

大型車運輸業者節油管理策略可行性指標之建立

張建彥^{1*}、周佳穎¹、胡雅芬¹、李林晉¹

¹ 中華大學運輸科技與物流管理學系

*Email: axle@chu.edu.tw

摘要

根據經濟部能源局資料顯示，運輸部門之能源消耗僅次於工業部門，其中各運輸系統(國內航空、公路、鐵路、國內水運)之能源消耗量，又以公路運輸為最大宗，約占9成以上。另外，營業用之大型車，如大客車、大貨車、聯結車等，多屬於長距離或長時間使用之職業用車輛，對於燃油能源的消耗均相當可觀，且車隊所使用之燃料成本約占其營運成本的3成左右，因此許多客運業及貨運業者紛紛尋求改善油耗效率或降低油耗成本之策略。過去已有相關研究提出許多節油策略或方法，然其節油助益程度與執行之難易程度，卻尚無具體客觀的綜合衡量指標或模式可供參考。因此，本研究以文獻回顧評析確立節油管理策略之分類，再利用層級分析法(AHP)，建立3階層(含目標層)10項指標之架構，並經由33位專家之問卷調查與分析，建立節油成效權重。另外，結合34家業者對節油管理策略成效之落實度與重要度，建立可行性指標。透過本研究之可行性指標公式，可以發現優先序位第一名為「車輛保養管理與定期查核」，指標值為43.8092；第二名為「節油獎勵制度」，指標值為42.4965；第三名為「節油駕駛教育訓練」，指標值為35.5608。本研究可為大型車運輸業者及交通管理單位一套數據化的分析模式，作為實施節油管理策略之依據。

關鍵字：客運業、貨運業、節油管理策略、可行性指標、層級分析法

1. 前言

根據經濟部能源局資料顯示，運輸部門之能源消耗僅次於工業部門(經濟部能源局，2018)，其中各運輸系統(國內航空、公路、鐵路、國內水運)之能源消耗量，又以公路運輸為最大宗，約占9成以上。公路運輸系統之能源使用與溫室氣體排放，除了是小客車與機車等私人運具的大量使用所致外，客、貨運輸業者的大型柴油車運送營業亦是主要原因。目前國內大型柴油車的運輸業者主要是大客車、大貨車或聯結車之運輸業者，依據「公路法」第34條規定，公路汽車運輸業包括公路汽車客運業、市區汽車客運業、遊覽車客運業、計程車客運業、小客車租賃業、小貨車租賃業、汽車貨運業、汽車路線貨運業及汽車貨櫃貨運業9大類，其中公路汽車客運業、市區汽車客運業、

遊覽車客運業的營業車種多屬大客車，而汽車貨運業、汽車路線貨運業與汽車貨櫃貨運業的營業車種則以大貨車或聯結車為主，此外，還有快遞業、物流業、搬家業、宅配業等，亦多採用大貨車營運。這些營業用之大型柴油車，就行駛里程與行駛時間而言，多屬於長距離或長時間使用之職業用車輛，對於燃油能源的消耗與溫室氣體的排放，均相當可觀，而且車隊所使用之燃料成本約占其營運成本的3成左右，油耗成本早已成為公路汽車運輸業的重大成本負擔，因此許多業者紛紛尋求改善油耗效率(即每公升耗油之行駛里程數，單位為公里/公升)或降低油耗成本之策略。

基本上，就單一運輸業者之經營而言，運輸車輛油耗改善之策略大致可包括駕駛者管理、車輛管理、節油輔助系統導入三個面向，在駕駛者管理方面，以節油駕駛行為管理、節油獎勵制度、節油駕駛教育訓練三大措施為主；在車輛管理方面，主要策略則包括汰換老舊(耗油)車輛、車輛保養管理與定期查核、行車前標準檢查作業，至於節油輔助系統導入面向，目前則有導入節油設施如導風板、節能輪胎、胎壓偵測器等、裝置衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)、行車紀錄器及應用車隊管理系統進行車輛派遣與調度，其層級概念可如圖1所示。其中，在駕駛者管理部分，節油駕駛行為管理、節油獎勵制度、節油駕駛教育訓練三大策略環環相扣，彼此間有密切之關係，如圖2所示(張建彥，2015)。圖中之架構可稱為節油駕駛管理之架構，以節油獎勵制度而言，其目的在於推動節油駕駛行為管理，而節油駕駛行為管理的結果，應作為節油駕駛教育訓練之基礎，例如透過節油駕駛行為管理的分析，了解公司較耗油的駕駛者有那些不良的駕駛行為或習慣，再依此設計教育訓練方案或課程，改善其行為或習慣。另外，節油駕駛行為管理與節油駕駛教育訓練的成果，亦可進一步回饋作為節油獎勵制度改善的參考，而此三大措施之核心即為駕駛行為資料管理。作為節油駕駛行為管理、節油獎勵制度、節油駕駛教育訓練之核心資源，駕駛行為資料之蒐集與管理為相當重要的必備工作，目前主要的資料蒐集技術是駕駛行為紀錄系統與油耗紀錄系統。

另一方面，前述節油管理策略雖具有改善油耗效率之效果，但其節油助益程度與執行之難易程度，則尚無具體客觀的綜合衡量指標或模式可供參考。因此，本研究乃針對大型車運輸業者節油管理策略對節油成效之影響進行分析，並建立整合節油管理策略成效與執行困難度之可行性指標，以提供大型車運輸業



者推動管理策略之優先順序參考。其中，在節油管理策略成效部分，主要以層級分析(Analytic Hierarchy Process, AHP)法為基礎，設計問卷進行調查分析，以建立各項策略指標之相對權重；至於節油管理策略之執行困難度部分，則蒐集財團法人車輛研究測試中心針對34家業者之車隊節能輔導後續成效追蹤問卷，進行分析，分別建立策略指標之落實度與重要度權重。

