

以 ADAS 警示資料為基礎之大客車駕駛安全績效模式建立¹

The Development of a Bus Driving Safety Performance Model Based on ADAS Warning Data

張建彥 Chien-Yen Chang²

蘇昭銘 Jau-Ming Su³

劉霈 Pei Liu³

葉文健 Wen-Chien Yeh⁴

陳茂南 Mao-Nan Chen⁵

劉又升 Yu-Sheng Liu⁶

劉維剛 Wei-Kang Liu⁷

摘要

大客車駕駛安全性為臺灣地區道路交通安全的重要課題之一，近年來交通部逐步要求各業者導入先進駕駛輔助系統(ADAS)，並於 111 年編列經費推動近千輛大型車進行試辦，目標在 3 年內達到 2,400 輛車納入試辦。當 ADAS 技術成熟時，可對系統所蒐集之資料進一步加以應用及分析，評估駕駛行為之風險狀況，以確認其影響駕駛安全程度，擬定相關的應變對策與管理計畫。因此，本研究乃以大客車 ADAS 警示資料為基礎，建立涵蓋事件數與風險權重之駕駛安全績效模式，以及相關參數校估流程，並說明模式之應用。研究結果顯示，將現況 ADAS 通用之警示事件與肇事因素進行關聯分析與歸類後，ADAS 警示事件可分為車道偏移、未保持安全距離、車速控制不當三大類，而依據 2017-2021 年臺灣地區大客車肇事因素之事故資料進行事故頻率指標與嚴重性指標分析後，此三大類之正規化風險權重分別為車道偏移 0.44、未保持安全距離 0.38、車速控制不當 0.18。另外，在模式應用部分，本研究蒐集某國道客運公司之一個月的實際 ADAS 警示資料進行大數據整合分析後，再應用模式加以計算，則 269 位駕駛員之駕駛安全績效評分平均數為 91.93 分，標準差為 3.77 分，最大值為 99 分，最小值為 76 分，分析結果顯示所建立之模式具有鑑別度，可提供作為安全管理系統之風險評估工具。

關鍵詞：大客車、先進駕駛輔助系統、安全績效模式、風險權重、大數據

Abstract

Bus driving safety has become an important issue of road traffic safety in Taiwan. In recent years, the Ministry of Transportation and Communications (MOTC) progressively mandates bus companies to implement

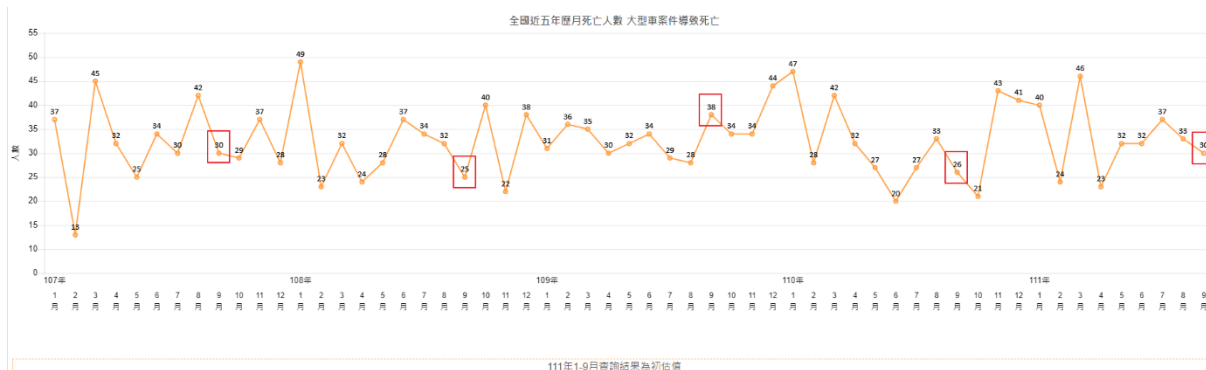
-
- ¹ 本研究係財團法人中華顧問工程司委託研究計畫(11925)之部分成果，作者在此感謝財團法人中華顧問工程司之經費補助。
 - ² 逢甲大學建設學院副教授 (聯絡地址：407 台中市西屯區文華路 100 號，E-mail: cyenchang@fcu.edu.tw)。
 - ³ 逢甲大學運輸與物流學系教授。
 - ⁴ 財團法人中華顧問工程司副執行長。
 - ⁵ 財團法人中華顧問工程司顧問。
 - ⁶ 財團法人中華顧問工程司研究員。
 - ⁷ 逢甲大學智慧運輸與物流創新中心專案經理。

Advanced Driver Assistance System (ADAS) into their fleet. The preliminary goal is set to have at least 2,400 buses installed within 3 years. ADAS sensors continuously collect vehicle status and ambient information which provides a valuable data source for driving behavior assessment. The assessment results could help fleet managers quantify the risk for their drivers and take corrective actions before an accident occurs. In this study, we propose an ADAS-based safety performance model for bus drivers, utilizing personal ADAS warning data and historical traffic accident data to construct a reliable scoring index. For generalization purposes, ADAS warning events are classified into 3 main types: Lane Departure, Unsafe Following Distance, and Unsafe Driving Speed, and the corresponding risk weight parameters derived from Taiwan bus accident data and related factors in 2017-2021 are 0.44, 0.38, and 0.18, respectively. The proposed model is further applied and tested on an intercity bus company using 1-month data of 269 professional drivers. The average score among drivers is 91.93, with a standard deviation of 3.77, a maximum of 99, and a minimum of 76. The result shows that the proposed model can effectively reflect the individual safety performance for bus drivers, and thus can be used as a risk assessment tool in safety management for bus companies.

Keywords: Bus, Advanced Driver Assistance System (ADAS), Safety Performance Model, Risk Weight, Big Data

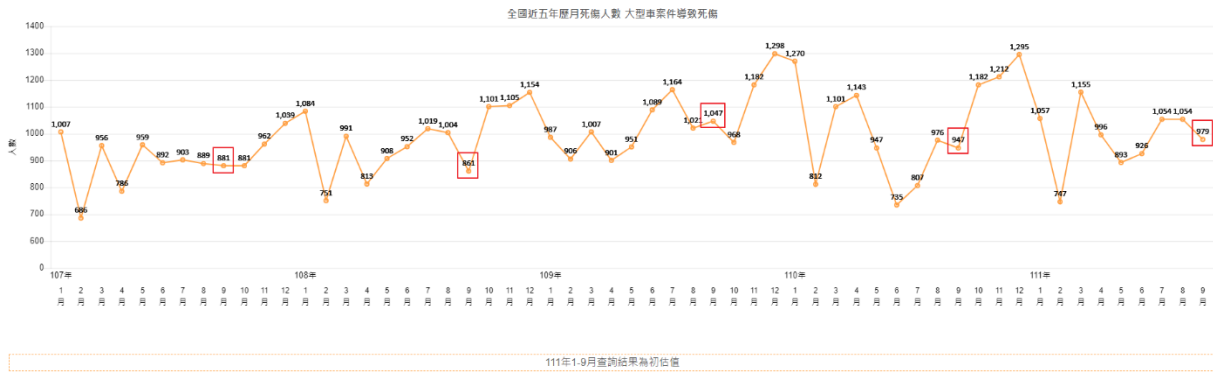
一、前言

依據交通部道路交通安全督導委員會(簡稱道安會)統計，全國道路交通事故於民國 100 年至 109 年間，平均每年約造成 2,984 人死亡、40 萬人受傷。其中，大客車、大貨車及小貨車等汽車運輸業車輛每年約造成 906 人死亡、44,299 人受傷，死傷人數佔全國總事故傷亡人數之 30.37%與 11.07%，粗估約造成新臺幣 672 億元的巨大社會損失。而目前全國機動車總數約為 2,280 萬輛，其中約有 123 萬輛為大客車、大貨車、小貨車等汽車運輸業車輛，佔整體總數比例為 5.12%，僅 5%的汽車運輸業車輛卻造成 30%的死亡人數，較其它種類車型之事故來得嚴重。若從事故致死率角度分析，在不分車輛種類情況下，事故死亡人數約佔整體傷亡人數之 0.74%，但若將焦點放在汽車運輸業車輛所造成之事故中，則嚴重比例或致死率將提升至 2%，為整體事故嚴重度或致死率之 2.72 倍。另依據交通部道安資訊查詢網資料顯示，民國 111 年 1 至 8 月大型車(包括大貨車、大客車及聯結車)案件導致死亡之人數為 267 人，較過去三年之平均值增加 3.9%；大型車案件導致受傷之人數為 7,607 人，則較過去三年之平均值增加 1.1%。再進一步分析近五年來大型車事故導致死亡人數之歷史變化趨勢，如圖 1 所示，則可發現同期 9 月死亡人數約在 25~38 人之間，尤以 109 年 9 月份達到死亡人數高峰 38 人，至 111 年 9 月死亡人數則約 30 人；而就大型車案件導致死傷人數之歷史變化趨勢(如圖 2 所示)，則發現同期 9 月之死傷人數約 861~1,047 人，尤以 109 年 9 月達到高峰為 1,047 人，至於 111 年 9 月死亡人數則約 979 人，仍高於 107、108、110 年，顯見降低大型車涉入之道路交通事故仍為現階段國內交通安全之重要工作。



資料來源：(交通部道安資訊查詢網，統計資料更新時間：111 年 12 月 25 日)

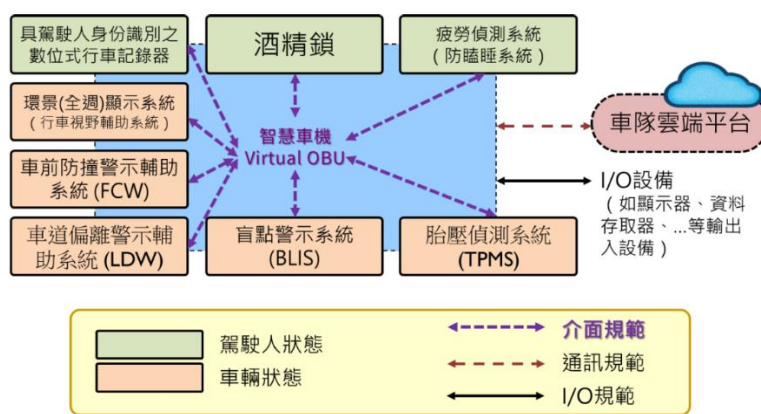
圖 1 全國大型車案件導致死亡人數變化趨勢圖



資料來源：(交通部道安資訊查詢網，統計資料更新時間：111年12月25日)

