



人工智慧於交通安全應用

謝宗穎、何語萱、鄭又嘉、張仲宇／國立臺灣大學土木工程研究所交通工程組 碩士生

許聿廷／國立臺灣大學土木工程研究所交通工程組 副教授

陳柏華／國立臺灣大學土木工程研究所交通工程組 教授

台灣的混合車流環境衍伸出不少問題，混亂的交通不僅造成運輸效率下降，更使台灣的交通事故死亡率相較於其他已開發國家高出不少。隨著人工智慧的快速發展，影像及聲音偵測技術的用途越來越廣，其中自駕車與交通安全的應用不在少數。如何運用人工智慧技術來改善台灣的交通問題成為政府的一大課題。本研究回顧國內外文獻，首先以行人安全為主題，介紹了處理行人意圖判斷、行人軌跡預測等問題的新方法，並說明車輛可以結合的應用。接著以車輛行為分析為主題，依據車輛異常偵測、路旁車輛狀態分析、車輛違規與車禍偵測等面向描述近年來的研究方法，顯示影像與聲音技術可以協助車輛本身及政府單位對交通安全事件作出即時反應。最後，從巨觀角度，描述社交距離與道路關係、巨觀車流分析中的新技術可以幫助我們得到更全面的分析。期望本研究能激起更多人工智慧結合交通安全的應用，讓台灣的交通更為安全。

關鍵詞：行人安全、車輛行為、道路分析、影像偵測、聲音偵測

Taiwan's mixed traffic environment has caused many problems. The chaotic traffic not only causes a decline in transportation efficiency, but also make Taiwan's traffic fatality rates much higher than that of other developed countries. With the rapid development of artificial intelligence, the use of video and sound detection technology is becoming more and more extensive, and there are many applications for self-driving vehicles and traffic safety. Using artificial intelligence technology to improve Taiwan's transportation problems has become a major issue for the government.

This research reviews domestic and foreign literature, firstly, with pedestrian safety as the theme, introduces new methods to deal with problems such as pedestrian intention identification and pedestrian trajectory prediction, and explains the related applications that can be used in vehicles. Next, with the theme of vehicle behavior analysis, based on recent research methods such as vehicle anomaly detection, roadside vehicle status analysis, vehicle violations and car accident detection, etc., the display image and sound technology can assist the vehicle itself and government agencies to respond traffic safety events in real time. Finally, from the macro perspective, describing the relationship between social distance and roads, and the new technology in macro traffic flow analysis can help us get a more comprehensive traffic analysis. It is hoped that this research will stimulate more applications of artificial intelligence combined with traffic safety to make Taiwan's traffic safer.

Key Words: Pedestrian safety, Vehicle safety, Road Analysis, Image detection, Audio detection.

前言

目前工程領域，影像處理及人工智慧技術已非同小可，許多研究結合攝影機、雷達、光達等感測裝置達到物件辨識、物件追蹤、行為判斷等技術。然而台灣現行交通安全研究方法，大多透過肇事資料結合現場調查，了解事前事後肇事與交通特性之變化，接著檢討各路口的衝突成因並研擬改善策略。此外，有些

研究透過實驗分析如張旗晏等人^[1]於實驗室中架設模擬環境測試不同年齡受測者之道路穿越決策及行為以探討行人穿越的安全性。吳熙仁等人^[2]於駕駛模擬器進行實驗，探討特殊環境（如濃霧）與路況（如前車緊急煞車）下，對前車相對速度感知及反應時間不確定性之權衡關聯性。也有使用案例分析及問券方式如吳繼虹等人^[3]透過人為失誤因子分析方法觀察機車事

故影像案例，同時利用問卷調查方式分析事故失誤因子，藉此掌握事故關鍵時間點發生的狀況與失誤原因。

上述這些交通安全研究方法卻大都仰賴人工判斷及分析，並較難取得即時和大量的數據，也有可能因實驗方式而導致與實際情況不符。為了突破傳統方法的限制，如能有效使用影像處理及聲音辨識等技術，相信能為交通工程研究迎向全新的面貌。因此本研究回顧結合電腦技術的自動化分析方法，若未來將其有效應用在交通工程上，將協助我們提出更適當的交通安全策略。