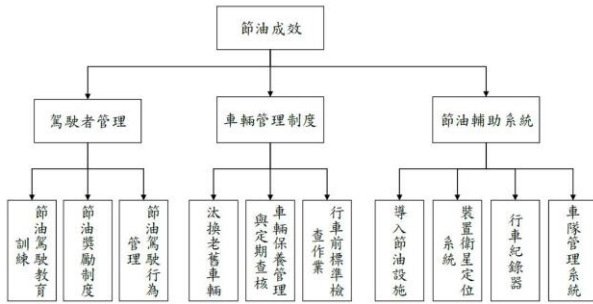


圖1 運輸車隊節油管理策略架構圖

資料來源：(張建彥，2015)

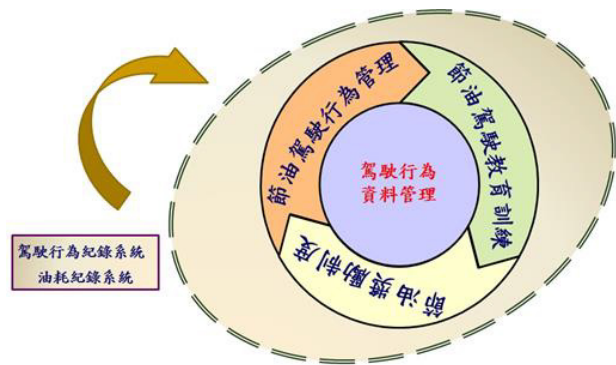


圖2 節油駕駛管理之架構示意圖

資料來源：(張建彥，2015)

2. 文獻回顧

本研究蒐集國內、外有關車輛節油方法與技術、節油駕駛管理策略等相關文獻進行回顧與整理，說明如後。

2.1 車輛節油方法與技術

在國內方面，政府與民間單位亦加強推動節油駕駛之宣導，以新北市政府環境保護局之網站(新北市政府環境保護局，2014)為例，其提供綠色交通省油方法包括：(1)車身流線型；(2)車身輕、低排氣量；(3)淺色系較省油(可省1~2%)；(4)選購適合的隔熱紙，減少冷氣負荷；(5)大貨車加裝導流板，可省油6%以上；(6)減少不必要的車上負載；(7)加油小心避免濺出、油蓋拴緊減少蒸發；(8)發動不暖車、緩步啟動行；(9)等速行駛、避免轉彎與變換車道；(10)小客車高速

行駛維持80~90公里/小時最省油；(11)小客車市區行駛維持40~50公里/小時最省油；(12)商用車維持40~50公里/小時最省油；(13)機車維持30~40公里/小時最省油；(14)行車維持安全距離，避免緊急煞車；(15)轉彎應柔和、平穩，多利用引擎煞車；(16)停車超過三分鐘應熄火；(17)涼爽天氣關閉冷氣可省油16%；(18)車速80公里/小時以上關窗開冷氣比開窗省油；(19)開車前車內溫度高，應開門窗散熱後再啟動冷氣；(20)多利用非尖峰時段出門，省時又省油；(21)定期保養可提高燃油效率；(22)保持標準胎壓，安全又省油。溫蓓章等人(2012)探討大客車導入節能技術之影響因素，其研究顯示節能技術導入是否具有成效，深受車隊營運型態影響。王傳賢(2015)則針對車隊節能管理與環保駕駛訓練進行探討，說明透過對駕駛者訓練及顯示模組輔助，駕駛者在落實節能駕駛後可改善4%~9%耗油量；當戶外溫度較低(約攝氏25度)且車速不高時，關閉冷氣約可省油10%以上。此外，近年來節油駕駛之技術發展也逐漸從離線之靜態分析發展到駕駛過程中之即時動態建議或警示(張建彥，2012；呂仲生和張建彥，2014；張建彥和蘇乙鳴，2015)，如圖3所示，此一「駕駛行為即時警示裝置」係透過駕駛行為分析輔助之模組介面，設置於駕駛座前明顯處，於車輛出勤過程中進行即時性駕駛行為警示，若出現非節油行為時立即亮起燈號提醒駕駛者以修正其行為。介面分為兩個區塊，即：(1)整體行為評價，分成佳(Good)、正常(Normal)、劣(Poor)三大程度，使用綠、黃、紅三種燈號顯示，綠燈表示駕駛行為「佳」，黃燈表示駕駛行為「正常」，紅燈則表示駕駛行為「劣」，每一程度各再細分三種等級(Level)，共有九種等級；(2)耗油行為警示，以常見之五種耗油駕駛行為為主，分別是轉速太高、檔位過低(未確實切換至適當的高檔位)、怠速過久、急躁行為(急加速或急減速)、車速過高(通常為超速)，透過燈號警示駕駛者目前的耗油駕駛行為，作為即時改善依據。系統開機時，行為分數(整體行為評價)燈號預設為滿格，當耗油行為出現時分數燈號會逐一熄滅，對應之耗油行為燈號也隨之亮起，若耗油行為較為嚴重時，燈號也會大量熄滅以顯示其嚴重程度，駕駛者可同時得知目前行駛過程中所得到的評價分數及必須改善之耗油駕駛行為。

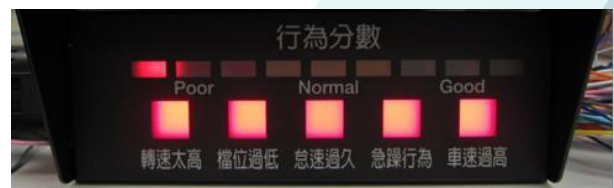


圖3 駕駛行為即時警示裝置圖

資料來源：(呂仲生和張建彥，2014)