圖 2 全國大型車案件導致死傷人數變化趨勢圖

交通部公路總局在民國 105 年至 108 年間，曾投入新臺幣 5,499 萬餘元補助 2,933 輛國道客運車輛裝設防撞警示系統，鑒於國道客運裝設防撞警示系統之成效，後續於 108 年訂定「交通部公路總局加速推動大型車輛裝設行車視野輔助系統補助規定」，補助大型車輛裝設視野輔助系統。交通部為進一步提升大型車行車安全，有效提醒用路人注意大型車輛轉彎及倒車之行車動態，降低車輛視野死角問題，更於民國 106 年 8 月 30 日公告修正「道路交通安全規則」第 39 條之 1，規定自 107 年 1 月 1 日新登檢領照之大客車與大貨車應裝設轉彎及倒車警報裝置與行車視野輔助系統等設備，自 109 年 1 月 1 日起將轉彎及倒車警報裝置、行車視野輔助系統或類似設備列為定期檢驗項目。後續交通部公路總局於民國 109 年公布「交通部公路總局補助遊覽車客運業車輛裝置先進駕駛輔助系統設備作業要點」，補助遊覽車裝設駕駛識別刷卡機、防撞警示系統或疲勞偵測系統；交通部更於民國 111 年公布「大型車輛裝設主動預警輔助系統補助要點」，希望整合行車視野輔助系統、防撞警示系統、車道偏移警示、胎壓偵測、盲點警示、疲勞偵測、數位行車紀錄器及酒精鎖等八項功能，鼓勵產業界、學研界投入整合系統之研發。在大型車輛裝設主動預警輔助系統補助計畫申請之說明資料中，即提出如圖 3 所示之系統模組圖，其中包括 3 項偵測駕駛人狀態之設備及五項偵測車輛之設備。交通部規劃在未來 3 年耗資 3.3 億元推動大型車加裝主動預警輔助系統，其中在民國 111 年已編列 1.1 億元經費推動近千輛大型車進行試辦，預計在 3 年內要達到 2,400 輛大型車加入試辦。



資料來源：(財團法人車輛安全審驗中心、交通部，2022)

圖 3 大型車主動預警輔助系統模組圖

從前述大型車裝設駕駛安全輔助系統之歷程可發現係以國道客運為優先，其次為大客車，再擴展至其他大貨車，而目前大多數的客運公司僅是利用先進駕駛輔助系統進行駕駛危險行為的警示，並未針對輔助系統所蒐集之資料進一步加以應用及分析。另外，依據蘇昭銘等人(2022)

針對汽車運輸業安全管理系統研究，認為先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)可作為汽車運輸業對於風險辨識與評估的有效工具，針對駕駛過程中警示事件所蒐集之駕駛風險相關資料，進行事故可能發生機率與損害程度之整合評估，透過評估結果確認其影響駕駛安全程度，擬定相關的應變對策與管理計畫，例如若駕駛員連續評分之得分低於門檻值時(連續兩個月分數低於 70 分)，可對該駕駛者實施再教育訓練，以強化其駕駛車輛之安全性。因此，若能針對汽車運輸業 ADAS 之資料進行加值應用，不僅可導正駕駛員於長途駕駛車輛之偏差行為，提升行車品質，更可有效降低車輛肇事機率，對於節省保險費用、車輛維修及賠償等支出更有其助益。綜上所述，本研究乃以大客車 ADAS 警示資料為基礎建立駕駛安全績效之評估模式，期能拓展 ADAS 在大客車駕駛安全管理之應用。

二、文獻回顧與探討

本研究針對國內、外 ADAS 應用及駕駛安全績效與風險評分等相關研究，進行廣泛性之文獻蒐集與回顧探討，分別說明如下。

2.1 ADAS 應用

在駕駛安全輔助系統發展方面，隨著資通訊技術與偵測感應軟、硬體的迅速發展，主動式駕駛輔助系統的功能日益增加，而 ADAS 乃逐漸成為各大車廠和相關系統供應商的研發重點。ADAS 是利用安裝在車輛上的各式感測儀器，於車輛行駛過程中隨時偵測外在環境與內部駕駛工作狀況，並結合定位儀器與電子地圖的數據，配合處理器(processor)與致動器(actuator)系統的運算與分析，提供駕駛者之危險警示、視覺及操控輔助等，促進行車安全與效率。基本上，目前發展之 ADAS 可依其提供之功能大致分為危險警示、視覺輔助及操控輔助三大類系統(黃章杰，2016；鄭碩群，2022)，其中，危險警示系統乃是結合先進感測技術，聽覺(聲響、語音)、視覺(燈號、HUD、LCD)或觸覺(振動座椅、煞車)警示裝置，以及相關的核心演算法則，在車輛啟動或行駛過程中，依據不同的道路交通與周邊環境狀況，適時地對駕駛者提供警訊，以確保車輛駕駛人能及時警覺並提早防範因應，達到安全防護的效果，相關的系統功能包括車道偏離輔助警示系統(Lane Departure Warning System, LDWS)、盲點警示系統(Blind Spot Warning System, BSWS)、車前碰撞警示輔助系統(Forward Collision Warning System, FCWS)、疲勞警示系統(Driver Fatigue Detection System)、行人偵測系統(Pedestrian Detection System, PDS)、側向來車警示系統(Side Collision Warning System, SCWS)；而在視覺輔助系統部分，由於在車輛駕駛過程中，用路人的四肢五官與駕駛行為績效習習相關，其中尤以眼睛所接收的訊號佔人腦接收訊號的 90%以上，因此視覺能力為影響駕駛能力，甚至左右駕駛安全性的重要因素(張建彥等人，2006)，故透過雷達、紅外線、超音波或攝影機的輔助，提供駕駛人更多有用的資訊，有助於駕駛人即時掌握道路交通狀況並加以因應，主要的系統功能包括停車輔助系統(Parking Assistance System)、夜視輔助系統(Automotive Night Vision System)、自動抬頭顯示器(Automotive Head-up Display)、智慧型防眩光頭燈系統(Glare-free High Beam Headlight System)、倒車顯影系統(Backup Camera System)、環景顯影系統(Omniview System)、交通標誌辨識系統(Traffic Sign Recognition System, TSRS)；至於操控輔助系統，主要是透過車輛相關系統的自動

化運作，簡化駕駛人之複雜性、及時性操控，或修正補償駕駛人之錯誤性、不足性、過度性操控，提升駕駛過程之安全性與效率性，相關系統功能包括防鎖死煞車系統(Anti-lock Braking System, ABS)、電子循跡系統(Electronic Tracking Control System, ETCS)或防滑控制系統(Traction Control system, TCS)、電子車身穩定系統(Electronic Stability Control, ESC)、上、下坡輔助系統(Hill Descent Control and Hill-start Assist)、定速車距控制系統(Intelligent Speed Adaptation System or Intelligent Speed Advice System)、智慧型車道保持系統(Lane Keeping System, LKS)或車道變換輔助系統(Lane Changing Assistance System, LCAS)、自動緊急煞車系統(Advanced Emergency Braking System, AEB)、自動停車系統(Automatic Parking System, APS)、車聯網系統(Vehicular Communication Systems)、適應性巡航控制(Adaptive Cruise Control, ACC)。

在 ADAS 之相關研究與應用部分，Ziebinski et al. (2017)回顧整理 ADAS 中最新的可用技術及其應用領域，包括電子車身穩定系統、防鎖死煞車系統、交叉路口防撞系統、車道保持系統、適應性巡航控制、後方交叉警示系統、緊急煞車輔助系統、夜視輔助系統等，其研究提及在許多 ADAS 逐漸成為車輛標準配備並大量應用以提升道路安全性時，駕駛人應深入了解其作用原理與適用方式，而除了測試單項系統功能之外，製造商亦須進行多元系統之整合應用測試，且在未來考慮與人工智慧技術加以整合，邁向自動駕駛。Jumaa (2019)回顧 ADAS 相關子系統與技術，認為具有複雜設備的感測器，即感測器網路(SN)，目前已含在許多車輛中以實現 ADAS 相關技術，包括適應性巡航控制系統、緊急煞車輔助系統、防撞警示系統、車道保持系統及和車道變換輔助系統等。Hasenjager (2017)回顧 ADAS 系統的個人化方法，可針對駕駛人偏好、駕駛風格、技能和駕駛模式進行調整設計，並指出個人化駕駛設計與執行的相關課題。Panou (2018)則基於市面上 ADAS 對所有駕駛人使用同樣的警示參數門檻值，導致 ADAS 的接受度與有效性不佳，乃嘗試建立智慧個人化演算法以優化防撞警示系統。依據道路縱向行駛之駕駛行為模式動態參數，擷取 ADAS 之個別化參數作為個別化演算法之基礎，最後以碰撞時間(TTC)和時間車頭距(Time Headway)為參數，建立了個人化演算法。Chen et al. (2018)透過車輛軌跡資料及皮爾曼相關係數，針對駕駛人反應時間及跟車影響因素進行分析，藉以提升 ADAS 相關系統發展之駕駛人接受度。Priyadarshini et al. (2019)則提出一個利用大數據可視化方法所創建之互動式 GUI 框架來分析車輛和感測器數據，該框架包括各種互動式繪圖結果，以深入分析 ADAS 所有情境之資料數據，除了可互動式分析車輛在每個時間軸上的行為外，亦能同時顯現多張圖像在框架中，藉以進行比較分析。余英仕(2020)則以 Mobileye 系統為對象，探討其成功之過程，並透過資料證實與二次研究分析，找出 Mobileye 的關鍵成功要素。

2.2 駕駛安全績效與風險評分

魏健宏等人(2017)蒐集個案客運業者的行車紀錄器資料，將六項駕駛行為樣態，包含左右偏移、未保持安全距離、引擎轉速過高、超速、急加速、電磁煞車使用過久等，定義為偏差駕駛行為，運用極值正規化(Min-Max Normalization)方法，將駕駛員實際發生的偏差駕駛行為為次數，轉換成該駕駛員所屬群體的相對風險值，解決各項偏差駕駛行為資料的次數分布差異較大，以致於項目間無法相互比較的問題。該研究基於所定義的相對風險值，進一步發展出兩種五等

級的駕駛風險值分級方法，首先計算駕駛員的各項偏差駕駛行為風險值之總和，作為衡量其整體駕駛風險的依據，接著在分級設定部分，第一種係採用以總群體 20%為一級的固定級距分配，第二種則是根據駕駛風險應近似常態分佈的假設，預設 10%、20%、40%、20%、10%的固定比例分配，以提供管理者篩選整體駕駛風險值最低與最高的駕駛群進行相對應的獎懲措施。

Liu et al. (2017)提出的駕駛安全評分採用混合式的權重計算方法，將層級分析法(Analytical Hierarchy Process, AHP)與熵權法(Entropy Weight Method, EWM)產出的權重值進行混合加值，以解決過去直接取兩種權重值之算術平均所導致的代表性失衡問題，具體算法係將 AHP 的準則權重與 EWM 的指標權重結合成新的準則權重，再進行數值正規化處理，接著與構面權重相乘，經過二次數值正規化後取得最終的綜合權重。該研究利用前述之綜合權重值作為各指標配分上限的依據，權重越高的指標所獲得的配額額度亦越高，而各指標數值對應的得分級距則是另由專家意見決定，考量到指標分數的易讀性，所呈現的駕駛安全分數係由原本介於 0 至 1 的綜合權重映射至對應的百分制分數。在分析指標的選擇上，該研究參考過往安全駕駛行為之相關研究結果，選用行駛里程、疲勞駕駛、車流量、超速、交通違規、緊急加減速與轉彎六大項指標作為構面，再依此架構衍生出對應的準則指標，包含每月總行駛里程、平日尖峰延時、夜間行駛時長、周末行駛時長、時速介於 80 至 120 公里的行駛時間比例、時速大於 120 公里的行駛時間比例、急加速次數、急減速次數、蛇行次數、交通違規次數共 10 項指標。而在評分模型驗證上，該研究透過實地實驗取得 100 位駕駛員的 OBD 駕駛行為資料及其事故歷史資料，並依此進行各駕駛員安全分數與事故件數的斯皮爾曼等級相關性分析，結果顯示為顯著的中等負相關，證明該評分模型具有一定的參考價值。

