駛員及表現較差之項目，可供管理階層進行改善之依據。
3. 本研究亦探討 R_diff 值改變的情況下，對於分群結果是否有所影響。經過分析後發現， R_diff 門檻值在 0.02 至 0.12 之區間，其駕駛員分群結果與預設之 R_diff 門檻值 (0.04) 相同。即預設門檻值縮小一半或是擴大為三倍所得之分群結果皆相同，可見該參數之敏感度偏低。
4. 本研究為瞭解分群法初始群集之選取是否會影響最後分群結果，以 6505 路線之分群結果進行分析。經過分析後發現，不論初始中心點之選擇是否為相同集群成員，最終之分群結果與最後集群中心點皆不會改變，可見在本研究中 k -means 分群法起始中心之敏感度偏低。

7.2 建議

1. 本研究所取得之行車紀錄器資料為引擎轉軸計數器以及車輛輪軸計數器之回傳值，需經過轉換後方為吾人所熟悉之 RPM 以及 km/h 等單位。若是能取得車輛相關資料將回傳值轉換為 RPM 以及 km/h 等單位，可使相關營運部門主管對於各項指標值有較直觀的概念。

2. 本研究之範圍侷限於同車型、非尖峰時段、同路線駕駛員之駕駛行為衡量，並未考量週末假日以及平常日之差別，因此後續研究可將班次取樣之時間點作更仔細的劃分，如平常日之首班車及末班車等，將車流干擾之因素降至最低。
3. 行車紀錄器回傳資料為分析主軸，班次樣本品質與回傳資料遺漏多寡有相當大的相關性。一旦取樣班次的資料遺失過多，將無法切確反應該駕駛員之駕駛行為，甚至造成結果誤判。因此，搜集行車紀錄器資料須多加留意記錄器回傳資料穩定度。
4. 本研究利用二類共六項指標分析駕駛員之駕駛行為，將駕駛員分群。建議後續研究可繼續蒐集車輛油耗、維修成本等資料，找出各項指標與車輛油耗、維修成本之相關性。
5. 本研究主要目的為分析駕駛員之駕駛行為，班次取樣時盡量將可能影響車輛油耗之因子控制在同一水準。建議後續研究可以將駕駛人因子設為應變數，研究駕駛行為與行車環境、尖離峰時段等影響車輛油耗因子之間的關係。
6. 本研究對於行車紀錄器回傳資料之遺漏比例並無估算，可能對部份取樣班次之指標計算造成影響。因此建議後續研究可多加留意取樣班次之行車記錄器資料遺漏情形，建立資料完整性檢查機制，以汰除過多遺漏資料之班次，增加演算法的正確性。
7. 本研究所提之行車紀錄器資料點分類方法中，怠速點的車速門檻值亦可能為一檔檔位行駛的車速，可能因此造成行駛檔位點被誤判為怠速點的情形。另一方面，部分相鄰換檔點的 R_diff 值會在預設之門檻值內，而被判定為行駛檔位點。後續研究可依本研究之方法為基礎，尋求更好的行車紀錄器資料點分類方式。

参考文献

1. Waters, M. H. L. and I. B. Laker., "Research on Fuel Conservation for Cars," Report No. 921, Transportation Research Laboratory, Crowthorne, England, 1980.
2. Hooker, J. N., "Optimal driving for single-vehicle fuel economy," Transportation Research Part A, Vol.22, No.3, pp. 183-201
3. Decicco, J. and M. Ross, "Recent advances in automotive technology and the cost-effectiveness of fuel economy improvement," Transportation Research Part D, Vol.1, No.2, pp. 79-96, 1996.
4. Ericsson, E., "Variability in Urban Driving Patterns, " Transportation Research Part D, Vol.6, No.5, pp. 323-345, 2001.
5. van der Voort Mascha, Mark, S. Dougherty and Martin van Maarseveen, "A prototype fuel-efficiency support tool," Transportation Research, Part C, Vol. 9, No.5, pp. 279-296, 2001.
6. LAN Lawrence W. and KUO April Y., "Modeling bus drivers' aberrant behaviors and the influences on fuel and maintenance costs," Journal of advanced transportation, Vol.38, No.1, pp. 93-113, 2003.
7. Kuhler, M., Karstens,D., "Improved driving cycle for testing automotive exhaust emissions", SAE Technical Paper Series 780650,1978.
8. Andre, M., "Driving cycle development: characterization of the methods", SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting. SAE Paper 961112, Washington, DC, 1996.
9. Mascha van der Voort, Mark S. Dougherty, Martin van Maarseveen, "A prototype fuel-efficiency support tool," Transportation Research Part C, Vol. 9, No. 4, pp 279-296, 2001.
10. Agrawal, R., Srikent, R., "Fast Algorithms for Mining Association Rules", Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases, pp. 478-499, Santiago, Chile, September 1994,.
11. Agrawal, R., Srikent, R., "Mining sequential patterns", Proceedings of the 11th International Conference on Data Engineering , pp. 3-14, 1995.

12. Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jörg Sander, Xiaowei Xu, "A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise", Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 226–231, 1996.
13. 賴明堂，「市區小客車行車耗油模式建立之研究」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 86 年
14. 陳君杰，「汽機車行車型態與其污染排放及油耗之研究：以台北都會區為例」，交通大學交通運輸研究所博士論文，民國 86 年
15. 林家聖，「駕駛人不當操作行為對公路客運行車及保修費用影響之研究」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 91 年
16. 張季倫，「公路客運行車監控之研訂及駕駛與車輛資料庫管理系統之研發—數位式行車紀錄器之應用」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 91 年
17. 高啟涵，「運用資料採礦技術探討數位式行車紀錄器於公路客運駕駛員異常操作行為管理之研究」，淡江大學運輸管理學系碩士論文，民國 94 年
18. 蔡永祥，「以數位式行車紀錄器辨析高肇事大客車駕駛族群」，交通大學運輸科技與管理學系碩士論文，民國 96 年
19. 曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉、王慶堯，資料探勘，旗標出版社，2008 年 9 月出版
20. 郭守穗著，「你愛車車愛你(實用篇)」，初版，台視文化出版，民國 88 年
21. William H. Crouse & Donald L. Anglin 著，「汽車學(二)—汽車驅動系統與底盤」，劉崇富譯，初版，美商麥格羅希爾國際股份有限公司出版，民國 86 年
22. 吳姿瑤，「國內開放式股票型基金在分類與預測模式比較之研究」，成功大學統計學研究所碩士論文，民國 94 年
23. 陳芳正，「長途客運業駕駛績效之探討」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 94 年
24. 潘偉南，「影響國道客運駕駛績效與油耗因素之探討」，成功大學交通管理學研究所碩士論文，民國 95 年
25. 王詩涵，「國道客運駕駛員駕駛行為、駕駛表現與人格特質之探討」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 95 年
26. 楊淑娟，「使用數位式行車紀錄器之駕駛安全研究」，逢甲大學交通工程與管理學研究所碩士論文，民國 95 年

27. 黃湄清，「利用資料探勘技術於台灣地區肇事危險判別之研究」，中央大學土木工程研究所碩士論文，民國 92 年
28. 吳明隆，SPSS 統計應用實務，松崗電腦圖書資料股份有限公司，民國 89 年出版
29. 周暉堡，「運用分群技術在識別新型態的網路異常入侵偵測」國立成功大學資訊管理研究所碩士論文，民國 96 年