在國外文獻方面，Newman et al. (1989)量測商用車與貨車車隊的油耗資料，以車輛排氣量、車重與平均速率作為油耗預測因子。Ericsson(2000)提及駕駛型態的差異受相當多因素的影響，外部因素可能為街道型態、車道數量、交通狀況、車型等，還有駕駛者本身特性。Vlioger et al. (2000)探討駕駛者特性與環境對油耗之影響，實驗過程中分別以一般型與衝動型駕駛者搭配各種道路狀況和行駛路徑型態來進行油耗量的評估，結果發現無論在何種駕駛行為下，壅塞交通狀況比一般交通狀況產生較多油耗與污染；當駕駛者為一般型時，車輛行駛於都會區比在外環道路造成較多油耗與污染，幾乎是兩倍之多；衝動型駕駛者在都會區與鄉村道路都有較多的油耗，而在外環道路則因交通流量平穩而油耗較低。另外，衝動型駕駛者的劇烈加、減速行為與高速行駛是造成油耗大增的原因。Rakha et al. (2003)除了以車速作為油耗與污染排放變數外，亦將車輛暫停行為納入考慮，結果顯示車輛暫停會產生較高油耗與污染，而速率對於燃油消耗的影響大於車輛暫停行為。Wang et al. (2008)則應用車載排放量測系統(Portable Emission Measurement System, PEMS)建立一個以車輛牽引動力為基礎的油耗模型，實驗結果發現隨著行駛速率增加而油耗會顯著提高，另外車輛加速時油耗也會增加。Tang et al. (2016)針對駕駛者與自駕車建立即時節油駕駛(Eco-driving)模式，透過駕駛模擬器之實驗與測試，評估不同節油駕駛建議策略、聲響或視覺提示、提示頻率對駕駛者之影響成效，以及利用VISSIM模擬平台分析自駕車依據節油駕駛模式調整駕駛行為之效果，最後再以MOVES法估算溫室氣體的排放量，結果顯示所模擬的情境對於溫室氣體(CO₂)之降低均有正面的效果。其中，採用聲響搭配10秒一次的提示頻率對駕駛者最有效果，至於自駕車之即時節油駕駛模式則可降低20%的溫室氣體(CO₂)排放量，但其排放量降低的效果也必須依據交通狀況而定。Huang et al.(2018)認為節油駕駛對降低油耗與溫室氣體排放是相對低成本而收效迅速的策略，其研究回顧整理了節油駕駛技術的主要影響因素、研究方法與執行方式，其中主要影響因素包括加/減速、車速、路徑選擇和怠速，教育訓練計畫與車內回饋設備則可應用於節油駕駛技術之執行與推動，對於改善油耗與排放具有顯著的效果。另外，該研究也認為節油駕駛的成效會因為駕駛者多年的不良駕駛習慣而衰退，因此必須建立可整合於車內硬體設備之量化節油駕駛型態，來提供長期性一般化的改善機制。此外，目前研究多數聚焦於個別車輛之耗油量與溫室氣體降低，但往往忽略了整體路網層級的效果，研究最後也提出節油駕駛技術之挑戰與未來研究方向。

表1為相關研究之油耗影響因素整理表，從表中可知，車輛、駕駛行為、道路特性及氣候特性皆為影響油耗之因素。

表1 油耗影響因素整理表

作者 (年度)	車輛					駕駛行為		道路特性			環境特性		
	速度	加速率	重量	車輛排氣量	燃油效率	車齡	怠速	駕駛特質	車道數量	交通狀況	情境狀況	氣壓	濕度
Newman et al. (1989)	✓		✓	✓									
Ericsson (2000)									✓				
Vlioger et al. (2000)										✓			
林家聖 (2002)		✓	✓		✓	✓	✓	✓				✓	✓
Rakha et al. (2003)	✓						✓						
Wang et al. (2008)	✓	✓											
Huang et al. (2018)	✓	✓					✓				✓		

2.2 節油駕駛管理策略

在駕駛者管理方面，以節油駕駛行為管理、節油獎勵制度、節油駕駛教育訓練三大措施為主，相關文獻整理，分別如表2、表3及表4所示，表中顯示節油駕駛行為管理、節油獎勵制度與節油教育訓練均有不同的作法與影響，但整體而言均可達到節油的效果，倘若可以透過駕駛者管理，找出耗油之關鍵駕駛行為，實施教育訓練以改善其駕駛習慣，並提供獎勵誘因以鼓勵優良駕駛行為，應能有效提升油耗效率並降低燃油成本。

此外，綜合相關文獻之研究結果可知，節油駕駛管理策略之節油成效約在9%至15%不等，但不同文獻之節油成效並不一致，且並未針對大型柴油車運輸業者或駕駛者進行研究分析，而過去相關研究亦較少針對節油管理策略之執行困難度(如耗費時間、耗費成本)進行分析，鑒於有些節油管理策略雖能產生很大之成效，但若執行困難度過高，仍會降低其可行性，因此本研究後續乃整合各項策略之節油成效與執行困難度，建立可行性指標。



表2 節油駕駛行為管理相關文獻整理表

作者	研究結果
Evans (1979)	研究顯示若駕駛者減少急加速及急剎車的次數，在行駛時間不變的情況下，耗油量可減少約14%。
Waters and Laker (1980)	以實車進行實驗，結果顯示較平和的駕駛習慣可減少約15%耗油量。
Barth and Boriboonsomsin (2009)	以實車模擬及即時監控技術進行實驗，結果發現透過節油駕駛至少可降低10%至15%之耗油量及污染排放量。
Ando and Nishihori (2012)	以豐田市2009至2010年節油駕駛執行狀況進行統計，分析影響節油駕駛效益之因素，結果顯示駕駛行為、車速及行駛距離，皆有可能影響節油駕駛實際執行之成效。