本研究主要針對國外 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEE, Transportation Research Part C, Accident Analysis & Prevention 等研討會與交通有關之最新研究及國內交通安全研究，回顧近期資訊領域及交通領域於交通安全議題上的創新應用。隨著電腦視覺及深度學習領域的高速發展，交通工程亦須重視這些技術。傳統交通安全改善上常會碰到資料缺乏或是車流模擬不正確的困境，若能掌握這些創新可靠的技術，相信不但可以協助解決這些難題，還能開發出創新的分析模式。本研究將依序分為第二章—行人安全、第三章—車輛行為分析及第四章—道路設計分析三個主題討論，探討與其相關的行人追蹤、車輛行為偵測、車流安全分析、聲音辨識等技術，並提出與交通安全相關應用的建議，作為未來台灣交通安全研究的參考依據。

行人安全

在交通安全領域中，行人安全常被視為首要考慮的問題。尤其在交叉路口，較年長的行人常無法在時間內穿越馬路或即時應對危險駕駛事件。隨著傳統機器學習方法及深度學習技術發展趨於成熟，物件偵測及物件追蹤開始被廣泛應用於各工程領域中。尤其近期自駕車發展迅速，行人的偵測及追蹤在行駛路徑選擇上扮演著重要的角色。智慧型車輛可以透過安裝相機、雷達及光達了解周遭的環境，消除盲點並閃避行人或是障礙物。因此許多研究提出結合人工智慧及電腦視覺的演算法，協助智慧型車輛內攝影機偵測人車並做出安全的駕駛行為。

本章節將行人安全分兩部分討論：行人意圖判斷及行人軌跡預測。

行人意圖判斷

自駕車在將來的某一天將普及，但目前仍有不少問題需要克服。其中如何透過影像了解行人的意圖便是近年許多研究的重點之一。物件偵測及追蹤的技術越趨成熟，我們可以輕鬆地使用各式各樣的深度學習模型找到影像中行人的位置及過去軌跡。然而車輛在行駛經過路口時，除了追蹤行人之外，更需要學習的是判斷行人的意圖。例如，當車輛在經過路口時，若能即時判斷馬路旁的行人是否會衝出馬路，車輛可以及時煞車避免嚴重的事故發生。另外，行人在移動過程的動作預測模型，比如判斷路上行人要打開前車門或是打開後車廂，也能為自駕車提供更詳細的資訊。

Bingbin Liu 等人^[4]先辨識出場境中的行人與物件，再透過圖形卷積網路 (Graph Convolutional Networks, GCN) 掌握上述兩者的關聯性，最後再使用門控循環單元 (Gated Recurrent Unit, GRU) 模型預測行人通過馬路的意圖。Amir Rasouli 等人^[5]製作了預測行人意圖的數據集，結合同人意圖估計及車輛速度預測，透過 LSTM 模型做出行人未來軌跡的預測。有研究透過駕駛員前方視角的路況做出觀察到的人車未來幾個時間點出現位置的多重假設，並可以對突然出現的人車做出反應^[6]。

行人軌跡預測

行人軌跡也是近年研究的方向。許多研究藉由分析過去的軌跡，以機率形式預測行人未來的軌跡分佈。有了準確的軌跡，自駕車即可規劃出不與他人衝突的路徑。此外觀察俯視角度的影片，有了大量的行人軌跡預測資料或許能幫助我們做出更精準的軌跡預測，抑或是找出道路上令行人危險的成因。

Junwei Liang 等人^[7]從俯視角度的影片，結合環境的圖像分割，根據行人行為模組及行人互動模組，預測行人未來軌跡及判斷其最後的目標動作。Huynh Manh 等人^[8]將影像分成網格後，做行人移動及場景的 LSTM 模型，發現網格內場景資訊可以對行人軌跡預測有幫助。Abduallah Mohamed 等人^[9]提出了 Social Spatio-Temporal Graph Convolutional Neural Network (Social-STGCNN)，以時空圖表現行人過去的軌跡，並考慮到行人關係的互動行為如平行走動及衝突迴避等，最後做出未來的軌跡分佈預測。另外，此模型將行人的互動行為為整合於圖形模型，讓它可以得到更準確且效率高的結果。