Mauri et al. (2018)提出一個可評估個人化風險的駕駛決策支援系統構想，其風險評估引擎係由兩個程式所構成，包括駕駛障礙等級(Driver Impairment Level)及環境暴露風險(Environmental Risk Exposure)，當系統被啟動時即會開始監測駕駛員的駕駛表現，並持續與預建資料庫中的駕駛員個人資料、道路屬性資料進行即時比對，以評估當下的駕駛風險反饋給駕駛員。與其他研究不同的是，該研究係以駕駛障礙等級取代傳統以事故嚴重性為主的指標，並以此持續評估駕駛員身心狀態是否足以因應行駛中突發狀況，俾於事故發生前進行必要介入。

駕駛安全績效的重要應用領域之一為駕駛行為計費保險(Usage-based Insurance, UBI)，UBI 是近年保險科技業與車輛保險業爭相發展的一種新興保費模型，有別於傳統模型僅僅依據年齡、性別、肇事紀錄等靜態的歷史資料，以保戶所屬的群體趨勢推估保戶個人的駕駛風險，UBI 模型係藉由車聯網(Internet of Vehicles)技術掌握保戶的實際駕駛狀況，如速率、加速率、偏航率、里程數、駕駛時段等動態駕駛行為資料，作為駕駛風險計算之更可靠憑據。另就現行汽車市場之而言，特斯拉(Tesla)作為電動車市場的國際先驅與龍頭，也考量並解決第三方保險公司之困難，包括評估電動車的合理安全風險中電動車保費較傳統燃油車較高，甚至保險公司不願承保等問題，故於 2019 年推出自家經營的特斯拉保險(Tesla Insurance)，提供特斯拉電動車用戶專屬的車險服務，憑藉其汽車製造本業的優勢，特斯拉保險得以充分掌握保戶車款的軟硬體特性，制定具指標性的風險因子並以此設計適切的 UBI 保費模型。特斯拉保險採用的駕駛安全績效指標稱作安全分數(Safety Score)，該公式係以預測碰撞頻率(Predicted Collision Frequency, PCF)為主，以特斯拉車隊累積六百萬英哩行駛資料所建立之統計模型，可用來預測駕駛者每百萬英哩的潛在車禍碰撞頻率，目前版本(Safety Score Version 2.0)所採用的駕駛行為指標共有 8 項，

包括：每千英里非自動駕駛狀態產生的車前碰撞事件頻率、急煞車時長佔整體煞車行為時長的比例、急轉彎時長佔整體轉彎行為時長的比例、跟車距離過近時長佔整體跟車行為時長的比例、是否被系統強制關閉自動駕駛功能、夜間行駛時長佔整體行駛時長的比例、超速時長佔整體行駛時長的比例、未繫安全帶時長佔整體行駛時長的比例等。透過電動車內建的監測設備蒐集上述駕駛行為以計算 PCF 指標值，再利用公式將 PCF 轉換為介於 0 到 100 的安全分數。基本上，一台電動車一天會產生一個安全分數，特斯拉保險會按行駛里程將每天的安全分數進行統計加權，產出至多三十天的累積安全分數，作為下一期保費收取的依據。

牛世峰等人(2020)認為一個大客車駕駛安全管理系統能否商用化的關鍵，取決於業者端的車載設備是否能滿足該系統的資料需求，因此提出一個僅需 GPS 導航儀與車距雷達即可實現的客運業駕駛員風險評估模型，該研究以駕駛員涉及的近似事故數量作為客觀的駕駛風險指標，其中每筆近似事故係由車距雷達偵測、行車影像人工比對後確認；而在駕駛員行為特徵指標的設計上，係以 GPS 資料蒐集的瞬時車速衍生出 26 項候選特徵資料，再依照高速行駛、非高速行駛兩種情境，分別比對候選特徵與近似事故數的皮爾森相關係數(Pearson Correlation Coefficient)，篩選出足夠反映駕駛員風險的駕駛行為特徵指標，以建立駕駛風險評估模型。其中，針對指標權重的計算方法，該研究以 EWM 產生的權重為基底進行改良，納入獨立性權係數法(Independent Weight Coefficient Method, IWCM)與斯皮爾曼等級相關係數(Spearman's Rank Correlation Coefficient Method, SRCCM)組成綜合權重。

李威勳(2020)提出一套駕駛安全等級分數(SB)之計算公式，用以推估客運業大客車駕駛員在每個趟次所產生的行車風險，該研究總共定義 14 項危險駕駛行為，並由交通安全相關領域之專家定義各項危險駕駛行為所對應之權重。

吳昆峰等人(2020)以 ADAS 設備所偵測的警示事件資料為基礎，設計出兩種版本的評估指標，其中，基礎版的指標係引入交通曝光量的概念，將駕駛員的出勤時間或是行駛里程資料與 ADAS 警示事件資料結合，以建立個別駕駛員的延車公里事件數，可用來評估駕駛員間的相對行車安全性；針對擁有較好車載資訊處理能力以及外部地圖資料的業者，則進一步提出進階版考核指標的建構方式，運用資料融合技術將原始的 ADAS 警示事件加值，以及從地圖資料中提取警示事件被偵測當下的三種行駛環境因素變數(包括坡度種類、彎道種類、道路類型)後，再結合交通曝光量資料，運用同質旅次的概念將異質資料整理成具同質性的分析單元，再依此建立一個混合效果卜瓦松迴歸模型(Multilevel Mixed-Effects Poisson Regression)進行駕駛員個人事故風險的推估。依據該研究分析結果，駕駛員的駕駛風險差異會受到個人特質影響，因此當已知的風險變數都被控制，亦即將模型中的坡度種類、彎道種類、交通曝光量、道路類型設定為零時，Y 軸截距項即可作為個人駕駛風險的指標進行比較，指標數值愈高代表該駕駛員的事故風險相較其餘駕駛員更高，反之數值愈低則代表風險相對較低。

Hu et al. (2021)以事故調查資料為基礎提出一個危險駕駛行為評估方法，資料來源為中國汽車技術研究中心所建立的事務調查資料庫，選用囊括主觀駕駛因素與客觀環境因素之十六項危險駕駛行為相關資料，包括：初速度、事故地點、事故時間、道路型態、駕駛性別、駕駛情緒、駕駛緊張程度、駕駛熟悉度、駕照持有時間、事故前駕駛意圖、超車樣態、道路環境、駕駛感知狀態、連續駕駛時間、風險承擔意願，透過主成份分析提取出七個主成份，再依主成份

內的代表變數群解析各個主成份所反映的主要資訊內容，最終將上述原始事故調查資料轉換為七個具一般化的特徵變數，包括：事故地點資訊、駕駛情緒資訊、駕駛疲勞資訊、超車樣態資訊、駕駛視覺注意力資訊、駕駛經驗資訊、駕駛個人資訊。至於權重設計部分，該研究認為一個完整的權重應能同時反映主觀面向與客觀面向，其中，客觀權重值是根據各特徵變數所包含的變異數作為衡量貢獻度基準，以保留特徵變數間的相對重要性；主觀權重則是透過層級分析法(AHP)產生，反映出專家對特徵變數與事故風險的主觀認知。當代表風險相關資訊特徵變數值，以及包含主觀與客觀因素的權重值均為已知，即可相乘加總成駕駛行為風險評估指標值。

鐘易詩等人(2022)將駕駛安全績效視為建立大客車駕駛風險指標的重要成分之一，其計算方法係參考 Chen et al. (2019)所提出的公式，以風險分數評估一位駕駛員在一段行駛時間中展現的駕駛風格，其操作型定義為擷取單一時間窗格內的加速度變化，採用符號聚合近似演算法(Symbolic Aggregate Approximation, SAX)將連續的時間序列資料，轉換為離散的數值型駕駛風格編碼，經由分析平均數、標準差的計算步驟後產生最終風險分數。基本上在 Chen et al. (2019)的公式中僅考量車輛行進方向的加速度變化，而實際上真實車輛行駛狀況應同時包含 XYZ 三軸的加速度變化，因此，鐘易詩等人(2022)將原公式改良，以各方向加速度的加權值為風險分數，惟該研究並未針對各方向維度的權重設計多加著墨，僅註明暫時將各權重設定為相同比重。就概念上而言，此算法係透過兩階段的資料降維(Dimension Reduction)處理，在第一階段中，先從原始駕駛行為資料中分析加速度的幅度與變化量，再於第二階段將前階段資料進一步整合成單一分數指標，以反映駕駛行為的安全性，分數愈高代表行駛速率愈快，或是急加速、急減速幅度愈大，也代表行車事故風險愈高。

Seo et al. (2022)主張駕駛風險的判定應鎖定在駕駛員本身的車輛操作行為。該研究以韓國交通安全局(KOTSA)所訂定的十項激進駕駛行為(Aggressive Driving Behavior, ADB)作為輸入變數，蒐集 20 條市區客運路線共計逾 4 萬個趟次產生的 ADB 事件紀錄資料，經由公式轉換成事件發生頻率，事件單位係採用以秒計的事件延時，考慮到不同 ADB 在不同行駛路線上可能存在不同程度的共變關係，該研究利用特徵學習中的非負矩陣分解法(Non-negative Matrix Factorization, NMF)，將每條客運路線的 ADB 事件頻率資料表示成一組獨特的潛在風險因子的線性組合，將所有潛在風險因子值加以平均計算，即可作為該趟次的初步駕駛風險分數，最後再將初步駕駛風險分數經由極值正規化方法映射至 0 與 100 的分數區間，構成最終的駕駛風險分數。由於此評分模型僅以 ADB 事件紀錄產生對應的風險評分，為確保駕駛風險分數能夠確實反映出觀測到的 ADB 事件數量的變化，該研究透過統計檢定進一步對此模型進行驗證，評估其產出之分數是否能在統計意義上分辨高風險與低風險群兩種型態，操作方法是根據 t 檢定(t-test)分析各路線中各趟次得分前後各百分之 25% 的平均風險評分是否達到顯著性差異。除此之外，還進行一份專家問卷調查以進一步驗證此評分模式的代表性、解釋有效性、貢獻性，在代表性分析部分，Seo et al. (2022)從 20 條客運行駛路線中隨機抽出五個趟次，其中包含一個事故趟次以及四個無事故趟次，讓專家根據 ADB 事件資料進行風險評分，再將專家評分與評分模型的評分透過斯皮爾曼等級相關進行比對，結果顯示此模型產出的評分與專家展出的評分具有一致性，證實了 ADB 事件確實可以作為駕駛風險的良好指標。