表3 節油獎勵制度相關文獻整理表

作者	研究結果
王詒涵 (2006)	透過變異數分析(ANOVA)發現年齡群組於41歲以上與駕駛經驗在101~150個月以上之駕駛人，有較高之平均獎勵得分；教育程度較高之駕駛人其急加或急減次數較低；駕駛經驗越高之超車次數會越高。針對這些結果，建議業者對表現較差者加強教育訓練，並對表現良好者給予適當獎勵。
鄭敦友 (2012)	提出激勵誘因應用在節油駕駛之影響效果分析，應用「動機」、「機會」、「能力」模式針對節油獎金辦法所形成之節能效果進行研究，實驗結果顯示，節油獎金辦法之實施對燃油效率提升具有顯著之影響。
車輛節能應用技術研究網站 (2015)	節油獎勵制度辦法需包含標準油耗的建立與節油獎勵辦法。其中，標準油耗建立部分，初期建立可藉由車隊歷史油耗資料，逐年或逐月檢視公司的用油狀況後，選取其中一年或季的平均值訂為標準油耗，往後再定期調整；至於節油獎勵辦法部分，節油獎金的發放可分為以下兩種方式：(1) 駕駛者每節省1公升之油錢，即依部分比例提撥，較適合車隊業者初期進行車隊節能時的節油獎勵辦法。(2) 藉由標準油耗，訂立不同級距的節油獎金，例如高於標準油耗的20%，發放2000元獎金；高於標準油耗的30%，發放5000元獎金等。

表4 節油駕駛教育訓練相關文獻整理表

作者	研究結果
Shinpo (2007)	日本於2007年提出環保駕駛的10項建議修正項目。如：怠速不要超過5分鐘，起步5秒內在時速20公里左右能降低11%的油耗，設定冷氣過低會增加超過12%左右的油耗，胎壓低於50KPa會增加2%~4%的油耗，多載100kg的物品增加3%的油耗等。環保駕駛訓練施行方式包括：講習前以相關設備紀錄實車駕駛時的油耗、油門踏板深度等；完成實車駕駛後進行環保駕駛講習再實車駕駛一次，之後安全駕駛中心提供報表給駕駛者，比對講習前後的變化及減少之二氧化碳排放量，進行教育訓練效果之評估。
林彥志 (2009)	駕駛者透過節油駕駛課程訓練後，可改善其駕駛習慣，節省10%至15%之燃油消耗。
Chang and Wei (2012；2013)	利用大客車駕駛模擬器建置具有市區號誌化路口燈號轉換即時警示及高速公路跟車駕駛警示功能概念之線上環保駕駛監控系統的駕駛模擬評估場景，並進行駕駛模擬實驗設計，實驗設計結果顯示這些功能設計對於改善大客車駕駛者之急減速反應，從而減少油耗，有其正面之效益。其中，各項模擬實驗場景即可作為駕駛訓練的工具。
Vigil Solution (2013)	SBS建立定期回訓制度，駕駛者以2年為1個週期接受回訓課程訓練，但是若有駕駛者發生肇事，則必須立即回訓。回訓輔助訓練在不良駕駛行為修正和肇事率降低方面都具有一定的效益。
UK Road Safety Ltd. (2014)	經由學習節油駕駛知識，平均節油效益可達10% (1.9%~17%不等)。
許峻嘉等人 (2014)	透過與客運公司及公路總局合作的方式，利用偵測設備蒐集駕駛人資料，透過教育回饋課程機制以建立駕駛人節能及安全駕駛行為。其實驗設計結果顯示，訓練後之整體燃油效率提升了約5.19%，同時減少CO ₂ 排放量約58,000kg。

3. 分析模式建立

本研究蒐集既有節油管理策略、環保駕駛之相關文獻，歸納整理出10項節油管理策略；建立層級分析

法(Analytic Hierarchy Process, AHP)之問卷,透過專家學者填寫,以分析節油管理策略之成效權重;同時與財團法人車輛研究測試中心聯繫,蒐集其車隊節能輔導問卷之落實度與重要度相關數值;最後結合節油管理策略之成效權重、落實度與重要度,建立可行性指標公式,並對節油管理策略可行性之優先序位進行排序。本研究之分析模式如圖3所示,模式各部分之重要步驟,詳細說明如後。

3.1 節油管理策略

節油管理策略之內容,詳述如下:

- (1)節油駕駛行為管理:透過節油駕駛行為管理的分析,了解公司較耗油的駕駛者 有那些不良的駕駛行為或習慣。
- (2)節油獎勵制度:節油獎勵制度包含標準油耗的建立與節油獎勵辦法。
- (3)節油駕駛教育訓練:駕駛者透過節油駕駛課程訓練後,可改善其駕駛習慣。
- (4)汰換老舊車輛:當車齡愈老、車重愈重、累積行駛里程數愈長,車輛的油耗效率愈低,污染排放愈多。
- (5)車輛保養管理與定期查核:定期處理車輛保養及維修,並加以查核。
- (6)行車前標準檢查作業:檢查五油(燃油、機油、動力方向油、煞車油、變速箱油)三水(電瓶水、冷卻水、雨刷水)、保持正確胎壓、規劃最佳路線、減少不必要之負載、迴避交通尖峰時段行駛。
- (7)導入節油設施:如導風板、節能輪胎、胎壓偵測器等。
- (8)裝置衛星定位系統:透過全球衛星定位系統,追蹤駕駛者所處的位置、速度與時間,利於車輛調度及監控。
- (9)行車紀錄器:利用行車紀錄器發展駕駛者與車輛資料庫管理系統,以及行車監控措施,包括異常轉速、車速不穩、衝度異常等。
- (10)車隊管理系統:進行車輛派遣與調度,提高派遣時效與落實油耗管理。