小結

為了確保行人安全，不論是自駕車領域還是交通工程領域都積極發展人工智慧技術。其中，行人偵測與追蹤發展已經越來越成熟，密集場景的偵測與追蹤也逐漸發展。以行人偵測與追蹤的技術的基礎，衍伸出了行人意圖判斷及行人軌跡的預測等研究。當車輛能正確判斷行人意圖，車輛和駕駛能即時接受到突發狀況的資訊，並即時做出適當的反應。若加上行人軌跡的精確預測，車輛不僅能看到狀況，還能決定出安全的行駛路線。目前國外研究已經可以透過場景物件資訊來加強行人意圖及軌跡預測的準確性。另外，當結合分析人與人、人與車、人與場景的互動模式，電腦可以對人類的移動行為有更深入的了解。然而台灣複雜的混合車流交通環境，可能會讓以國外交通環境所做出的模型失準，因此未來我們須加以調整，希冀未來此應用可以透過車載軟體、道旁設施或手機等媒介即時警示，行人安全將有所提升。

車輛行為分析

此節將介紹交通安全於車輛行為的最新方法。與前述的行人追蹤模式類似，自駕車未來可以透過影像、光達或聲音偵測其他車輛的行駛狀態，也可以判斷路旁停止車輛的狀態，甚至能偵測出危險車輛。

過去交通安全於車輛行為的分析常局限於事後的肇事數據分析，或是透過實驗及問卷進行危險感知測試。然而，自駕車需要的是即時有效的偵測分析才能做出相對應的反應。例如，自駕車能將過去影像輸入深度模型，判斷出未來前方的車輛衝突事件，最後該車可以在碰撞前煞車或找到閃避的路線。其他例子像是，車載攝影機可以透過偵測路旁車輛的異常狀態（車門開啟、後車廂開啟等），讓車輛提前注意到危險以做出即時反應。甚至是路旁攝影機也可以透過此技術發現緊急狀況並即時通報給有關單位。最後，人工智慧技術還能進行違規及車禍的偵測，例如，我們可以使用模型迅速地偵測出沒有戴安全帽的機車騎士以增加執法的效率；或是透過手機收音偵測周遭環境是否危險，甚至是作為車禍判斷依據。

本章節將車輛行為分析分三部分討論：車輛異常偵測、路旁車輛狀態分析及車輛違規與車禍偵測。

車輛異常偵測

在電腦視覺領域中將異常事件偵測視為一種挑戰。一輛車平穩的開在街上被認為是正常的行為，如果這輛車突然闖進行人步行區，那將會被認為是異常（Ionescu 等人^[10]）。如果公園裡的悠閒散步的人群突然開始奔跑，那一定是有什麼異常事件發生；沒有紅綠燈的高速公路上突然有車停了下來，可想而知是因為故障或車禍。一物體從原本平時的狀態突然改變，就會被認為是異常。如何讓電腦應用人工智慧去判斷這些異常是研究人員的一大課題。

Mehran 等人^[11] 計算影像幀與幀間社會力（social force）與光流（optical flow）來萃取特徵，結合詞袋模型（bag of words）偵測異常事件的發生，能夠找出行人影片中異常的片段與異常發生位置。Raghavendra 等人^[12] 利用粒子平流（particle advection）方法結合社會力模型，將離群值視為異常區域，藉此偵測影片中的異常。以上述行人異常為發展基礎，近年出現不少偵測車輛異常的研究。其中，Ravanbakhsh 等人^[13] 用生成對抗網路（generative adversarial network, GAN）訓練只能產生正常交通事件的網路，當網路生成的影像與實際影像差異太大時，就認定此時發生異常事件。另外，近年來 CVPR 研討會中的 AI City Challenge 其中也有一挑戰為交通異常偵測（traffic anomaly detection）。主辦方提供美國愛荷華州高速公路的監視影像，競賽目標是找出所有異常片段與開始、結束時間。此競賽的異常事件定義為錯誤的轉彎、錯誤行駛方向、車禍或停止車輛等，而正常交通阻塞則不算在內。

除了上述以俯視角度來判斷交通異常事件的研究，從車內視角來判斷車輛異常的研究也不在少數。如 Yu Ya 等人先製作了 AnAn Accident Detection (A3D)^[14] 和 Detection of Traffic Anomaly (DoTA)^[15] 資料集，兩者皆為包含時間、空間標註之異常事件（衝突）的行程紀錄影像，其中 DoTA 更將異常事件分成 9 個類別。之後，Yu Ya 等人^[14] 以正常事件影像訓練模型，先用過去前方的影像預測前方車輛未來幾秒的位置（透過邊界框來呈現），若前方車輛的實際位置與預測位置有相對大的誤差或相對不準確的預測路徑發生，就會偵測出行駛異常或是發生衝突的車輛。另外，若預測的數個邊界框出現過大偏差時，也將被判為行駛異常，此方法可以去除錯誤的車輛偵測與追蹤引發的誤判。

