

112 年 道路 交通
安全 與 執法 研討 會
中華民國 112 年 09 月 28 日

大客車駕駛風險評估方法之構建與實證分析： 以 A 客運公司為例

Construction and empirical analysis of bus driving risk assessment method: A passenger transport company as an example

蘇昭銘 Jau-Ming Su¹

郭柏賢 Bo-Xian Guo²

畢哲維 Jhe-Wei Bee³

王彬宇 Pin-Yu Wang⁴

陳信源 Shin-Yuan Chen⁵

摘要

過去的交通安全研究著重於交通事故的環境因子、個人基本資料之風險統計分析，缺乏對於駕駛操作車輛機制與駕駛行為之了解與特性探討。即使有相關之探討，仍缺乏加入「駕駛工時」該項條件進行深入研究。因此本研究透過加入駕駛工時之評估條件，讓整體研究結果更加公正客觀，本研究使用 SQL Server 進行 ADAS 車機資料的讀取與篩選，歸納出駕駛警示事件及各駕駛員在該月的駕駛工時，並設計專家問卷進行訪問，將得到的結果使用 AHP 層級分析法進行駕駛風險評估及警示事件之權重計算，得出各駕駛員的風險評分並進行排名，同時藉由 Weka 程式中的 K-means 分群法及其 Python 程式語言，將所有駕駛員分群，得出最安全到最不安全的駕駛員共有哪些，綜合上述結果，利用 Power BI 將資料視覺化，設計出駕駛員風險績效查詢頁面，方便客運公司的管理者可透過直覺化的查詢，進行駕駛員的篩選與該駕駛員是否安全的參考。

關鍵詞：駕駛風險評估、駕駛工時、駕駛警示事件、層級分析法。

Keywords: Driver Risk Assessment, safety performance, performance ranking

¹逢甲大學運輸與物流學系指導老師、台中市西屯區文華路 100 號、04-24517250 轉 4659、
jmsu@fcu.edu.tw

²逢甲大學運輸與物流學系學生、台中市西屯區文華路 100 號、04-24517250 轉 4659、
D1078437@o365.fcu.edu.tw

³逢甲大學運輸與物流學系學生、台中市西屯區文華路 100 號、04-24517250 轉 4659、
D0909063@o365.fcu.edu.tw

⁴逢甲大學運輸與物流學系學生、台中市西屯區文華路 100 號、04-24517250 轉 4659、
D0958693@o365.fcu.edu.tw

⁵逢甲大學運輸與物流學系學生、台中市西屯區文華路 100 號、04-24517250 轉 4659、
D0958871@o365.fcu.edu.tw

一、緒論

1.1 研究背景與動機

本研究自道路安全資訊網擷取 2017 到 2021 近五年台灣的車禍受傷、死亡資料，加以整理及歸納後，利用 PowerBI 整理出圖 1，近五年內大型車交通事故死亡人數和受傷人數的長條圖及趨勢圖，可以看到死亡人數經過五年後只有略為下降，而由圖 2 中也可見，在 A1 事故中，最大的肇事主因都是未注意車前狀況，而這也凸顯現今大客車安裝先進駕駛輔助系統的重要性。



圖1 近五年全國大型車涉入案件事故統計死亡人數

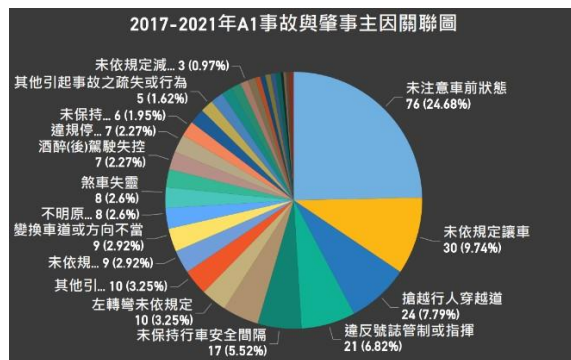


圖2 近五年A1 事故與肇事主因關聯圖

此外根據交通部 111 年 1 月 26 日公告的「大型車輛裝設主動預警輔助系統補助要點」可知，大型車運輸業者未來裝設先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)在大型車上，可獲得一定的補助，此點凸顯了未來將有更多的大型車運輸業者擁有 ADAS 系統資料，且有望利用此資料來進行駕駛行為的管理及駕駛風險判斷；同時根據此補助要點可知，ADAS 系統裝設的執行單位為財團法人車輛安全審驗中心(VSCC)，分別針對系統裝設的技術層面及其建立的資料內容進行規範，藉此可知未來在 ADAS 資料的應用上，除了資料內容可以被統一外，若要針對不同大型車駕駛的行為進行分析或統計，也是可以直接應用的。