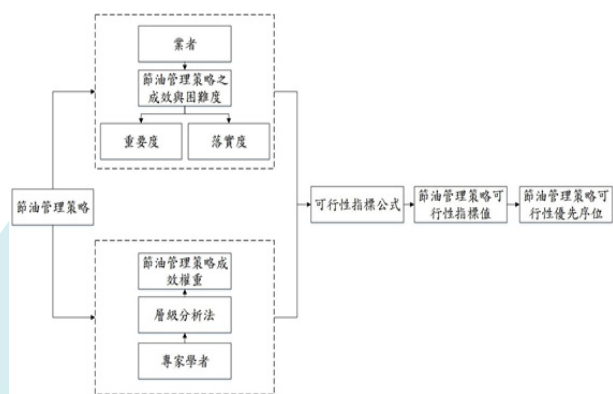


圖3 分析模式架構圖

3.2 業者

本研究針對客、貨運業者進行問卷與訪談,了解業者對於節油管理策略之成效與困難度。在業者訪談中,節油駕駛行為管理、汰換老舊車輛與行車前標準檢查作業,是業者已執行但是感到困難的,同時並與財團法人車輛研究測試中心(簡稱車輛中心)聯繫,蒐集車隊節能輔導之落實度與重要度相關數值,分析業者對於節油管理策略之重要度與實際執行之落實度。

3.3 專家學者

根據AHP分析架構,設計問卷,透過專家學者進行問卷調查與分析,得出節油管理策略之節油成效權重。

3.4 可行性指標公式

節油管理策略對於業者來說可能都有幫助,但幫助的程度卻沒有一致的標準,而有些節油管理策略在節油方面可能有很大的效果,但對於業者來說可能執行困難度也很高,因此,本研究以 AHP 問卷評估節油管理策略之相對成效權重,再結合落實度與重要度,建立可行性指標,公式如下式(1)所示。其中,節油成效權重之數值範圍設定介於0.00至1.00,權重越大代表專家認為其節油成效愈佳,反之則代表節油成效較差;落實度與重要度之數值範圍介於 1.00 至 10.00,落實度分數越高,代表業者在該節油管理策略落實較多,反之則代表業者較少落實,而重要度分數越高,代表業者認為該節油管理策略是較重要的,反之則代表業者認為不那麼重要。整體而言,可行性指標之數值範圍介於0至100,可行性指標值越大代表該節油管理策略之可行性越高,應優先實施。

$$\text{可行性指標} = \text{節油成效權重} \times (\text{落實度} \times \text{重要度}) \quad (1)$$

4. 可行性指標分析

4.1 AHP問卷調查與分析

確定層級架構與指標(如圖1所示)後,本研究乃設計AHP問卷,採用9尺度量表,在指標相對權重之「相同重要」、「稍重要」、「頗重要」、「極重要」、「絕對重要」五尺度間,再另外劃分四個尺度。本問卷以電子郵件方式發放。AHP問卷評估尺度劃分為1、3、5、7、9之衡量值,分別代表「相同重要」、「稍重要」、「頗重要」、「極重要」、「絕對重要」,並在五個尺度間另外劃分四個尺度,分別給予2、4、6、8等衡量值。至於填寫問卷之專家或業者代表包括交通運輸、車輛工程及節油駕駛領域的大學教師、車輛中心研究員,以及客、貨運輸業的資深主管等,本研究總計發放33份問卷,包括專家部分15份問卷,業者部分18份問卷(在此業者代表具有實務推動節油管理策略經驗之專家)。根據Saaty (1980)研究指出,AHP問卷必須進行一致性指標(C.I.)和一致性比率(C.R.)檢定,C.I.需 ≤ 0.1 且C.R. ≤ 0.1 才能達到問卷一致性。透

過Excel軟體分析後，專家扣除7份回答不一致之問卷，專家有效問卷共計8份。業者扣除11份回答不一致之問卷，業者有效問卷共計7份。從有效問卷中，進行構面、評估指標權重分析及優先順位之排序。專家及業者的三大構面與10項評估指標之相對權重，整理如表5、表6所示，專家與業者們對於「節油成效」中，第二層構面的排序皆相同，最重視的構面是「駕駛者管理」，其次是「車輛管理制度」，最後則是「節油輔助系統」。而「駕駛者管理」構面中之「節油獎勵制度」、「節油駕駛行為管理」、「節油駕駛教育訓練」皆為重要，分別於專家與業者十項評估指標中，佔整體權重排序前4名。

表 5 專家整體評估指標之權重與排序分析表

目標層	第二層			第三層				
	評估構面	權重	排序	評估指標	指標權重	排序	整體權重	排序
節油成效	駕駛者管理	0.527	1	節油駕駛教育訓練	0.291	3	0.1532	3
				節油獎勵制度	0.323	2	0.1700	2
				節油駕駛行為管理	0.386	1	0.2034	1
	車輛管理制度	0.291	2	汰換老舊車輛	0.226	3	0.0656	6
				車輛保養管理與定期查核	0.463	1	0.1345	4
				行車前標準檢查作業	0.312	2	0.0906	5
	節油輔助系統	0.183	3	導入節油設施	0.312	1	0.0570	7
				裝置衛星定位系統	0.203	4	0.0370	10
				行車紀錄器	0.262	2	0.0478	8
				車隊管理系統	0.224	3	0.0408	9

表 6 業者整體評估指標之權重與排序分析表

目標層	第二層			第三層				
	評估構面	權重	排序	評估指標	指標權重	排序	整體權重	排序
節油成效	駕駛者管理	0.470	1	節油駕駛教育訓練	0.290	2	0.1366	3
				節油獎勵制度	0.423	1	0.1987	1
				節油駕駛行為管理	0.287	3	0.1350	4
	車輛	0.345	2	汰換老	0.271	3	0.0934	6