綜上所述，有關各研究所建立之駕駛安全績效或風險評分相關公式，整理如表 1 所示，整體而言，目前已知的相關評估模式，雖然所納入之資料源及目標事件(或駕駛行為)不盡相同，

然而大多以目標事件(或駕駛行為)發生次數(頻率)與其相對應的嚴重性(權重)為重要的估計參數，估計方法除了透過客觀的事故資料進行風險分析外，也可設計專家問卷進行調查分析，取得事件之相對風險權重值，本研究將加以納入作為駕駛安全績效評分模式建立之參考。

表 1 駕駛安全績效或風險評分公式整理表

| 文獻作者 | 採用公式 |
|---------------------|--|
| 魏健宏等人(2017) | $r_i^j = \frac{f_i^j - f_{min}^j}{f_{max}^j - f_{min}^j}$ $R_i = \sum_{j=1}^n r_i^j$ |
| Liu et al. (2017) | $\tau_i = \frac{\alpha_i \gamma_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i \gamma_i}$ $w_{ij} = \frac{\tau_{ij}}{\sum_{i=1}^n \tau_{ij}}$ $w'_{ij} = \beta_i w_{ij}$ $w'_i = \frac{w'_i}{\sum_{i=1}^n w'_i}$ |
| Mauri et al. (2018) | $\eta_i(\gamma) = \frac{c}{1 + b * e^{-\gamma}}$ $\gamma = \frac{\sum_{i=1}^{n_f} (q_{j,i} * l_{j,i}) * \mu}{n_f}$ |
| 牛世峰等人(2020) | $R = K_H R_H + (1 - K_H) R_L$ $K_H = \frac{t_H}{T}$ $R_H = \sum_{i=1}^6 \omega_{Hi} I_{Hi}$ $R_L = \sum_{i=1}^6 \omega_{Li} I_{Li}$ $\min \sum_{k=1}^3 \omega - \omega_k$ $s. t. \begin{cases} \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1 \\ \alpha_1 = \alpha_2 + \alpha_3 \\ \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \geq 0 \\ \omega = \sum_{k=1}^3 \alpha_k \omega_k \end{cases}$ |

| | |
|-------------------|--|
| 李威勳等人(2020) | $S_B = c - \text{Min}\left(\frac{\sum w_b \cdot b}{t}, \delta_{\sum w_b}\right)$ |
| 吳昆峰等人(2020) | $\text{延車公里事件數}_i = \frac{\text{警示事件數}_i}{\text{行駛里程}_i}$ $\text{警示事件數}_i = (\beta_0 + \zeta_{1i}) + \text{坡度}_i (\beta_{\text{坡度}} + \zeta_{\text{坡度}i}) +$ $\text{彎道}_i (\beta_{\text{彎道}} + \zeta_{\text{彎道}i}) + \text{曝光量}_i (\beta_{\text{曝光量}} + \zeta_{\text{曝光量}i}) +$ $\text{道路類型}_i (\beta_{\text{道路類型}} + \zeta_{\text{道路類型}i})$ |
| Hu et al. (2021) | $\lambda = \frac{\lambda_{sub} \lambda_{obj}}{\sum \lambda_{sub} \lambda_{obj}}$ $F_{final} = \sum_{i=1}^n \lambda_i F_i$ |
| 鐘易詩等人(2022) | $\text{score} = \text{abs}[\text{mean}(\text{CODE}) - 3] + 0.5 * \text{std}(\text{CODE})$ $\text{score}_j = \frac{\sum_i w_i \cdot \text{score}_{ji}}{\sum_i w_i}$ |
| Seo et al. (2022) | $X_{ADB} = \frac{\text{total duration of an ADB}(s)}{\text{duration of the trip}(h)}$ $x_j = Wh_j = \sum_{k=1}^K w_k h_{kj}$ $RDR^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \widehat{h}_{ki}$ $DR^i = \frac{RDR^i - \min(RDR)}{\max(RDR) - \min(RDR)}$ |

資料來源：本研究整理。

三、模式建構與參數校估

本研究以 ADAS 警示事件為基礎，建立大客車駕駛員之駕駛安全績效評分模式，分析流程如圖 4 所示，圖中各步驟內容分別說明如下：

1. 安全績效評分公式建立

以 ADAS 警示事件為基礎之安全績效評分概念，係假設駕駛員在駕駛過程中，其實際操作車輛的結果，已包含了影響安全的各項因素(例如駕駛員身心特性、駕駛習慣、車輛狀況、道

路交通狀況、環境天候狀況等)，而過程中若有須 ADAS 系統提供警示之狀況時，即表示當下發生了影響安全之事故風險，駕駛員必須有所因應以避免風險進一步擴大，因此若駕駛過程中 ADAS 警示事件愈少，代表駕駛愈安全，反之，警示事件愈多則代表駕駛愈不安全。另外，任何良好的 ADAS 應能精準地偵測各種狀況，並配合駕駛員身心特性(例如感知反應時間、車輛操控能力等)設定合理的警示門檻值，以提供有效的警示時機，然而即使如此，系統運作時，仍可能因各種狀況導致錯誤警示事件之產生，故對於錯誤警示事件之排除亦應加以考量，確保安全績效評分之客觀公平性。

基於上述概念，本研究所研擬之安全績效評分基本公式如公式(1)至(4)所示，其中，安全績效評分為 100 分減去風險評分，其值介於 0 至 100 分；風險評分為加總所有警示事件之有效事件數與該事件之風險權重配分乘積值，至於有效事件數之計算則為警示事件數乘以(1-(偽陽性率或誤判率))，考量到一般行駛時間或行駛里程愈長，所警示的事件數可能愈多，基於比較基準的一致性與公平性，公式中的警示事件數應以單位行駛時間或單位行駛里程警示事件數為佳，又因為若採用單位行駛里程事件數，往往容易忽略了駕駛員在相同里程下因各種狀況導致行駛時間較長，影響駕駛員的操控車輛能力，從而發生較多的警示事件數，加以行駛時間可以直接從 ADAS 系統紀錄取得，而行駛里程必須從 GPS 經緯度座標估算，因此本研究乃以單位行駛時間(旅行時間扣除車站停靠時間)之警示事件數為準；而風險權重配分係由各警示事件之相對風險權重轉換而得，本研究以警示事件所導致之損害程度為風險權重分析基礎，係由單一事故肇事因素所佔比例(可假設作為肇事因素導致事故發生之相對機率)與該因素之事故死亡、傷害人力成本比值推算而得； $f_1 \dots f_m$ 是有關駕駛路線、駕駛時段、車輛特性、其他道路交通及天候狀況等之調整因子。另外，考慮到當警示事件所產生之風險評分達到一定程度時，駕駛員即無安全績效可言，因此在安全績效評分時當風險評分超過 100 分時，則以 100 分計算，此時安全績效評分為 0。

$$DSI_i = 100 - f(R_i) \quad (1)$$

$$R_i = \left(\sum_{j=1}^n (E_{ij} \times W_j) \right) \times f_1 \times f_2 \times \dots \times f_m \quad (2)$$

$$E_{ij} = A_{ij} \times (1 - \gamma_j) \quad (3)$$

$$f(R_i) = \min(100, R_i) \quad (4)$$

其中，

DSI_i ：駕駛員 i 之安全績效評分(0~100)；

R_i ：駕駛員 i 之風險評分(0~100)；

E_{ij} ：駕駛員 i 發生 j 警示事件之單位行駛時間有效事件數(事件數/小時)；

W_j ： j 警示事件之風險權重配分；

$f_1 \dots f_m$ ：駕駛路線、駕駛時段、車輛特性、其他道路交通及天候狀況等之調整因子(預設值為 1)；

A_{ij} ：駕駛員 i 發生 j 警示事件之單位行駛時間警示事件數(事件數/小時)；

γ_j ：偽陽性率(誤判率，指不該警示而警示之事件比率)。

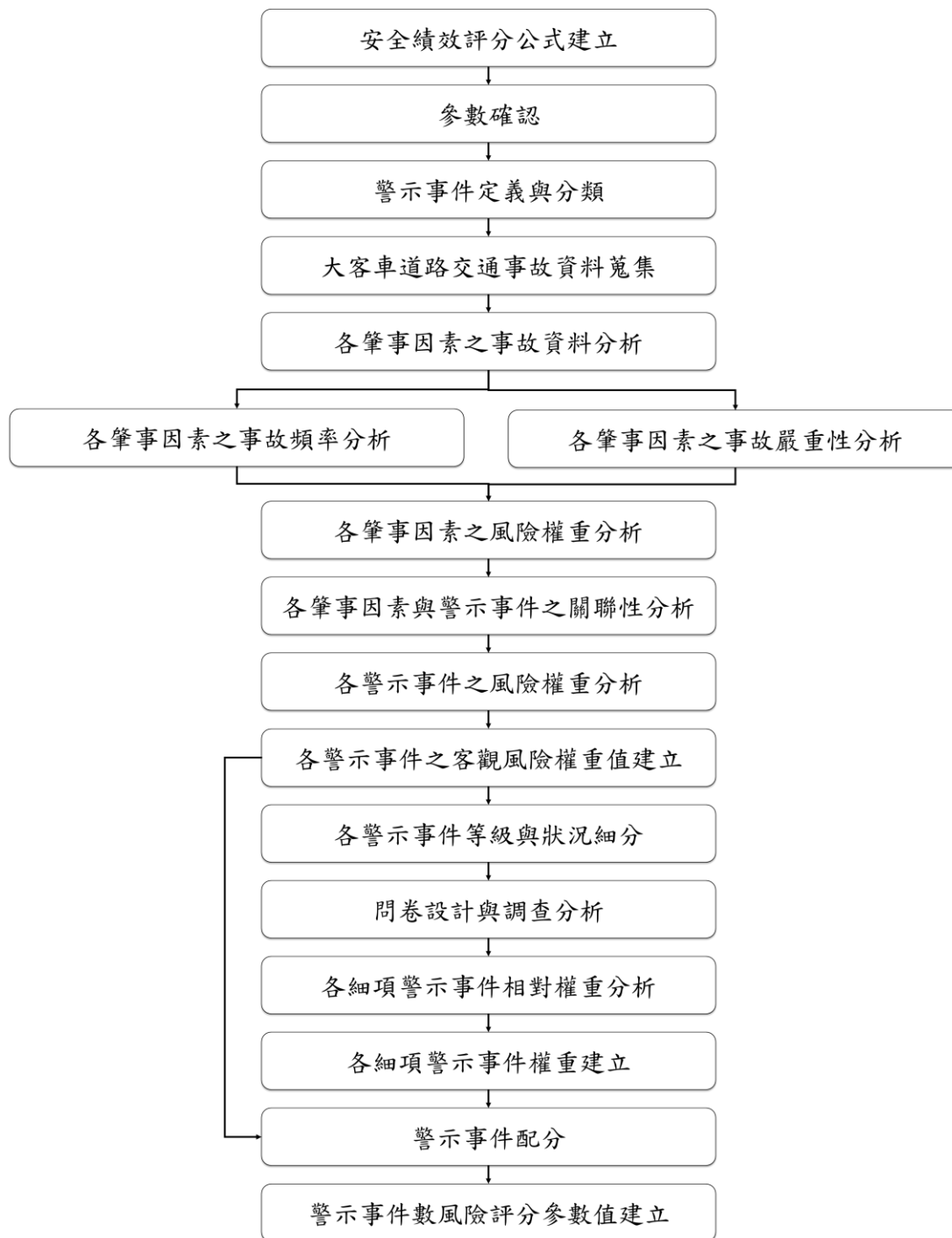


圖 4 安全績效評分模式建立流程圖

2. 參數確認

依據公式(1)至(4)之說明，主要參數包括警示事件之風險權重配分(W_j)、調整因子($f_1 \dots f_m$)及偽陽性率(誤判率)(γ_j)，其中警示事件之風險權重配分可透過警示事件造成事故頻率與嚴重性之相關資料調查分析與而得；至於調整因子則可依駕駛路線(如高速公路、市區道路、山區道路等)、駕駛時段(如日間、夜間、尖峰、離峰等)、車輛特性(如車齡等)、其他道路交通(如道路寬度、上坡、下坡等)及天候狀況(如晴天、雨天等)來加以設定，其預設值為 1；偽陽性率(誤判率)則依各系統實際應用狀況而定，其預設值為 0。