根據以上說明可知，探討如何應用 ADAS 系統資料的課題在未來愈顯重要，且此次交通部特別針對大型車裝設 ADAS 系統開出相關補助，為的就是希望可以有效降低大型車涉入案件時的傷亡及死亡人數，因此本研究打算以「大型車安全績效評估方法」為題，希望可以做到 ADAS 資料實務應用的課題。

1.1.1 研究目的

本研究的研究目的可分為以下 3 點：

1. 透過 ADAS 資料分析，判斷大客車駕駛的駕駛行為風險。使用實際客運業者提供的 ADAS 車機資料，對這些資料進行分析，從中篩選出警示事件，得出各駕駛被警示的事件次數，透過各事件權重的差別，得出駕駛員的駕駛風險數值。
2. 建立高風險警示路段熱點圖，提醒大客車駕駛該路段需注意事項。將發生警示駕駛行為的資料結合地理資訊系統，建立各事件的警示熱點圖，以直觀的方式呈現高風險路段，提醒大客車駕駛該路段需特別注意行車安全，以免發生意外。
3. 幫助大型車運輸業者定期篩選出高風險駕駛。此項研究預計可建立起一套分析判斷駕駛行為風險的系統流程，該系統流程包含每一項危險駕駛的定義內容，藉由每位駕駛行駛時的 ADAS 資料，分析出在整趟行程中，該位駕駛是否有做到哪些符合危險駕駛定義的內容，大型車運輸業者對此可訂定相關危險駕駛評鑑機制，定期篩選出高風險駕駛。

1.1.2 研究範圍

本研究取得客運業者 A 公司的 ADAS 系統資料，並非台灣所有客運業者之 ADAS 系統資料，運用其 2022 年 4 月份所記錄的資料，預計將會使用下列資料進行分析，分別有車號、員工 ID、GPS、車速、GPS 紀錄的車速、時間、車輛、燈號、前方車距等和大客車駕駛行為相關的紀錄及項目，並與 AHP 問卷做結合，使用 AHP 層級分析法的方式來徵詢交通界專家學者們的意見，根據專家學者們的想法與建議，最終做出一套屬於大型車安全績效的評估方法。

1. 員工 ID：在本研究中以不同的 ID 來區分不同駕駛人，透過區分不同的駕駛人可以結合起後續所分析的數據，區分出各個駕駛人是否存在著危險駕駛行為。
2. GPS：全球導航系統，可以為用戶提供定位、導航和定時服務。在本研究中，我們將利用 GPS 定位資料來辨識易發生事故的路段，並利用 GPS 記錄的行車速率資料協助評估交通安全績效。
3. 車速：本資料所記錄的資料有兩種，分別為 GPS 記錄的內容及 ADAS 車機所記錄的內容，本研究將以 ADAS 車機所記錄的資料為主，GPS 記錄的資料為輔，透過判斷駕駛在該時段是否有車速，即代表其具有開車行為，藉此整理出各駕駛的駕駛時長資料。
4. 時間：透過對時間的分析，彙整出駕駛員的駕駛時長資料，從而使駕駛時長結合駕駛風險值去做駕駛風險評估。
5. 警示事件：根據 A 公司提供之車機資料內容顯示，每一位駕駛之駕駛行為都會被車機資料所記錄下來，並分為許多項目，每一項都是一個警示事件，例如：高速前車碰撞、低速前車碰撞、中度車道偏移、嚴重車道偏移等。