目標層	第二層			第三層				
	評估構面	權重	排序	評估指標	指標權重	排序	整體權重	排序
節油輔助系統	0.185	3	舊車輛					
			車輛保養管理與定期查核	0.454	1	0.1564	2	
			行車前標準檢查作業	0.276	2	0.0950	5	
			導入節油設施	0.245	3	0.0454	9	
節油輔助系統	0.185	3	裝置衛星定位系統	0.222	4	0.0410	10	
			行車紀錄器	0.250	2	0.0462	8	
			車隊管理系統	0.283	1	0.0524	7	

上述分析結果顯示專家與業者之看法類似，因此本研究乃將專家與業者合併進行一致性指標檢定後，從有效問卷中，將不一致問卷扣除，進行構面、評估指標權重分析及優先順位之排序，研究結果如表7所示。

表 7 合併之整體評估指標之權重與排序分析表

目標層	第二層			第三層				
	評估構面	權重	排序	評估指標	指標權重	排序	整體權重	排序
節油成效	駕駛者管理	0.501	1	節油駕駛教育訓練	0.293	3	0.1465	3
				節油獎勵制度	0.369	1	0.1845	1
				節油駕駛行為管理	0.339	2	0.1695	2
	車輛管理制度	0.315	2	汰換老舊車輛	0.246	3	0.0776	6
				車輛保養管理與定期查核	0.459	1	0.1448	4
				行車前標準檢查作業	0.295	2	0.0929	5
	節油輔助系統	0.184	3	導入節油設施	0.280	1	0.0516	7
				裝置衛星定位系統	0.212	4	0.0391	10
				行車紀錄器	0.257	2	0.0474	8
				車隊管理系統	0.251	3	0.0461	9

表7中顯示，專家與業者們對於「節油成效」中，最重視的構面是「駕駛者管理」(0.501)，其次為「車

輛管理制度」(0.315)，最後則是「節油輔助系統」(0.184)。「駕駛者管理」(0.501)為專家與業者們視為最重要之構面，而此構面底下「節油獎勵制度」、「節油駕駛行為管理」、「節油駕駛教育訓練」皆為重要，分別於十項評估指標中，佔整體權重排序第 1、2、3 名。「車輛管理制度」(0.315)是專家與業者們認為第二重要之構面，構面底下的三項評估指標「汰換老舊車輛」、「車輛保養管理與定期查核」、「行車前標準檢查作業」，在評估指標整體權重中分別為 6、4、5 名。「節油輔助系統」(0.184)為重要程度最低的構面，此構面中以「導入節油設施」最為專家與業者們重視，僅佔整體權重中第 7 名。從以上全體構面分析看來，駕駛者管理的情形，遠重要於其他兩項構面，是專家學者與業者們一致的共通點，因此在節油成效評估上，已成不可忽略的評鑑重點。

4.2 重要度與落實度分析

在重要度與落實度分析部分，本研究蒐集車輛中心針對 34 家業者之車隊節能輔導後續成效追蹤問卷進行分析，整理如表 8 所示。其中，落實度為受訪之業者自評針對該項節油管理策略之落實度平均數值；重要度為該項節油節油管理策略對於受訪之業者在節能管理推動幫助之平均數值。

表 8 節油措施可行性指標值

節油管理策略	落實度	重要度
節油駕駛教育訓練	6.29	7.12
節油獎勵制度	6.15	6.91
節油駕駛行為管理	5.47	6.09
汰換老舊車輛	6.76	7.00
車輛保養管理與定期查核	7.71	7.24
行車前標準檢查作業	7.71	7.24
導入節油設施	6.76	7.00
裝置衛星定位系統	7.97	7.94
行車紀錄器	7.97	7.94
車隊管理系統	6.76	7.00

4.3 可行性指標值分析

將表 7 各項節油管理策略(評估指標)之整體相對權重加以標準化，把最大權重值(0.1845)放大為 1，其他評估指標則依相對權重加以調整後，再與表 8 之落實度與重要度依公式(1)加以整合計算，即可得可行性指標值，如表 9 所示。以節油駕駛教育訓練為例，專家權重(0.794)乘以業者落實度(6.29)乘以業者重要度(7.12)等於可行性指標值(35.56)，其他節油措施之可行性指標值依序為節油獎勵制度(42.50)、節油駕駛行為管理(30.61)、汰換老舊車輛(19.92)、車輛保養管理與定期查核(43.82)、行車前標準檢查作業(28.13)、導入節油設施(13.25)、裝置衛星定位系統(13.42)、行車紀錄器(16.26)、車隊管理系統(11.83)。

表 9 節油管理策略可行性指標值分析表

節油管理策略	節油成效權重(1)	落實度(2)	重要度(3)	可行性指標值 [(1)×(2)×(3)]
節油駕駛教育訓練	0.794	6.29	7.12	35.56
節油獎勵制度	1.000	6.15	6.91	42.50
節油駕駛行為管理	0.919	5.47	6.09	30.61
汰換老舊車輛	0.421	6.76	7.00	19.92
車輛保養管理與定期查核	0.785	7.71	7.24	43.82
行車前標準檢查作業	0.504	7.71	7.24	28.13
導入節油設施	0.280	6.76	7.00	13.25
裝置衛星定位系統	0.212	7.97	7.94	13.42
行車紀錄器	0.257	7.97	7.94	16.26
車隊管理系統	0.250	6.76	7.00	11.83