路旁車輛狀態分析

在過去大部分的研究中，都是使用邊界框（Bounding box）來偵測車輛的位置。不過一些車輛動態的細節，以邊界框標示有其限制，如引擎蓋開啟、車門開啟等。為了能讓自駕車更徹底地了解周圍路況以應付緊急狀況，Liu 等人^[16]提出了辨識車輛狀態的模型，使用 3D 車輛模型結合實際車輛影像自動生成特殊狀態的訓練資料，以 Mask R-CNN^[17] 辨識車輛動態部分，產出遮罩（mask）標示，使自駕車可以透過此模型了解周圍車輛的狀態，甚至從其狀態判斷該車輛上駕駛員的意圖。

圖 1 為本研究測試之辨識成果，其中模型判別之常態車輛以綠色遮罩標示，非常態車輛以橘色遮罩標示，車輛動態部分以藍色遮罩標示。(a) 至 (d) 分別為車門開啟狀態、車門關閉狀態、後車箱開啟狀態、後車箱關閉狀態。

此模型除了應用於自駕車判別周圍車輛狀態，也可用於高速公路即時影像監視器，偵測行駛中車輛車門或後車廂開啟，自動通報異常車輛。

車輛違規與車禍偵測

台灣車輛違規的情況層出不窮，尤其並排停車和違規轉彎等事件易造成交通事故發生。若能透過智慧



(a) 車門開啟狀態



(b) 車門關閉狀態



(c) 後車箱開啟狀態



(d) 後車箱關閉狀態

圖 1 車輛狀態辨識成果

系統即時發現違規狀況，並通知警察到現場取締，我們可以避免不少因車輛違規造成的交通混亂。另外，也可以將偵測到的違規案例進行分析檢討，而可以掌握易發生違規的熱點區域及其原因，日前在桃園部分車站外，建置了公車及計程車停等區的「違停偵測系統」，違規停車的事件因此大量減少。高雄市交通局在交叉口設置人工智慧攝影機，即時偵測違規左轉的車輛並即時作出警示。Siebert 等人^[18]則使用深度模型，偵測影像中的機車騎士與每位乘客分別是否戴上安全帽，若用於機車使用率高的國家，可望協助警察執法，並減少因僥倖心態而不戴安全帽的人的行車危險。

在夜晚或是天氣不佳的情況下，我們無法完全依靠影像辨識協助。聲音有利於捕捉車輛行駛細節，例如：輪胎打滑聲、車輪與路面摩擦聲、車輛撞擊聲以及煞車聲等。Mnasri 等人^[19]、Rovetta 等人^[20]和 Foggia 等人^[21]皆在路側架設麥克風收集上述之聲音特徵，並利用人工智慧模型，偵測該車流環境是否發生危險事故。Sammarco 和 Detyniecki^[22]則利用架設於車內之手機內建麥克風收集車內與車流環境的聲音，偵測車禍事故的發生，以提醒駕駛者注意路況；此外，該研究透過雙耳訊號間時間差（Interaural Time Difference, ITD）和聲音到達時間差（Time-Difference-of-arrival, TDOA），還原車禍現場之細節，並推估車輛撞擊角度、位置與力度，給予當事者更多了解真相的機會。另外，同樣使用手機內建麥克風收集音訊特徵之 Li 等人^[23]，以手機震動或警示聲提醒行人注意偵測到之周遭來車，並且能同時分析該車的車種與行徑方向。

小結

台灣不僅私人運具使用比例相當高，混合車流的環境也造成交通相對複雜，當出現些許的車輛異常，就會對周遭的交通產生不小的衝擊。隨著物件偵測與追蹤的技術高度發展，目前已經開發出從路旁攝影機或車內攝影機的影像訓練正常車輛行為的模型，來偵測車輛異常行為的技術。未來若將此技術改良並運用在車輛上，顯示異常風險於擋風玻璃或全罩式安全帽上，汽機車駕駛或許能有更多反應時間面對危機狀況。此外，目前也發展出從不同視角判斷路旁車輛狀態的技術。從上方的視角看，當發現車輛狀態造成自

己或其他用路人危險時，警政單位可以透過此技術取締違規並到現場處理；當發現車輛狀態異常停止（車禍、火燒車等）時，可以即時通報警消單位到現場救援。而從車前方視角看，煞車燈亮起、車門開啟或後車廂開啟等狀態可以協助車輛提前作出反應，減少這些行為所造成的事故。