1.1.3 研究流程

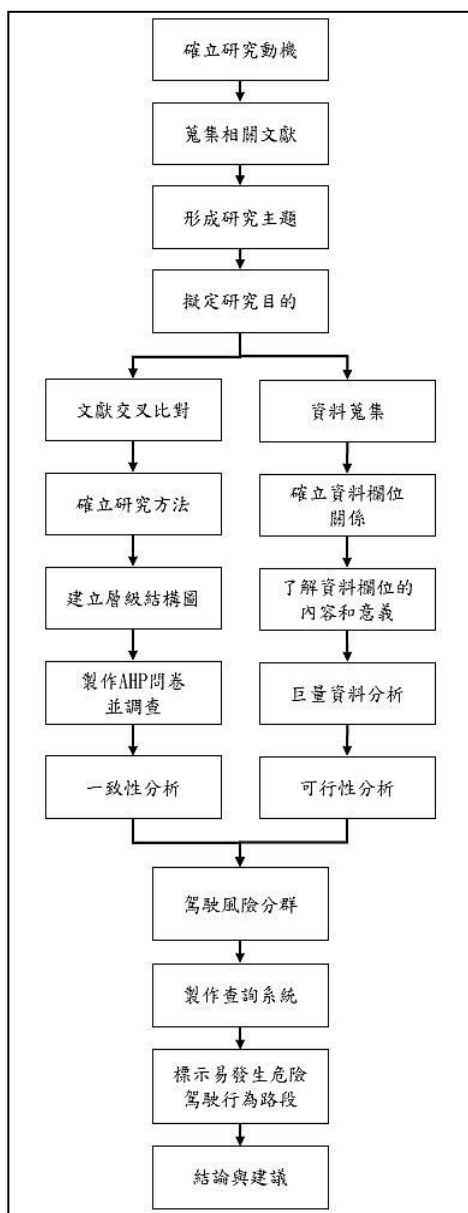


圖 3 研究流程圖

二、文獻回顧

本研究針對參考文獻有做共同內容項目的整理，詳見表 1，表格統整各文獻所利用的各項資料，其中包括車外影像資料、車速、與前車距離、車輛加減速資料、燈號、車內影像、車輛定位系統、方向角等。李威勳(2019)除未使用車內影像資料外，其餘皆有使用，交通部運輸研究所(2020)所有資料皆有使用，陳建志(2022)使用與前車距離、車內影像、車輛定位資料、方向角四項資料，Ravi Kumar Satzoda 等人(2014)使用車外影像資料、車輛加減速資料、車輛定位資料和方向角四項資料，而本研究除車內影像未使用，其餘資料皆會進行分析。

表 1 本研究參考文獻之共同內容比較表

	車輛加減速資料	車速	與前車距離	駕駛警示	車道偏移	車輛定位資料
李威勳(2017)	○	○	○		○	○
陳建志(2022)			○	○	○	○
交通部運輸研究所(2020)	○	○	○		○	○
魏健宏、羅鈺雯(2021)	○		○		○	
Ravi Kumar Satzoda, Member and Mohan Manubhai Trivedi(2014)	○		○		○	○
本研究	○	○	○	○	○	○

三、研究內容

3.1 層級分析法

層級分析法最主要的目的就是將複雜的問題系統化和量化後進行綜合評估，並輔助決策者在多項參考條件中篩選出最重要的條件準則，於此同時也讓決策者判斷錯誤的風險降低。

本研究的基本假設包括一個目的、五個構面和十六個準則，進行層級分析法(AHP)最主要的目的是想透過調查各專家的主觀意見經過兩兩比對的方式，判定各構面和各準則間之權重，而五個構面包含煞車油門使用不當、未依規定速限行駛、安全距離、駕駛警示和車道偏移，其中煞車油門使用不當中概括兩個準則，即急加速和急減速，未依規定速限行駛當中概括四個準則，即嚴重低速、嚴重超速、輕微超速和低速行駛，安全距離當中概括四個準則，即前方碰撞警告(高速)、前方碰撞警告(低速)、未保持安全距離(0.4秒)和未保持安全距離(1.2秒)，駕駛警示當中概括兩個準則，即瞌睡警示和行人警示，車道偏移當中概括四個準則，即車道偏移警告(右)、車道偏移警告(左)、中度車道偏移和嚴重車道偏移，以上所述均如下圖4所示。