4.4 節油管理策略可行性之優先順序分析

可行性指標值越大之節油管理策略表示其優先序位較優先，以節油成效權重最大之節油獎勵制度為例，雖其成效權重最大，但因考慮業者落實度與重要度，其可行性指標值(42.50)相較於車輛保養管理與定期查核(43.82)優先序位較低。而由表 9 之分析可知，節油管理策略之可行性優先順序，由大到小依序為車輛保養管理與定期查核(43.82)、節油獎勵制度(42.50)、節油駕駛教育訓練(35.56)、節油駕駛行為管理(30.61)、行車前標準檢查作業(28.13)、汰換老舊車輛(19.92)、行車紀錄器(16.26)、裝置衛星定位系統(13.42)、導入節油設施(13.25)、車隊管理系統(11.83)。

5. 結論與建議

本研究以文獻回顧評析確立節油成效之指標，以層級分析法(AHP)，建立節油成效之權重，並結合業者對節油管理策略之落實度與重要度，建立可行性指標，提供大型車運輸業者及交通相關單位一套數據化的分析模式，作為改善節油成效的依據。具體結論與建議，說明如後。

5.1 結論

- 目前節油管理策略可分為三大構面及十項策略，三大構面包括「駕駛者管理」、「車輛管理制度」及「節油輔助系統」；十項策略則為節油駕駛教育訓練、節油獎勵制度、節油駕駛行為管理、汰換老舊車輛、車輛保養管理與定期查核、行車前標準檢查作業、導入節油設施、裝置衛星定位系統、行車紀錄器、車隊管理系統。
- 層級分析法(AHP)主要應用在不確定情況下具有多



數個評估準則之決策問題分析，由於 AHP 可藉由一致性檢定篩選有效問卷並提高研究可信度，也較一般方法更具邏輯基礎與系統性，故其實用性很高，近年來已廣泛應用在許多領域的決策問題。本研究利用 AHP 計算出三大構面與十項策略之權重，構面權重排序第一位是「駕駛者管理」，權重為 0.501；排序第二位為「車輛管理制度」，權重為 0.315；排序第三位是「節油輔助系統」，權重為 0.184。在「駕駛者管理」構面中，以「節油獎勵制度」權重最高；在「車輛管理制度」構面中，以「車輛保養管理與定期查核」權重最高；而在「節油輔助系統」構面中，則以「導入節油設施」權重最高。

3. 整體節油成效部分，以「節油獎勵制度」權重最高，整體權重為 0.1845；其次是「節油駕駛行為管理」，整體權重為 0.1695；第三則是「節油駕駛教育訓練」，整體權重為 0.1465。「裝置衛星定位系統」、「車隊管理系統」、「行車紀錄器」，則是權重最低之三項策略。

4. 從各項策略之落實度與重要度分析可知，目前業者認為節油管理策略中，「節油駕駛教育訓練」、「節油獎勵制度」、「節油駕駛行為管理」是重要度較高而落實度較低的項目。

5. 透過本研究所建立之可行性指標公式，蒐集相關資料並進行分析，可以發現優先序位第一為「車輛保養管理與定期查核」，指標值為 43.82；第二為「節油獎勵制度」，指標值為 42.50；第三則是「節油駕駛教育訓練」，指標值為 35.56，顯示這三項是相對可行又非常重要的節油管理策略。

5.2 建議

1. 透過本研究分析發現，駕駛者管理中的「節油駕駛教育訓練」、「節油獎勵制度」、「節油駕駛行為管理」是可行性指標中相對重要也是目前業者較缺乏的部分，因此，建議業者及相關單位後續可針對這些方面進行推動改善。
2. 本研究所建立之綜合性指標，後續可提供相關業者與研究單位參考及應用。
3. 後續研究可針對業者進行節油管理策略導入，並取得具體量化之節油效益，加以比較分析。

6. 致謝

本論文研究期間，承蒙財團法人車輛研究測試中心提供問卷調查與資料蒐集之協助，使本研究得以順利進行，特此致上感謝之意。另外，作者感謝兩位匿名審查委員寶貴的修正意見，使本文更為嚴謹。

7. 參考文獻

1. 經濟部能源局，「能源統計年報」，2018，網站：https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/SubMenu.aspx?menu_id=867。
2. 張建彥，「節能應用技術推廣」技術諮詢，結案報告，財團法人車輛研究測試中心，2015。
3. 新北市政府環境保護局，「綠色交通省油秘方」，擷取日期：2014 年 1 月 24 日，網站：<http://www.epd.ntpc.gov.tw/file/1150/SG/31300/D.html>。
4. 溫蓓章、陳學恆、廖慶復，「大客車節能技術導入之影響因素探討：以液壓混合動力系統為例」，中華民國運輸學會101年學術論文研討會，頁數：14，2012。
5. 王傳賢，「車隊節能管理與環保駕駛訓練」，財團法人車輛研究測試中心，2015。
6. 張建彥，「大客車環保駕駛與縱向防撞之整合式駕駛輔助系統邏輯建立之研究(II)」，行政院科技部補助專題研究計畫期末報告，2012。
7. 呂仲生和張建彥，「自適性重型車輛節能駕駛行為警示系統判斷門檻之建立」，中華民國第十九屆車輛工程學術研討會，桃園創新技術學院機械工程系，台灣中壢，頁數：5，2014。
8. 張建彥和蘇乙鳴，「大客車節油駕駛與縱向防撞之整合警示邏輯」，第十五屆海峽兩岸智能運輸系統學術研討會論文集，台灣新竹，第48~55頁，2015。
9. Newman, P. W., Alimoradian, G. B., and Lyons, T.J., "Estimating Fleet Fuel Consumption for Vans and Small Trucks," *Transportation Science*, Vol. 23, Iss. 1, pp. 46-50, 1989.
10. Ericsson, E., "Variability in Urban Driving Patterns," *Transportation Research Part D*, Vol. 5, pp. 337-354, 2000.
11. Vlieger, I., Keukeleere, M., and Kretzschmar, M., "Environmental Effects of Driving Behavior and Congestion Related to Passenger Cars," *Atmospheric Environment*, Vol. 34, Iss. 27, pp. 4649-4655, 2000.
12. 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，2002。
13. Rakha, H., ASCE, M., and Ding, Y. "Impact of Stops on Vehicle Fuel Consumption and Emissions," *Transportation Engineering*, Vol. 129, Iss. 1, pp. 23-32, 2003.
14. Wang, H., Fu, L., Zhou, Y., and Li, H., "Modelling of the Fuel Consumption for Passenger Cars Regarding Driving Characteristics," *Transportation Research, Part D*, Vol. 13, Iss. 7, pp. 479-482, 2008.
15. Tang, P., Azimi, M., Qiao, F., and Yu, L., "Advanced Eco-driving Strategies for Drivers and Automated Vehicles Traveling within Intersection Vicinities," Final Report, TransLIVE/TSU/16/02, Department of Transportation Studies, Texas Southern University, 2016.
16. Huang, Y., Ng, E. C.Y., Zhou, J. L., Surawski, N. C., Chan, E. F.C., and Hong, G., "Eco-driving technology for sustainable road transport: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, Vol. 93(C), pp. 596-609, 2018.