3. 警示事件定義與分類

針對 ADAS 目前可警示之安全相關事件進行分類，以目前客運公司所使用之 ADAS 系統及交通部所推動之「大型車輛主動預警輔助系統」八合一完整系統而言，警示事件可初步以車道偏移、未保持安全距離、車速控制不當三大類為主，其中各大類事件又可依駕駛員操作特性、嚴重等級及行人狀況加以細分，例如在操作特性部分，車道偏移可分為車道偏移(左)、車道偏移(右)，未保持安全距離可分為低速前車碰撞、高速前車碰撞，車速控制不當可分為急加速、急減速、緊急煞車；在嚴重等級部分，車道偏移可分為中度車道偏移、嚴重車道偏移，未保持安全距離可分為輕微未保持安全距離、嚴重未保持安全距離，車速控制不當可分為輕微超速、嚴重超速、輕微低速行駛、嚴重低速行駛；行人狀況則以大型車可能碰撞行人之行人警示為主。

4. 大客車道路交通事故資料蒐集

蒐集一定年期(例如 2017-2021)台灣地區大客車道路交通事故調查表資料(至少須包括 A1、A2 之交通事故件數與死傷人數)。

5. 各肇事因素之事故資料分析

進行各項駕駛人相關肇事因素之事故資料分析(包括事故件數、死亡人數、受傷人數、死亡人數之傷亡人數佔比、受傷人數之傷亡人數佔比等)。以 2017-2021 年為例，肇事因素之事故資料分析結果，如表 2 所示。

表 2 2017-2021 年肇事因素之事故資料分析表

| 肇事因素 | 事故件數 | 死亡人數 | 受傷人數 | 死亡人數佔比 | 受傷人數佔比 |
|-------------------|------|------|------|--------|--------|
| 違規超車 | 122 | 2 | 146 | 0.0135 | 0.9865 |
| 爭(搶)道行駛 | 43 | 1 | 54 | 0.0182 | 0.9818 |
| 蛇行、方向不定 | 19 | 0 | 25 | 0.0000 | 1.0000 |
| 逆向行駛 | 92 | 3 | 114 | 0.0256 | 0.9744 |
| 未靠右行駛 | 28 | 1 | 32 | 0.0303 | 0.9697 |
| 未依規定讓車 | 779 | 22 | 934 | 0.0230 | 0.9770 |
| 變換車道或方向不當 | 875 | 4 | 1039 | 0.0038 | 0.9962 |
| 左轉彎未依規定 | 324 | 8 | 364 | 0.0215 | 0.9785 |
| 右轉彎未依規定 | 255 | 0 | 288 | 0.0000 | 1.0000 |
| 迴轉未依規定 | 63 | 3 | 74 | 0.0390 | 0.9610 |
| 橫越道路不慎 | 31 | 2 | 33 | 0.0571 | 0.9429 |
| 倒車未依規定 | 28 | 0 | 32 | 0.0000 | 1.0000 |
| 超速失控 | 45 | 1 | 82 | 0.0120 | 0.9880 |
| 未依規定減速 | 66 | 2 | 78 | 0.0250 | 0.9750 |
| 搶越行人穿越道 | 167 | 22 | 159 | 0.1215 | 0.8785 |
| 未保持行車安全距離 | 696 | 2 | 988 | 0.0020 | 0.9980 |
| 未保持行車安全間隔 | 843 | 10 | 966 | 0.0102 | 0.9898 |
| 停車操作時，未注意其他車(人)安全 | 57 | 1 | 61 | 0.0161 | 0.9839 |
| 起步未注意其他車(人)安全 | 404 | 3 | 449 | 0.0066 | 0.9934 |
| 吸食違禁物後駕駛失控 | 2 | 0 | 2 | 0.0000 | 1.0000 |
| 酒醉(後)駕駛失控 | 52 | 5 | 68 | 0.0685 | 0.9315 |
| 疲勞(患病)駕駛失控 | 51 | 5 | 107 | 0.0446 | 0.9554 |
| 未注意車前狀態 | 2298 | 30 | 2964 | 0.0100 | 0.9900 |

| 肇事因素 | 事故件數 | 死亡人數 | 受傷人數 | 死亡人數佔比 | 受傷人數佔比 |
|-------------|-------|------|-------|--------|--------|
| 搶(闖)越平交道 | 1 | 0 | 1 | 0.0000 | 1.0000 |
| 違反號誌管制或指揮 | 374 | 15 | 435 | 0.0333 | 0.9667 |
| 違反特定標誌(線)禁制 | 305 | 9 | 384 | 0.0229 | 0.9771 |
| 總計 | 8,020 | 151 | 9,879 | 1.0000 | 1.0000 |

資料來源：交通部道路交通安全督導委員會，2017 至 2021 年大客車道路交通事故調查報告表一、表二及 30 日內死亡清單。

6. 各肇事因素之事故頻率分析

分析各項駕駛人相關肇事因素之事故相對頻率，基本公式如公式(5)所示。以 2017-2021 年為例，肇事因素之事故相對頻率分析結果，如表 3 所示。

$$r_i = \frac{F_i}{T} \quad (5)$$

其中，

r_i ：i 肇事因素之事故頻率指標；

F_i ：i 肇事因素之事故件數(件)；

T ：總事故件數(件)。

表 3 2017-2021 年肇事因素之事故頻率表

| 肇事因素 | 事故件數 | 事故相對頻率 |
|-------------------|------|--------|
| 違規超車 | 122 | 0.0152 |
| 爭(搶)道行駛 | 43 | 0.0054 |
| 蛇行、方向不定 | 19 | 0.0024 |
| 逆向行駛 | 92 | 0.0115 |
| 未靠右行駛 | 28 | 0.0035 |
| 未依規定讓車 | 779 | 0.0971 |
| 變換車道或方向不當 | 875 | 0.1091 |
| 左轉彎未依規定 | 324 | 0.0404 |
| 右轉彎未依規定 | 255 | 0.0318 |
| 迴轉未依規定 | 63 | 0.0079 |
| 橫越道路不慎 | 31 | 0.0039 |
| 倒車未依規定 | 28 | 0.0035 |
| 超速失控 | 45 | 0.0056 |
| 未依規定減速 | 66 | 0.0082 |
| 搶越行人穿越道 | 167 | 0.0208 |
| 未保持行車安全距離 | 696 | 0.0868 |
| 未保持行車安全間隔 | 843 | 0.1051 |
| 停車操作時，未注意其他車(人)安全 | 57 | 0.0071 |
| 起步未注意其他車(人)安全 | 404 | 0.0504 |
| 吸食違禁物後駕駛失控 | 2 | 0.0002 |
| 酒醉(後)駕駛失控 | 52 | 0.0065 |

| 肇事因素 | 事件件數 | 事故相對頻率 |
|-------------|------|--------|
| 疲勞(患病)駕駛失控 | 51 | 0.0064 |
| 未注意車前狀態 | 2298 | 0.2865 |
| 搶(闖)越平交道 | 1 | 0.0001 |
| 違反號誌管制或指揮 | 374 | 0.0466 |
| 違反特定標誌(線)禁制 | 305 | 0.0380 |

資料來源：交通部道路交通安全督導委員會，2017 至 2021 年大客車道路交通事故調查報告表一、表二及 30 日內死亡清單。

7.各肇事因素之事故嚴重性分析

分析各項駕駛人相關肇事因素之事故嚴重性，基本公式如公式(6)至(8)所示。以 2017-2021 年為例，採用交通部運輸研究所(2019)「道路交通事故成本推估之研究」的事故人力成本資料所換算之每人死亡成本與每人受傷成本比值(15,723,009 元/人:1,189,829 元/人=0.9297:0.0703)，則肇事因素之事故嚴重性分析結果，如表 4 所示。

$$S_i = \alpha_i A_{1i} + \beta_i A_{2i} \quad (6)$$

$$\alpha_i = N_{A1,i} / (N_{A1,i} + N_{A2,i}) \quad (7)$$

$$\beta_i = N_{A2,i} / (N_{A1,i} + N_{A2,i}) \quad (8)$$

其中，

S_i ：i 肇事因素之嚴重性指標；

α_i ：i 肇事因素之死亡人數成本權重參數(可利用單一肇事因素之死亡人數佔傷亡人數機率計算)；

β_i ：i 肇事因素之受傷人數成本權重參數(可利用單一肇事因素之受傷人數佔傷亡人數機率計算)；

A_{1i} ：i 肇事因素之死亡成本參數(即死亡成本相對於受傷成本之比值)；

A_{2i} ：i 肇事因素之受傷成本參數(即受傷成本相對於死亡成本之比值)；

$N_{A1,i}$ ：i 肇事因素之死亡人數(人)；

$N_{A2,i}$ ：i 肇事因素之受傷人數(人)。

表 4 2017-2021 年肇事因素之事故嚴重性分析表

| 肇事因素 | 事件件數 | 死亡人數 | 受傷人數 | 死亡人數佔比 | 受傷人數佔比 | 死亡成本比值 | 受傷成本比值 | 嚴重性指標 |
|-----------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 違規超車 | 122 | 2 | 146 | 0.0135 | 0.9865 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0819 |
| 爭(搶)道行駛 | 43 | 1 | 54 | 0.0182 | 0.9818 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0859 |
| 蛇行、方向不定 | 19 | 0 | 25 | 0.0000 | 1.0000 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0703 |
| 逆向行駛 | 92 | 3 | 114 | 0.0256 | 0.9744 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0923 |
| 未靠右行駛 | 28 | 1 | 32 | 0.0303 | 0.9697 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0963 |
| 未依規定讓車 | 779 | 22 | 934 | 0.0230 | 0.9770 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0901 |
| 變換車道或方向不當 | 875 | 4 | 1039 | 0.0038 | 0.9962 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0736 |