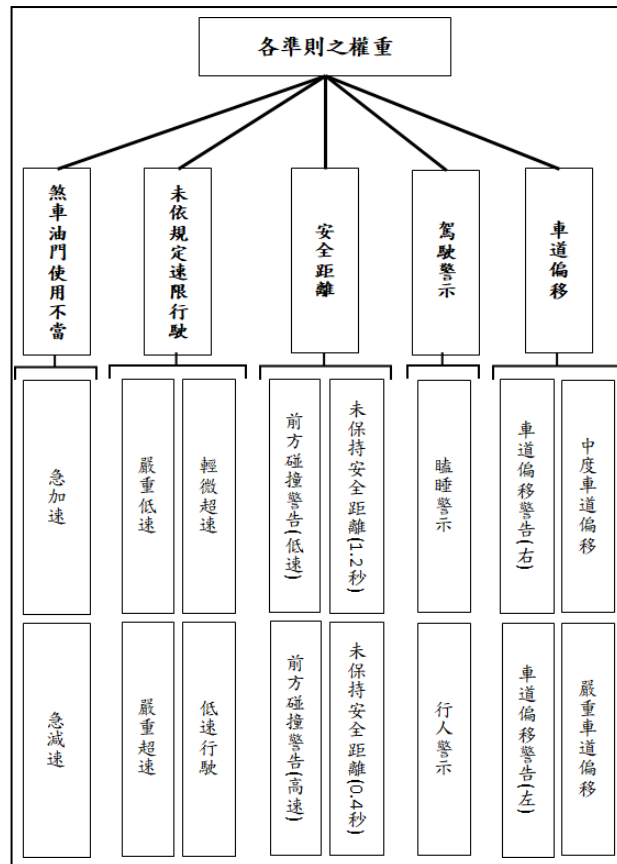


圖 4 AHP 層級結構圖

3.1.1 問卷回收結果

本研究將 11 份專家問卷回收後，進行權重計算和一致性檢定，以下表 2 為一致性檢定結果。

表 2 一致性檢定結果

構面一致性檢定結果				
λ_{max}	C.I.值	R.I.值	C.R.值	一致性檢定 成果
5.155	0.039	1.11	0.03	通過
煞車油門使用不當之一致性檢定結果				
λ_{max}	C.I.值	R.I.值	C.R.值	一致性檢定 成果
0	0	0	0	通過
未依規定速限行駛之一致性檢定結果				
λ_{max}	C.I.值	R.I.值	C.R.值	一致性檢定 成果
4.081	0.027	0.882	0.03	通過

安全距離之一致性檢定結果				
λ_{max}	C.I.值	R.I.值	C.R.值	一致性檢定 成果
4.156	0.051	0.882	0.059	通過
駕駛警示之一致性檢定結果				
λ_{max}	C.I.值	R.I.值	C.R.值	一致性檢定 成果
0	0	0	0	通過
車道偏移之一致性檢定結果				
λ_{max}	C.I.值	R.I.值	C.R.值	一致性檢定 成果
4.141	0.047	0.882	0.053	通過

構面	權重	準則	權重	整體層級權重
煞車油門使用不當	0.132	急加速	0.323	0.043
		急減速	0.677	0.089
未依規定速限行駛	0.184	嚴重低速	0.205	0.038
		嚴重超速	0.578	0.106
		輕微超速	0.146	0.027
		低速行駛	0.072	0.013
安全距離	0.372	前方碰撞警告(高速)	0.206	0.077
		前方碰撞警告(低速)	0.082	0.031
		未保持安全距離(0.4秒)	0.379	0.141
		未保持安全距離(1.2秒)	0.332	0.124
駕駛警示	0.157	瞌睡警示	0.557	0.087
		行人警示	0.443	0.069
車道偏移	0.156	車道偏移警告(右)	0.128	0.020
		車道偏移警告(左)	0.106	0.017
		中度車道偏移	0.203	0.032
		嚴重車道偏移	0.563	0.088

圖5 構面及準則之權重和整體權重

3.1.2 資料整理與分析

本研究使用 A 客運公司之 ADAS 車機所紀錄資料，使用 SQL Service 將讀取資料，內容包括於 2022 年 4 月份所記錄的檔案大小 47.3 GB 的資料。在去除無法辨識的駕駛員資料後，共整理出 278 位駕駛員及被記錄之警示事件，經詢問 A 客