而夜晚或是天氣不佳的情況下，上述影像辨識方法可能失效，需透過聲音分析車輛狀態。目前已經可以透過聲音掌握車輛行駛細節、車輛四周交通狀況、還原車禍撞擊真相及提醒行人周遭來車。雖然影像及聲音技術要應用在真實交通情況上可能還需做不少調整，但若能好好整合改善影像及聲音技術，未來能推動台灣交通安全的發展，並為交通安全研究帶來嶄新面貌。

道路設計分析

有別於前兩章節的觀點，此節將探討近年來人工智慧方法如何以巨觀的面向使用在道路設計與交通安全分析上。

無人機近年來在全球快速發展，已逐漸商用化，由於其高機動性及拍攝能力，已被廣泛應用於能源、農業、工程領域中。世界各國都積極發展無人機應用，並建立場域提供其測試，而台灣的無人機相關法規也在今年頒布，可預期無人機在台灣能為各領域提供更多的協助。2018 年台中世界花卉博覽會，警政署與工研院合作的「空中警車」無人機，於高空掌握即時人流車流情況，協助警察控管現場狀況。台南市於今年建置了首座無人機模擬訓練中心，包含了救災中心及訓練中心，希望能提升救災效能。在交通領域中，國內外越來越多研究使用無人機錄製交叉路口車流，並建立軟體透過偵測及追蹤人車，以分析交通衝突熱區與道路設計的關聯性。

本章節將道路設計分析分兩部分討論：社交距離與道路關係及巨觀車流分析。

社交距離與道路關係

2020 年全球面臨新冠肺炎（COVID-19）的疫情危機，除了人人配戴口罩以外，保持社交距離也是其中有效的方法。Landing AI 公司在今年 4 月開發了一項能偵測人與人社交距離的工具，先透過偵測人的位置再將影

像投影成俯瞰視角來判斷人與人的間距。Marco Cristani 等人^[24]更透過 OpenPose 辨識人體姿態，提出藉由人體姿勢或許可以更細微的判斷人與人的關係及事件。比如一群人長時間聚集在一起或許可以被判斷為有較親密的關係的一群人；或是當偵測到有人跌倒在路上，並有其他人過來攙扶，系統或許可以協助通報傷亡事件。若再同時利用 CNN, FCN, RNN, R-CNN 等深度模型作圖像分割技術 (image segmentation)^[25]，能分析行人在不同環境 (馬路、人行道、自行車道) 上的行為。綜合以上，我們或許可以判斷出易造成人流過度擁塞之不良設計的人行道，而人車混亂的道路設計可能可以發現到較多的行人異常行動。最終，這類方法將相較於人眼判斷更有效率地發現不安全的交通設計。

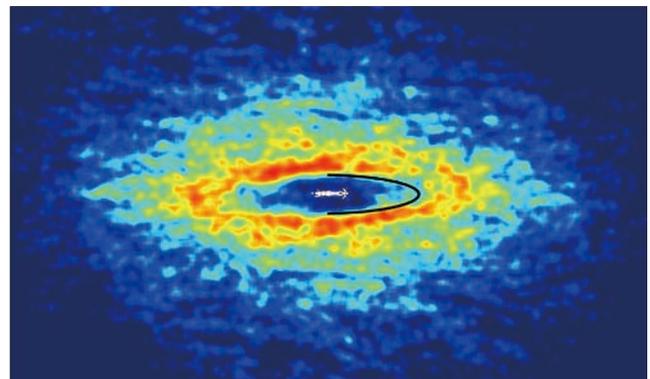
從人與人社交距離技術的延伸，我們思考到若將其概念運用於車與車之間的距離互動，或許我們可以透過此技術更精確地掌握車間的物理行為及互動關係。因此我們可以不用再完全依據實驗模擬或理論推導，而可以直接從影像以巨觀的角度檢視車輛行為與互動。此外，有了這個概念，未來也許能在台灣混合車流的交通環境下，找到比傳統交通安全指標如碰撞時間 (TTC, Time to collision)、後侵占時間 (PET, Post encroachment time) 等更合適的衝突分析指標。