| 肇事因素 | 事件數 | 死亡人數 | 受傷人數 | 死亡人數佔比 | 受傷人數佔比 | 死亡成本比值 | 受傷成本比值 | 嚴重性指標 |
|-------------------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 左轉彎未依規定 | 324 | 8 | 364 | 0.0215 | 0.9785 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0888 |
| 右轉彎未依規定 | 255 | 0 | 288 | 0.0000 | 1.0000 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0703 |
| 迴轉未依規定 | 63 | 3 | 74 | 0.0390 | 0.9610 | 0.9297 | 0.0703 | 0.1038 |
| 橫越道路不慎 | 31 | 2 | 33 | 0.0571 | 0.9429 | 0.9297 | 0.0703 | 0.1194 |
| 倒車未依規定 | 28 | 0 | 32 | 0.0000 | 1.0000 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0703 |
| 超速失控 | 45 | 1 | 82 | 0.0120 | 0.9880 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0807 |
| 未依規定減速 | 66 | 2 | 78 | 0.0250 | 0.9750 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0918 |
| 搶越行人穿越道 | 167 | 22 | 159 | 0.1215 | 0.8785 | 0.9297 | 0.0703 | 0.1748 |
| 未保持行車安全距離 | 696 | 2 | 988 | 0.0020 | 0.9980 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0720 |
| 未保持行車安全間隔 | 843 | 10 | 966 | 0.0102 | 0.9898 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0791 |
| 停車操作時，未注意其他車(人)安全 | 57 | 1 | 61 | 0.0161 | 0.9839 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0842 |
| 起步未注意其他車(人)安全 | 404 | 3 | 449 | 0.0066 | 0.9934 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0760 |
| 吸食違禁物後駕駛失控 | 2 | 0 | 2 | 0.0000 | 1.0000 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0703 |
| 酒醉(後)駕駛失控 | 52 | 5 | 68 | 0.0685 | 0.9315 | 0.9297 | 0.0703 | 0.1292 |
| 疲勞(患病)駕駛失控 | 51 | 5 | 107 | 0.0446 | 0.9554 | 0.9297 | 0.0703 | 0.1087 |
| 未注意車前狀態 | 2298 | 30 | 2964 | 0.0100 | 0.9900 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0789 |
| 搶(闖)越平交道 | 1 | 0 | 1 | 0.0000 | 1.0000 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0703 |
| 違反號誌管制或指揮 | 374 | 15 | 435 | 0.0333 | 0.9667 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0989 |
| 違反特定標誌(線)禁制 | 305 | 9 | 384 | 0.0229 | 0.9771 | 0.9297 | 0.0703 | 0.0900 |

8.各肇事因素之風險權重分析

分析各項駕駛人相關肇事因素之風險權重，基本公式如公式(9)所示，以2017-2021年為例，肇事因素之風險權重分析結果，如表5所示。

$$R_i = r_i \times S_i \quad (9)$$

其中，

R_i ：i 肇事因素之風險權重；

r_i ：i 肇事因素之事故頻率指標；

S_i ：i 肇事因素之嚴重性指標。

表 5 2017-2021 年肇事因素之風險權重分析表

| 肇事因素 | 事故頻率指標 | 嚴重性指標 | 風險權重 |
|---------|--------|--------|--------|
| 違規超車 | 0.0152 | 0.0819 | 0.0012 |
| 爭(搶)道行駛 | 0.0054 | 0.0859 | 0.0005 |
| 蛇行、方向不定 | 0.0024 | 0.0703 | 0.0002 |
| 逆向行駛 | 0.0115 | 0.0923 | 0.0011 |
| 未靠右行駛 | 0.0035 | 0.0963 | 0.0003 |
| 未依規定讓車 | 0.0971 | 0.0901 | 0.0088 |

| 肇事因素 | 事故頻率指標 | 嚴重性指標 | 風險權重 |
|-------------------|--------|--------|--------|
| 變換車道或方向不當 | 0.1091 | 0.0736 | 0.0080 |
| 左轉彎未依規定 | 0.0404 | 0.0888 | 0.0036 |
| 右轉彎未依規定 | 0.0318 | 0.0703 | 0.0022 |
| 迴轉未依規定 | 0.0079 | 0.1038 | 0.0008 |
| 橫越道路不慎 | 0.0039 | 0.1194 | 0.0005 |
| 倒車未依規定 | 0.0035 | 0.0703 | 0.0002 |
| 超速失控 | 0.0056 | 0.0807 | 0.0005 |
| 未依規定減速 | 0.0082 | 0.0918 | 0.0008 |
| 搶越行人穿越道 | 0.0208 | 0.1748 | 0.0036 |
| 未保持行車安全距離 | 0.0868 | 0.0720 | 0.0062 |
| 未保持行車安全間隔 | 0.1051 | 0.0791 | 0.0083 |
| 停車操作時，未注意其他車(人)安全 | 0.0071 | 0.0842 | 0.0006 |
| 起步未注意其他車(人)安全 | 0.0504 | 0.0760 | 0.0038 |
| 吸食違禁物後駕駛失控 | 0.0002 | 0.0703 | 0.0000 |
| 酒醉(後)駕駛失控 | 0.0065 | 0.1292 | 0.0008 |
| 疲勞(患病)駕駛失控 | 0.0064 | 0.1087 | 0.0007 |
| 未注意車前狀態 | 0.2865 | 0.0789 | 0.0226 |
| 搶(闖)越平交道 | 0.0001 | 0.0703 | 0.0000 |
| 違反號誌管制或指揮 | 0.0466 | 0.0989 | 0.0046 |
| 違反特定標誌(線)禁制 | 0.0380 | 0.0900 | 0.0034 |

9.各肇事因素與警示事件關聯性分析

針對肇事因素與警示事件之關聯性進行分析與歸類，以通用警示事件之車道偏移、未保持安全距離、車速控制不當三大類而言，其相關的肇事因素可歸類如表 6 所示。

表 6 警示事件分類與肇事因素關聯表

| 警示事件分類 | 肇事因素 |
|---------|-----------|
| 車道偏移 | 爭(搶)道行駛 |
| | 蛇行、方向不定 |
| | 變換車道或方向不當 |
| | 未保持行車安全間隔 |
| 未保持安全距離 | 未依規定讓車 |
| | 未保持行車安全距離 |
| 車速控制不當 | 左轉彎未依規定 |
| | 右轉彎未依規定 |
| | 超速失控 |
| | 未依規定減速 |

10.各警示事件之客觀風險權重值建立

整合警示事件所對應之肇事因素風險權重值，即得警示事件之客觀風險權重值。以 2017-2021 年為例，將同一警示事件分類之肇事因素風險權重加總，計算得各項警示事件相對風險權重；再透過正規化分析，調整各項警示事件相對權重，使其加總為 1，即得各警示事件之風險權重，如表 7 所示。

表 7 警示事件之風險權重值表

| 警示事件分類 | 風險權重 | 正規化風險權重 |
|---------|--------|---------|
| 車道偏移 | 0.0170 | 0.44 |
| 未保持安全距離 | 0.0150 | 0.38 |
| 車速控制不當 | 0.0071 | 0.18 |

11.各警示事件等級與狀況細分

由於有些公司所採用之 ADAS 警示項目可能會針對前述警示事件進一步細分其等級與狀況，如表 8 所示，因此，三大類之客觀風險權重值亦須加以細分，至於風險權重部分，則可透過專家問卷調查方式進行分析。

表 8 警示事件細項分類表

| 類別 | 事件 |
|---------|----------|
| 車道偏移 | 車道偏移(左) |
| | 車道偏移(右) |
| | 中度車道偏移 |
| | 嚴重車道偏移 |
| 未保持安全距離 | 低速前車碰撞 |
| | 高速前車碰撞 |
| | 行人警示 |
| | 輕微未保安全距離 |
| | 嚴重未保安全距離 |
| 車速控制不當 | 輕微超速 |
| | 嚴重超速 |
| | 輕微低速行駛 |
| | 嚴重低速行駛 |
| | 急加速 |
| | 急減速 |
| | 緊急煞車 |

12.問卷設計與調查分析

針對警示事件細項，設計調查問卷，請相關專家依據各事件可能發生事故之頻率與嚴重性狀況，分別加以評估，以 1 至 10 分為範圍(最低分為 1，代表事件之風險狀況最低；最高分為 10，代表事件之風險狀況最高)，進行填答。

13.各細項警示事件相對權重分析

依據填答結果進行相對風險權重分析，首先針對各問項填答值進行平均數分析；再以平均數之相對比例進行大類權重值之分配，使各細項之權重值加總等於大類權重值。

14.各細項警示事件權重建立

依據正規化結果，確立各細項警示事件之權重值，作為安全績效評分模式之基礎。

15.警示事件配分

依據警示事件之大類與細項權重進行配分，作為風險評分之基礎，配分原則除了反映不同事件的相對風險權重外，亦應考慮到實際單位行駛時間之有效事件數與評分結果之鑑別度，避

免配分過高導致多數駕駛員的安全績效評分甚低(或 0 分)或配分過低導致多數駕駛員的安全績效評分均為高分，基本上可透過長期觀察駕駛員之單位行駛時間警示事件數來進行試算調整。

16. 警示事件數風險評分參數值建立

綜合前述分析結果，確立警示事件之風險評分參數值，作為安全績效評分模式於駕駛安全性與風險趨勢分析應用之基礎。

四、模式應用

在模式應用部分，本研究蒐集國內某國道客運公司於 2022 年 4 月之 ADAS 警示資料，並整合行車紀錄器、GPS 衛星定位系統、交通部運輸資料流通平台(TDX)等資訊，建立涵蓋駕駛員、趟次、起迄點、行駛時間與里程、ADAS 警示事件類型、警示時間與地點等之大數據分析資料庫。透過警示事件之歸類進行風險權重問卷設計，並邀請總經理、總經理特助、資訊、客服/行控、人資/法務等高階主管共五名進行填答，再進行各細項警示事件相對權重分析，取得相對權重值如表 9 所示，最後經過反覆的試算調整，確立駕駛安全績效模式之警示事件權重配分與其他參數值，如表 10 所示。至於駕駛安全績效評分之分佈如圖 5 所示，共有 269 位駕駛員，平均分數為 91.93 分，標準差為 3.77 分，最大值為 99 分，最小值為 76 分，分析結果顯示本研究所建立之模式與相關參數具有鑑別度，可提供作為安全管理系統之風險評估工具。另外，針對個別駕駛員之風險趨勢，亦可透過每日安全績效評分之趨勢線分析(如圖 6 及圖 7 所示)，得知駕駛員之績效表現狀況，當趨勢線往下(如圖 7)時，顯示駕駛員之駕駛風險提高，應加以關注並了解其駕駛狀況，執行適當的改善策略。在警戒線之設定值部分，可設定駕駛安全績效評分 70 分為門檻值，而駕駛員關注輔導之啟動時機，除了風險趨勢線可供參考外，亦可採用雙指標方式，當駕駛員之駕駛安全績效評分低於 70 分(意即 <70 分，屬於絕對指標)且在駕駛員安全績效分群中屬於低安全群組者(屬於相對指標)，應加以特別注意其駕駛行為。