運公司之後，取得各警示事件代號之中文解釋，如表 3 所示，本研究將根據駕駛員所發生的警示事件共列出 278 位駕駛*16 種警示事件。

表3 各警示事件代號之中文解釋對照表

代號	說明	event_id	次數
EISP	急加速，時速大於60km/h，且每秒加速>6km/h	EISP	182
EDSP	急減速，時速時大於60km/h，且每秒降速度>6km/h	EDSP	2489
LLSP	嚴重低速行駛，時速 \geq 60km/h且<90km/h，偵測前方無車且持續40秒	LLSP	2
SOSP	嚴重超速，時速 \geq 該路段速限+10km/h	SOSP	17
LOSP	輕微超速，時速 \geq 該路段速限且<該路段速限+10	LOSP	1765
LSP	低速行駛，時速 \geq 90km/h 且<100km/h，偵測前方無車且持續40秒	LSP	73
FCWH	高速前車碰撞，時速40公里以上，碰撞前3秒	FCWH	8432
FCWL	低速前車碰撞，時速40公里以下，碰撞前3秒	FCWL	63944
SDW 0.4	未保持安全距離，與前方車輛保持安全距離低於0.4秒	SDW _0.4	100687
SDW 1.2	未保持安全距離，與前方車輛保持安全距離低於1.2秒	SDW _1.2	505513
NODO FF	瞌睡事件	NODO FF	149
PCW	行人警示，行人防撞警示系統	PCW	774
LDWR	右側車道偏離警示，車輛向右偏離車道	LDWR	7098
LDWL	左側車道偏離警示，車輛向左偏離車道	LDWL	9705
MLDW	中度車道偏移，600 秒內發生3次左/右車道偏移	MLDW	59
SLDW	嚴重車道偏移，300 秒內發生2次左/右車道偏移	SLDW	2081

員工駕駛的時長是否會影響到員工在整個警示次數上的表現為本研究所探討的一項要點，在許多相關的研究中主要在於研究駕駛的總風險值，在本研究中將不同駕駛間的駕駛時長一並考量進駕駛風險中，以求得該駕駛的實際駕駛風險值。

為了進行員工駕駛時長的分析，首先需要確定能夠獲取最貼近實際情況的員工駕駛時長資料的資料表。因此，在本研究中選擇了名為"gps_log"的資料表。表 4 列出該資料表的欄位說明。其中，欄位"data_time"以秒為單位記錄 GPS 資料的時間，可以最精細地記錄駕駛行為和當下的速度。

表4 gps log 資料表內常用欄位說明

欄位名稱	說明
employee_id	班表對應之駕駛員工代碼，共紀錄278位員工
speed	車機傳回的速度
data_time	GPS資料時間
event_id	車機傳回之異常事件代碼