17. Evans, L., "Driver Behavior Effects on Fuel Consumption in Urban Driving," *Human Factors*, Vol. 21, No. 4, pp. 389-398, 1979.
18. Waters, M. H. L. and Laker, I. B., "Research on Fuel Conservation for Cars," *Transportation Research Laboratory, Report No. 921*, Crowthorne England, 1980.
19. Barth, M. and Boriboonsomsin, K., "Energy and Emissions Impacts of a Freeway-based Dynamic Eco-driving System," *Transportation Research*, Vol. 14, pp. 400-410, 2009.
20. Ando, R. and Nishihori, Y., "A Study on Factors Affecting the Effective Eco-driving," *Social and Behavioral Sciences*, EWGT, 2012.
21. 王詒涵，「國道客運駕駛員駕駛行為、駕駛表現與人格特質之探討」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，2006。
22. 鄭敦友，「激勵誘因應用在節油駕駛之影響效果分析」，國立中山大學公共事務管理研究所碩士論文，2012。
23. 車輛節能應用技術研究網站，「車隊節能輔導」，擷取日期：2015 年 1 月 26 日，網站：<http://energy.artc.org.tw/content/coach/coach01.aspx?CType=5>。
24. Shinpo, K., "Japanese Eco-driving Initiative," *Workshop on Eco-driving*, 2007.
25. 林彥志，「使用公路客運行車紀錄器資料探討營業大客車駕駛人行為適性之研究」，逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文，2009。
26. Chang, C.-Y. and Wei, C.-H., "The Safety and Fuel Saving Effects of a Signalized Intersection Warning System for Bus Driving," *2012 International Conference on Future Information Technology and Management Science & Engineering*, Information Engineering Research Institute, Hong Kong, pp. 62-70, 2012.
27. Chang, C.-Y. and Wei, C.-H., "Driving Simulation for Analyzing the Safety and Fuel Saving Effects of a Connected Bus System on Freeways," *Proceedings of the 2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Gold Coast, Australia, pp. 618-623, 23-26, 2013.
28. Vigil Solution, 網站：<http://vigil-solutions.com/transit/news-events/cpage..>, 2013.
29. UK Road Safety Ltd., "SAFED-Safe and Fuel Efficient Driving," 擷取日期：2014 年 12 月 22 日，網站：<http://www.uk-roadsafety.co.uk/safed.htm>.
30. 許峻嘉、董基良、林志勇、胡光復、莊凱翔、張開國、葉祖宏、喻世祥，「大客車節能與安全駕駛行為特性研究」，交通運輸研究所研究報告，2014。
31. Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process : Planning, Priority Setting, Resource Allocation, New York : McGraw-Hill, 1980.



The Feasibility Index of Fuel Conservation Strategies for Bus Companies and Truck Carriers

Keywords: Bus Company, Truck Carrier, Fuel Conservation Strategy, Feasibility Index, Analytic Hierarchy Process (AHP)

Chien-Yen Chang^{1*}, Chia-Ying Chou¹,
Ya-Fen Hu¹, Lin-Chin Li¹

¹Department of Transportation Technology
and Logistics Management, Chung Hua
University

*Email: axle@chu.edu.tw

Abstract

According to the data from Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs in Taiwan, the greenhouse gases (GHGs) emission in transportation sector is the second largest source, which is only inferior to the industry sector. Highway transportation is the largest emission source in the transportation sector. It shows the importance of energy saving and carbon reduction in the highway transportation sector. In the fuel consumption and GHGs emission of the highway transportation, trucks and buses are major sources due to its long-term driving on highways. The fuel cost of the vehicle fleet accounts for about 30 percent of operating cost. Therefore, many companies and carriers are seeking for effective strategies to increase fuel efficiency or decrease fuel cost. Many studies have stated several fuel conservation strategies or methods in the past few years. However, the effect and implementation evaluation index or models of the strategies or methods are rare. This study analyzes the fuel saving effect and implementation feasibility of fuel conservation strategies for bus companies and truck carriers. It aims at the establishment of feasibility index integrating fuel-saving performance and implementation difficulties. Through literature review analysis, business interviews (thirty-four companies or carriers were invited), questionnaire survey of experts (thirty-three experts were invited), the weights of the feasibility index for fuel conservation strategies are developed. Classification of fuel conservation strategies was firstly established, and then an Analytic Hierarchy Process (AHP) with three levels of structure was conducted. Finally, the data of strategy implementation difficulty was collected from the business interviews. The feasibility index analysis shows that “vehicle maintenance management and regularly check”, “fuel-efficient reward system”, “education and training” are the top three important measures. Results from the study should be helpful for the highway transportation business.