表 9 細項警示事件之權重值表

| 大類 | 大類權重 | 細項 | 細項權重 |
|---------|------|----------|------|
| 車道偏移 | 0.44 | 車道偏移(左) | 0.07 |
| | | 車道偏移(右) | 0.07 |
| | | 中度車道偏移 | 0.12 |
| | | 嚴重車道偏移 | 0.18 |
| 未保持安全距離 | 0.38 | 低速前車碰撞 | 0.04 |
| | | 高速前車碰撞 | 0.12 |
| | | 行人警示 | 0.05 |
| | | 輕微未保安全距離 | 0.04 |
| | | 嚴重未保安全距離 | 0.13 |
| 車速控制不當 | 0.18 | 輕微超速 | 0.02 |
| | | 嚴重超速 | 0.04 |
| | | 輕微低速行駛 | 0.01 |
| | | 嚴重低速行駛 | 0.03 |
| | | 急加速 | 0.01 |
| | | 急減速 | 0.03 |
| | | 緊急煞車 | 0.04 |

表 10 駕駛安全績效模式應用之參數值表

| 警示事件風險權重配分 | | |
|-------------------|------------------------|---------------|
| 編號 | 警示事件 | 權重配分 |
| 1 | 車道偏移(左) | 0.7 |
| 2 | 車道偏移(右) | 0.7 |
| 3 | 中度車道偏移 | 1.2 |
| 4 | 嚴重車道偏移 | 1.8 |
| 5 | 低速前車碰撞 | 0.4 |
| 6 | 高速前車碰撞 | 1.2 |
| 7 | 行人警示 | 0.5 |
| 8 | 輕微未保安全距離 | 0.4 |
| 9 | 嚴重未保安全距離 | 1.3 |
| 10 | 輕微超速 | 0.2 |
| 11 | 嚴重超速 | 0.4 |
| 12 | 輕微低速行駛 | 0.1 |
| 13 | 嚴重低速行駛 | 0.3 |
| 14 | 急加速 | 0.1 |
| 15 | 急減速 | 0.3 |
| 16 | 緊急煞車 | 0.4 |
| 調整因子參數值 | | |
| 編號 | 調整因子 | 參數值 |
| 1 | 駕駛路線(如高速公路、市區道路、山區道路等) | 1.0 |
| 2 | 駕駛時段(如日間、夜間、尖峰、離峰等) | 1.0 |
| 3 | 車輛特性(如車齡等) | 1.0 |
| 4 | 道路狀況(如道路寬度、上坡、下坡等) | 1.0 |
| 5 | 天候狀況(如晴天、雨天等) | 1.0 |
| 有效事件數參數值 | | |
| 編號 | 警示事件 | 偽陽性率 (誤判率) |
| 1 | 車道偏移(左) | 0.00 |
| 2 | 車道偏移(右) | 0.00 |
| 3 | 中度車道偏移 | 0.00 |
| 4 | 嚴重車道偏移 | 0.00 |
| 5 | 低速前車碰撞 | 0.00 |
| 6 | 高速前車碰撞 | 0.00 |
| 7 | 行人警示 | 0.00 |
| 8 | 輕微未保安全距離 | 0.00 |
| 9 | 嚴重未保安全距離 | 0.00 |
| 10 | 輕微超速 | 0.00 |
| 11 | 嚴重超速 | 0.00 |
| 12 | 輕微低速行駛 | 0.00 |
| 13 | 嚴重低速行駛 | 0.00 |
| 14 | 急加速 | 0.00 |
| 15 | 急減速 | 0.00 |
| 16 | 緊急煞車 | 0.00 |

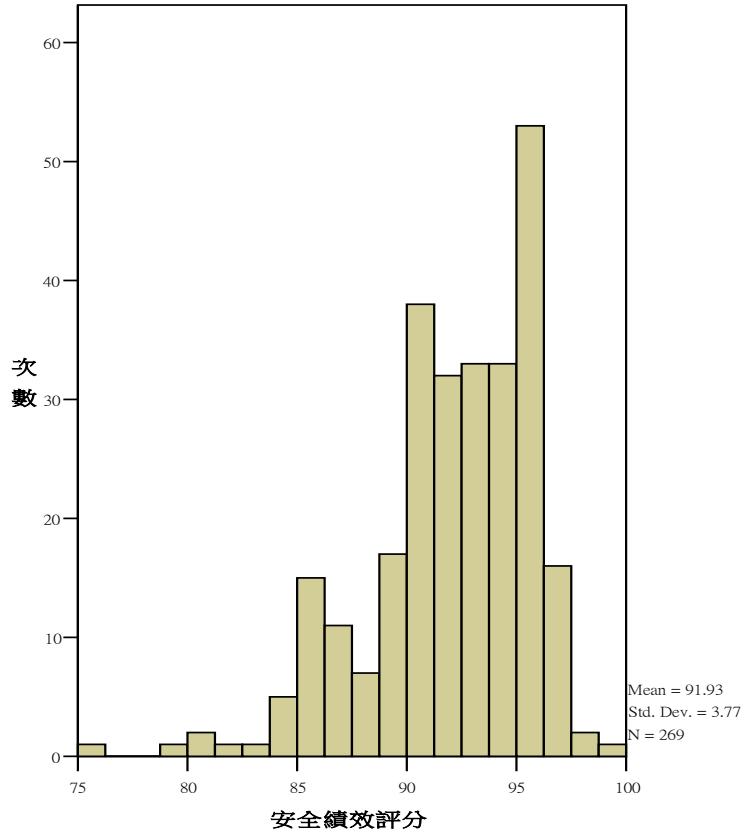


圖 5 駕駛安全績效評分分佈圖

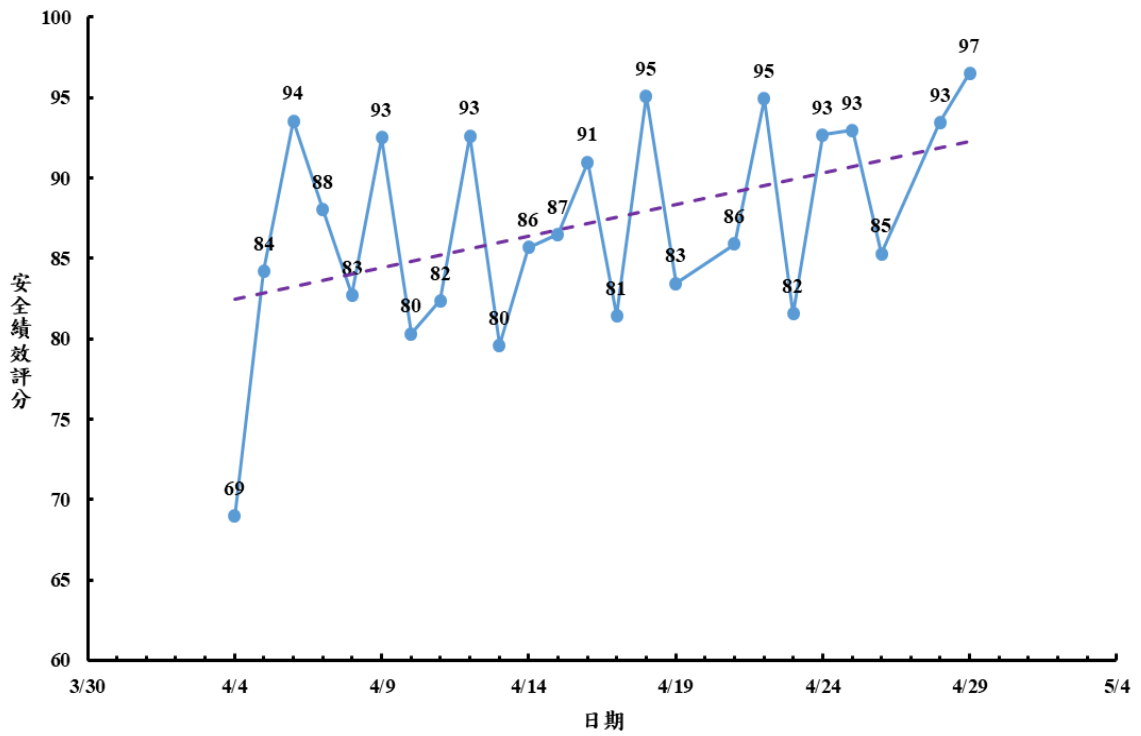


圖 6 駕駛安全績效評分之向上趨勢線圖

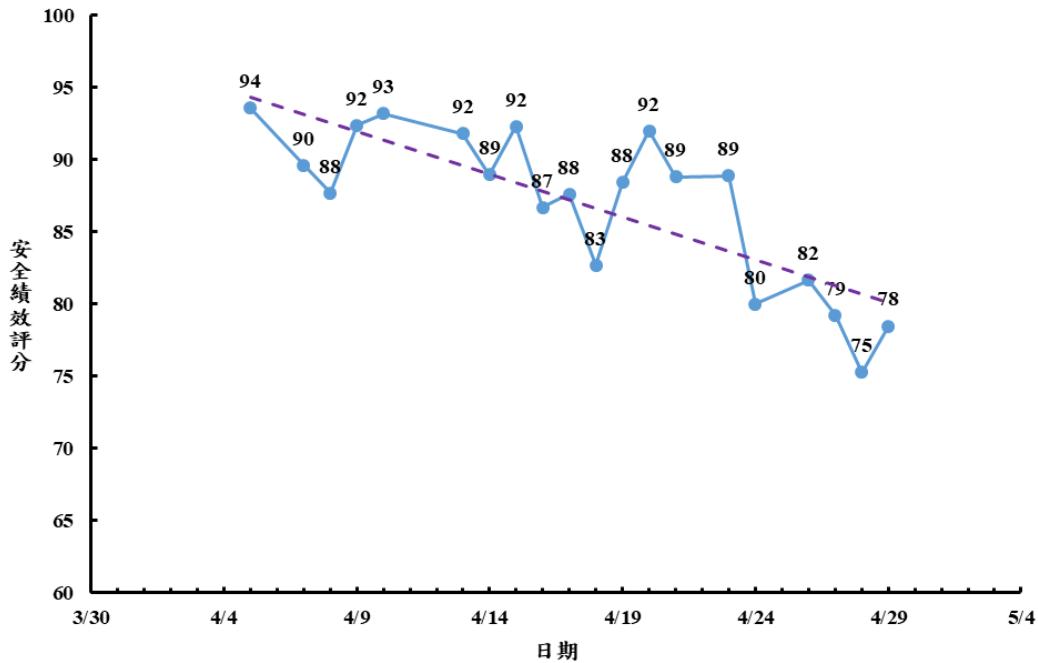


圖 7 駕駛安全績效評分之向下趨勢線圖

針對過去績效評估期間之駕駛安全績效時間序列變化，可以透過變異係數指標來加以呈現，探討過去縱斷面時間軸中，駕駛員的安全績效穩定性。變異係數的公式如公式(10)至(12)所示，以圖 6 及圖 7 兩位駕駛員為例，其績效評估期間(4 月)之駕駛安全績效評分變異係數分別為 0.076 及 0.063，顯示圖 6 之駕駛員，其駕駛安全績效評分雖然呈現向上之趨勢，但卻是兩位駕駛員中較不穩定者，亦應加以注意其駕駛行為與狀況。

$$C_i = \frac{s_i'}{\bar{Y}_i} \quad (10)$$

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{t=1}^n Y_{it}}{n} \quad (11)$$

$$s_i' = \sqrt{s_i'^2} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_{it} - \bar{Y}_i)^2}{n-1}} \quad (12)$$