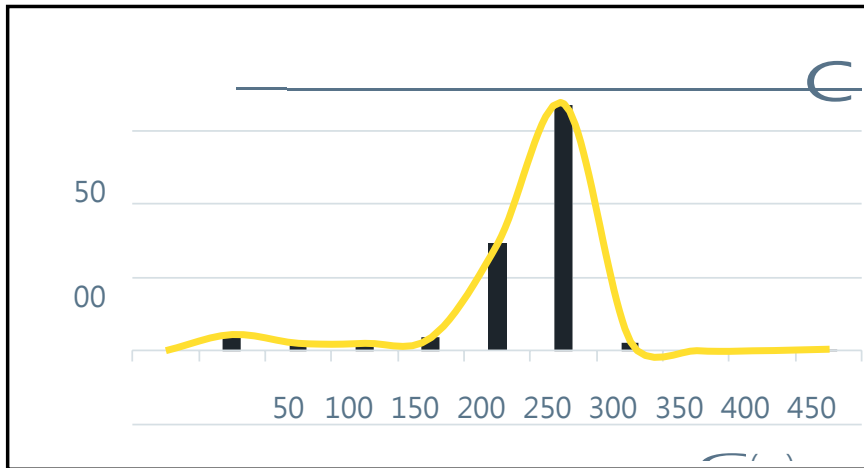


圖6 員工駕駛時長分布圖

3.1.3 駕駛風險值

在本研究中將駕駛風險值定義為，依駕駛員不同警示事件風險值進行加總，以衡量整體駕駛風險性。並依據每位員工所發生的警示事件的總次數以及單獨 警示事件發生的次數做統計後，因考慮到各項警示事件的所代表的嚴重性會有所不同，在詢問過專家、學者後，認為應當將各項警示事件的嚴重性分別考慮，因此需要分別就各個事件權重做訂定，另外還建議可以將駕駛時長也納入變數 考量，考慮進不同駕駛的駕駛時長其造成影響，故本研究將駕駛時長納入模式 建構中，探討駕駛人的駕駛時長中是否會對其警示事件的發生次數產生影響，並在考慮事件的權重與時長所帶來影響下，將公式歸納為式(1)。

$$R_i^j = \frac{\sum f_i^j \times w_j}{T_i} \quad \text{式(1)}$$

R_i^j =駕駛員 i 駕駛行為 j 風險值

f_i^j =駕駛員 i 駕駛行為 j 次數

w_j =駕駛行為 j 權重

T_i =駕駛員 i 駕駛時長

在經過上述的內容所求得的駕駛員 i 駕駛行為 j 次數、駕駛行為 j 權重和駕駛員 i 駕駛時長資料套用進式(1)中並求出結果後，整理出表 5。

表 5 駕駛人之駕駛風險值

駕駛人數	最小值	最大值	平均數	標準差
278	0.00	2.95	1.18	0.56

為了驗證風險值算出的結果是否符合客運公司內之實際狀況，因此本研究設計了一份驗證表單，交由 A 客運公司的管理者填答，分別針對風險值結果中，最安全及最不安全的 10 名駕駛做驗證，就【突發、客訴、獎懲、油耗、趟次、里程、異常駕駛行為】等項綜合考量，初判如表 6 所示，可以看到判斷結果合理性高，可知本研究結成果具有一定的可信度、且能反映出實際情況，可套用至日常管理中。

表 6 A 客運對風險值之驗證結果

員工編號	員工評分	教育訓練組 初判	員工編號	員工評分	教育訓練組 初判	備註
10610013	2.95	合理	10311009	0.00	無法判斷	2022/2/28 已離職
10808012	2.81	合理	11004007	0.02	無法判斷	2021/11/27 解僱
11101001	2.81	合理	10412022	0.02	無法判斷	2022/2/7 已離職
10902014	2.74	合理	11006001	0.05	無法判斷	2022/4/1 已離職
10011016	2.62	合理	11012008	0.14	無法判斷	2022/3/31 已離職
10610028	2.57	合理	11004025	0.20	合理	
10908003	2.55	合理	10908008	0.20	有疑慮	
10905001	2.40	合理	10811003	0.25	合理	
10806003	2.39	合理	10505014	0.29	不合理	
10402010	2.34	合理	10003004	0.33	無法判斷	2022/5/13 已離職

3.1.4 風險分級

風險分級在評估駕駛員風險是一種常見的方法，可以根據駕駛員的行為、技能和其他相關因素對駕駛員進行分類和評估，這種分級系統可以幫助識別高風險駕駛員，從而採取相應的措施以降低道路事故的風險。(Naito,A.等人, 2009, Page. 108-112.) 將駕駛員根據其煞車行為評估其風險性，按其積分由低至高將駕駛員劃分為 A 至 E 五個等級，A 級代表較安全駕駛員，反之 E 級則為駕駛危險性最高者，在本研究中為了方便統整所用的分群結果，因此使用在 K-means 分群中所計算得出的分群數 4 作為以下幾種分群模式的分群數基準，並將這四群依其駕駛評分劃為 A 到 D 四個等級，並將劃分結果參考上述 Naito 等人的研究，A 級代表駕駛風險較低之駕駛員，反之 D 級則為駕駛風險最高者。

K 均值 (K-means) 分群法是一種常用的非監督式學習演算法，用於將資料點劃分成不同的群組。

其執行步驟如下列所示：

- 步驟 1：初始化 K 個中心點，可隨機選擇數據集中的 K 個點作為中心點。
- 步驟 2：對於每個數據點，計算其與每個中心點的距離，並將該數據點劃分到距離最近的中心點所對應的群集中。
- 步驟 3：更新每個群集的中心點，計算該群集中所有數據點的平均值，將該平均值作為新的中心點。

- 步驟 4：重複執行步驟 2 和步驟 3，直到中心點不再改變或達到事先設定的停止條件。

在進行 K-means 分群法的第一步為確定分群的數量即 k 值，為了確定最佳的 K 值，有以下幾種方法，肘部法 (Elbow Method) 是一種常見的 K 值選擇方法，該方法基於群內平方和誤差 (SSE) 隨著 K 值的增加而下降的趨勢，我們可以繪製 K 值，與對應的 SSE 值之間的折線圖。通常，隨著 K 值的增加，SSE 會急劇下降，但隨後的下落速度會減緩。肘部法的核心概念是選擇 K 值導致 SSE 下降速度明顯減緩的"肘部"位置，該位置通常被視為最佳的 K 值。

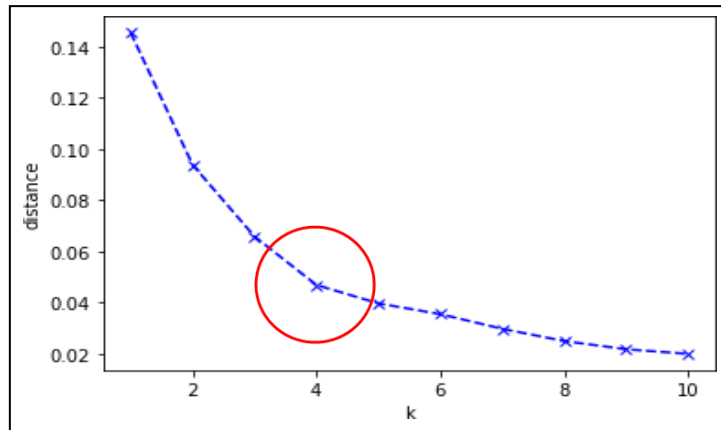


圖 7 k 值分群距離

在有了分群數(k)資訊後，便進行下一步的數據族群分類步驟，在此步驟中，本研究使用 Weka 軟體進行此項步驟，Weka 是一個開源的機器學習和數據挖掘軟體，可以進行各種機器學習任務，其中就包括 K-means 分析。

而本研究將上述 python 得出的分群數 4 輸入進 Weka 中後得出了如圖 8 的分群結果，其中為了滿足收斂條件，在程式中共執行了 19 次上述的所提到的 K-means 分析運算，最終得出執行結果如表 7。

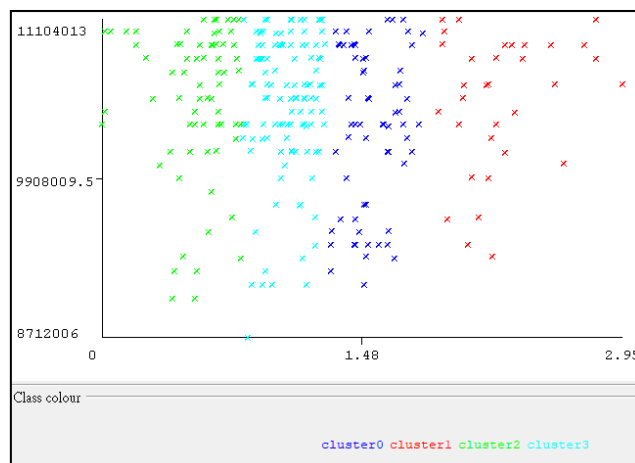


圖 8 Weka 分群結果繪圖(X 軸為風險值、Y 軸為駕駛編號)

表 7 K-means 分群結果

分群	初始群集中心點(隨機)	最終群集中心點	人數	分險值
0	0.89	1.53	63(23%)	C
1	0.99	2.27	33(12%)	D
2	0.72	0.54	71(26%)	A
3	0.79	1.06	111(40%)	B

四、結論

本研究主要利用層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)和 K 均值 (K-means) 分群法進行建立大客車駕駛風險評估方法之研究，主要分為三階段進行：