其中：

C_i ：變異係數；

\bar{Y}_i ：駕駛員 i 之績效期間駕駛安全績效評分平均值(分)；

s_i' ：駕駛員 i 之績效期間駕駛安全績效評分標準差(分)；

Y_{it} ：駕駛員 i 之績效期間每一時間點駕駛安全績效評分(分)；

n ：績效期間之所有樣本數；

$s_i'^2$ ：駕駛員 i 之績效期間駕駛安全績效評分變異數(分²)。

五、結論與建議

本研究以大客車 ADAS 警示事件之應用為方向，建立以 ADAS 警示資料為基礎之大客車駕駛安全績效模式，並說明參數校估流程，以及模式之相關應用，具體結論與建議，說明如後。

5.1 結論

1. 依據文獻回顧與探討之整理分析，目前所發展之 ADAS 功能可大致分為危險警示、視覺輔助及操控輔助三大類系統，其中危險警示之事件可作為駕駛行為風險評估之基礎；至於風險相關評估模式之發展，各研究所納入之資料源及目標事件(或駕駛行為)不盡相同，但大多以目標事件(或駕駛行為)發生次數(頻率)與其相對應的嚴重性(權重)為重要的估計參數，並加以整合成相對風險權重，進行駕駛安全績效或風險之估算。
2. 本研究建立駕駛安全績效模式與相關的參數分析流程，其中，駕駛安全績效評分係以 100 分減去風險評分，其值介於 0 至 100 分；風險評分為加總所有警示事件之有效事件數與該事件之風險權重乘積值，風險權重配分可透過警示事件造成事故之頻率指標與嚴重性指標相乘後轉換而得，至於有效事件數為警示事件數扣除誤判之事件數，並以單位行駛時間之警示事件數為準；調整因子參數則包括駕駛路線、駕駛時段、車輛特性、其他道路交通及天候狀況等。另外，考慮到當警示事件所產生之風險評分達到一定程度時，駕駛者即無安全績效可言，因此在安全績效評分時當風險評分超過 100 分時，則以 100 分計算，此時安全績效評分為 0。
3. 在模式之參數校估方面，本研究蒐集 2017-2021 年臺灣地區大客車肇事因素之事故資料進行分析，結果顯示未注意車前狀態、變換車道或方向不當、未保持行車安全間隔、未依規定讓車、未保持行車安全距離為事故頻率較高的肇事因素；搶越行人穿越道、酒醉(後)駕駛失控、橫越道路不慎、疲勞(患病)駕駛失控、迴轉未依規定則是事故嚴重性較高的肇事因素，而以事故頻率指標與事故嚴重性指標相乘之風險權重而言，未注意車前狀態、未依規定讓車、未保持行車安全間隔、變換車道或方向不當、未保持行車安全距離為風險較高之肇事因素，此亦反映出大客車 ADAS 於車前突發狀態、車道偏移、未保持安全距離等警示的重要性。
4. 針對現況 ADAS 通用之警示事件與肇事因素進行關聯分析與歸類後，可將 ADAS 警示事件分為車道偏移、未保持安全距離、車速控制不當三大類，而依據 2017-2021 年臺灣地區大客車肇事因素之事故資料進行事故頻率指標與嚴重性指標分析後，此三大類之正規化風險權重分別為車道偏移(0.44)、未保持安全距離(0.38)、車速控制不當(0.18)。
5. 在模式應用部分，本研究蒐集某國道客運公司之一個月的實際 ADAS 警示資料進行大數據整合分析後，再應用模式加以計算，則 269 位駕駛員之駕駛安全績效評分平均數為 91.93 分，標準差為 3.77 分，最大值為 99 分，最小值為 76 分，分析結果顯示所建立之模式與相關參數具有鑑別度，可提供作為安全管理系統之風險評估工具。
6. 針對個別駕駛員之風險趨勢，可透過每日安全績效評分之趨勢線分析，得知駕駛員之績效表現狀況，提供駕駛安全管理機制啟動之時機；亦可採用雙指標方式，當駕駛員之駕駛安全績

效評分低於 70 分且在駕駛員安全績效分群中屬於低安全群組者，應加以特別注意其駕駛行為。另外，變異係數指標可作為縱斷面時間軸中，駕駛員之安全績效穩定性評估的基礎。

5.2 建議

- 1.本研究所建立之駕駛安全績效模式係以 ADAS 警示資料進行加值應用，可提供作為大客車運輸業安全管理之評估工具，除了導正職業駕駛員於長途駕駛車輛之偏差行為外，亦期能有效降低大客車事故之風險。
- 2.本研究以總體資料計算參數值(權重)，再將其應用至個別駕駛之風險評分，係假設駕駛者之特性為一致性，因此不同駕駛者之駕駛能力與狀況的差異性與風險狀況，可透過調整因子來進行調整，至於調整因子之分析與影響，可再進一步透過實際應用資料加以研究探討。另外，在肇事因素與警示事件分類之對應部分，亦可透過專家意見調查來進行歸納。
- 3.有關模式分析結果之驗證，可再蒐集駕駛員同時期之肇事、違規及客訴記錄，進行比對分析，以佐證安全績效值的合理性。
- 4.ADAS 之發展與應用，不論就系統本身或其他相關設備(例如 GPS、雷達、光達、攝影機、OBDII、行車紀錄器、車載機等)、通訊網路(例如 CAN bus、5G 或車聯網等)之整合，均涉及大量數位資料的蒐集與處理，因此，除了善用創新的大數據分析技術獲取有用之資訊以改善運輸安全服務品質外，對於資料相關標準規範之建立，以及資通安全之強化，亦應受到重視。
- 5.ADAS 警示之接受度與有效性，涉及警示參數之設定，因此過去已有相關研究針對駕駛者個人特性建立個人化之演算法或警示參數門檻，而如何保留 ADAS 警示事件之參數門檻設定彈性，讓使用者能因人因狀況調整，也是 ADAS 系統發展應用的重要課題。

參考文獻

- 牛世峰、李貴強、張士偉 (2020)，「衛星定位數據驅動的營運車輛駕駛人駕駛風險評估模型」，*中國公路學報*，第 33 卷，第 6 期，頁 202-211。
- 交通部 (2022)，大型車輛裝設主動預警輔助系統補助要點。
- 余英仕 (2020)，MOBILEYE-先進駕駛輔助系統的案例研究，國立交通大學企業管理碩士學程碩士論文。
- 吳昆峯、邱裕鈞、鍾易詩、施朝欽、黃韋嘉、李宜靜、吳品蓁、張開國、葉祖宏、黃士軒 (2020)，駕駛行為分析工具開發及行為特性探討，交通部運輸研究所。
- 李威勳 (2020)，以深度學習方法分析駕駛風險並設計駕駛行為車險服務平台，科技部補助專題研究計畫。
- 周榮昌、邱裕鈞、郭仲偉、王明智、陳孜穎、謝志偉、張開國、葉祖宏、陳凱斌 (2019)，道路交通事故成本推估之研究，交通部運輸研究所。
- 張建彥、吳繼虹、王世杰 (2006)，「視覺能力對安全駕駛之影響分析與換照制度之探討」，*危*

機管理學刊，第三卷，第二期，頁 95-104。

黃章杰 (2016)，淺談先進駕駛輔助系統的源起與發展，財團法人車輛研究測試中心。

鄭碩群 (2022)，「交通部『大型車輛裝設主動預警輔助系統』計畫介紹」，*車安通訊季刊*，第 111-01 期。

鍾易詩、邱裕鈞、吳昆峰 (2022)，應用人工智慧分析技術探勘高風險路段(1/4)－駕駛行為模式研析及車外異常事件影像辨識技術發展，交通部運輸研究所。

魏健宏、陳宥欽、李佩憶、賴家偉 (2018)，「人格特質影響駕駛風險之分級模型建構－以國道客運駕駛員為例」，*運輸學刊*，第三十卷，第三期，頁 219-246。

蘇昭銘、林良泰、張建彥、魏健宏、謝界田、洪百賢、曾平毅、林至康、李治綱、劉英標、吳志超、李明展 (2022)，汽車運輸業建立系統性安全管理制度之研究，交通部運輸研究所。

Chen, H., Zhao, F., Huang, K., and Tian, Y. (2018), "Driver Behavior Analysis for Advanced Driver Assistance System," *2018 IEEE 7th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS)*, Enshi, Hubei Province, China.

Hasenjager, M. and Wersing, H. (2017), "Personalization in Advanced Driver Assistance Systems and Autonomous Vehicles: A Review," *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*.

Hu, L., Bao, X., Lin, M., Yu, C., and Wang, F. (2021), "Research on Risky Driving Behavior Evaluation Model Based on CIDAS Real Data," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 235(8), pp. 2176-2187.

Jumaa, B. A., Abdulhassan, A. M., and Abdulhassan, A. M. (2019), "Advanced Driver Assistance System (ADAS): A Review of Systems and Technologies," *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*.

Liu, Z., Shen, Q., Li, H., and Ma, J. (2017), "A Risky Driving Behavior Scoring Model for the Personalized Automobile Insurance Pricing," *Proceedings of the 2nd International Conference on Crowd Science and Engineering*, pp. 61-67.

Mauri, G. L., Bressan, E., Velardo, F. C., and Cacciabue, P. C. (2018), "Dynamic Risk Assessment During Eco-driving Behaviors for Conventionally Fueled Vehicles, Safety and Reliability-Safe Societies in a Changing World," *CRC Press*, pp. 2735-2741.

Panou, M. C. (2018), "Intelligent Personalized ADAS Warnings," *European Transport Research Review* 10,;pp.1-10.

Priyadarshini R., Kayalvizhi, S., Geetha, A., and Premkumar T. (2019), "Data Driven Scene Classification to Analyze ADAS," *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, Vol. 8, Issue 2S4.

Seo, H., Shin, J., Kim, K. H., Lim, C., and Bae, J. (2022), "Driving Risk Assessment Using Non-Negative Matrix Factorization with Driving Behavior Records," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(11), pp. 20398-20412.

Tesla (2023), "Safety Score Beta," Retrieved April 17, 2023, website: <https://www.tesla.com/support/safety-score#version-2.0>.

Ziebinski, A., Cupek, R., Grzechca, D., and Chruszczyk, L. (2017), "Review of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)," *AIP Conference Proceedings* 1906, 120002, <https://doi.org/10.1063/1.5012394>.