- 第一階段「警示事件賦權」中，讓研究個案藉由層級分析法瞭解影響駕駛風險評估因素因子及各因子權重。研究結果可供客運業管理者參考，在未來可利用 AHP 方法，根據自身內部狀況可針對警示事件進行權重的訂定，為公司解決迫切需處理之風險。
- 第二階段「駕駛風險值計算」中，套用層級分析法訂定之各警示事件之權重，計算出各駕駛員之風險值，其中，本研究考慮駕駛因駕駛時長過長而使風險值上升，故除上各駕駛員之駕駛時長後計算，讓風險值能相較過往的研究更能反應出實際情形。
- 第三階段「風險分級」中，運用 K-means 分群法將駕駛風險由高至低分為四類，建立起對於駕駛風險的一套評判標準，供客運業者篩選出高至低風險的駕駛族群。

總結本研究之貢獻：

1. 利用層級分析法(AHP)為輔助，將 A 客運業者提供之警示事件以層級結構方式將調查到之數值量化，並將複雜的問題層層分析後，得出具體的權重結果，再將此結果進行一致性檢定，以增加計算出之權重可參考價值，使其作為 A 客運業者評估自身駕駛員風險值之參考方式。
2. 透過在駕駛風險值計算中加入員工駕駛時長的方式，將原先計算中所得駕駛風險值，依據不同員工不相同的駕駛時長進行計算，得出該駕駛最接近實際情況的駕駛風險值。
3. 運用 K-means 分群法方式將駕駛風險值計算得出的數值以分級方式呈現，使得相關機關在進行駕駛風險的查詢時，能夠以更直觀的方式了該駕駛的駕駛風險為何。
4. 未來參考者參閱本研究後，可先參照研究方法及步驟後，尋找出屬於自己資料之權重配比模式後，可參考本研究之應用與成果，決定最適合自己資料呈現之方式。

參考資料

- 李威勳(2017)。車輛安全駕駛與駕駛行為巨量資料分析之研發。科技部補助專題研究計畫成果報告期末報告，台南市。
- 魏健宏、吳昆峰、陳宥欽、梁力元、李佩憶(2017)。國道客運駕駛員人因結構特性之安全駕駛行為分析。科技部補助專題研究計畫成果報告。
- 李威勳、蔡以誠、周建銘、范雲瀚(2017)。車輛安全駕駛與駕駛行為巨量資料分析之研發。科技部補助專題研究計畫成果報告。
- 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—以國道客運駕駛員為例。運輸學刊第三十卷第三期第 219-246 頁。
- 李威勳、盧冠宏、蕭至良、林章能、劉曜齊、蘇冠璋、蘇宏諺、蔡以誠(2019)。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成果報告。
- 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。
- 魏健宏、蔡嘉真、盧俊杰、羅鈺雯(2020)。貨運車輛駕駛員偏差駕駛行為分析及駕駛風險等級評估之研究。科技部補助專題研究計畫報告。
- 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 運研所，台北市。
- 張家瑜(2021)。使用自然駕駛資料探討市區道路追撞事故生成機制。國立陽明交通大學運輸與物流管理學系碩士論文。
- 張家瑜、吳昆峯(2021)。使用自然駕駛資料探討市區道路追撞事故生成機制。國立陽明交通大學運輸與物流管理學系碩士論文。
- 魏健宏、羅鈺雯 (2021)。基於駕駛行為等級建立決策樹以探討國道客運偏差駕駛行為之管理。運輸學刊第三十三卷第二期第 195-218 頁。
- 趙燁庭、吳昆峯、葉祖宏、李晴瑄(2022)。國道客運高風險追撞事件序列及行車動態之探討分析。中華民國運輸學會 111 年學術論文研討會論文。
- R. W. SAATY. THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS-WHAT IT IS AND HOW IT IS USED. *Mat/d Modelling*, Vol. 9, No. 3-5, pp. 161-176, 1987 .Printpd in Great Britain. All rights reserved
- Naito, A., Miyajima, C., Nishino, T., Kitaoka, N., and Takeda, K. (2009),“DriverEvaluation Based on Classification of Rapid Decelerating Patterns,”2009 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, Page. 108-112.
- Ravi Kumar Satzoda, Member, IEEE, and Mohan Manubhai Trivedi (2014).Drive Analysis Using Vehicle Dynamics and Vision-Based Lane Semantics. IEEE.