巨觀車流分析

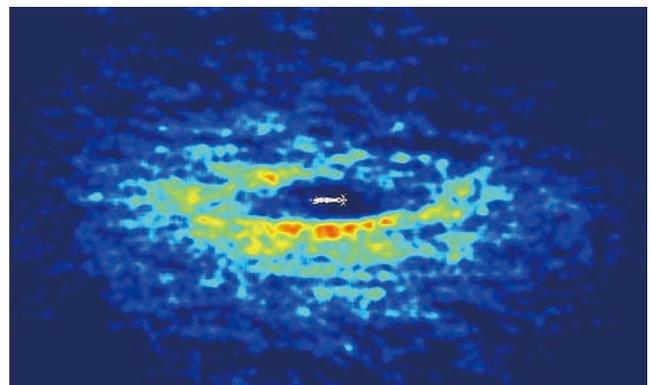
透過影像分析車流是最合適不過的，從過去只能由個人架設攝影機錄影，後來開始使用路口監視攝影機拍攝，到近期越來越多人利用無人機的高空拍攝獲取更有利路口分析的角度。根據 108 年度運研所公布的「混合車流路口道路與交通工程設計範例 (2/4)」^[26]，在 106 年度統計數據中，有接近 60% 的肇事事事件發生於交叉口及交叉口附近，其中又以市區道路 (混合車流情況) 出現最高的死傷人數，因此如何設計出一個能讓汽機車之間減少衝突的道路環境是研究人員的大目標。

Nicolas Saunier 和 Tarek Sayed^[27,28]自 2006 年以來發展出許多研究透過影像來追蹤車輛的技術並用以分析交通安全課題。Nicolas Saunier 還開發出開源軟體「Traffic Intelligence」，可以從影像資料擷取車輛軌跡，並做出交通安全的分析。Guo 等人^[29]根據前述研究使用的方法，在錄製的影像中使用 Kanade-Lucas-

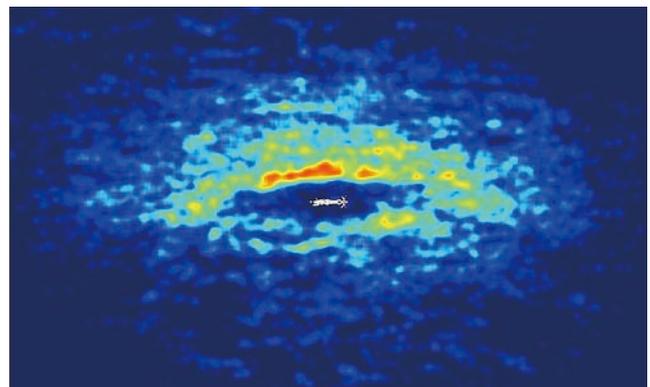
Tomasi (KLT) Feature Tracker 演算法追蹤車輛的特徵點，接著進行影像的校正，再使用 3-D 邊界框偵測車輛並擷取其行駛路徑。最後再使用 Full Bayesian binary logit model (貝氏二元羅吉特模型) 找出二輪車與其他車種間可接受的臨界水平距離，並繪製其距離分佈圖。謝孟修^[30]透過電腦視覺技術觀察機車駕駛行為，取得了機車巨觀資料，觀察出機車與周圍機車間的空間位置關係，並結合了機車安全空間的概念。圖 2 為該研究機車相對位置關係圖之成果，顏色越紅代表機車越頻繁出現，(a) 至 (c) 依序為以任一機車為中心的相



(a) 任一機車為中心的相對位置圖與安全空間



(b) 速度較快之機車為中心的相對位置圖



(c) 速度較慢之機車為中心的相對位置圖

圖 2 機車相對位置關係圖

對位置圖、以速度較快之機車為中心的相對位置圖、以速度較慢之機車為中心的相對位置圖。

Data From Sky 公司自 2013 年開發線上車流分析平台，可以將自行錄製的影片上傳到該平台，根據使用者需求取得車速、流向統計、軌跡圖、交通安全分析等應用，圖 3 為將羅斯福路三段影像運用 Data From Sky 的軟體跑出的交通流軌跡圖結果。溫基信等人^[31]根據台灣的交通環境開發專案形式的路口交通衝突分析軟體，先使用 YOLOv3^[32]偵測行人、機車、自行車等小型物件；Mask R-CNN 偵測四輪車輛。再透過 SORT^[33]演算法追蹤行人與車輛。有了這些資料後，就能取得車流統計並繪製出基於 TTC 及 PET 指標的衝突熱點區域。與過往研究相比，此軟體更可以設定號誌及時相，並將不同型態的衝突分群。

由於空拍影片目前仍會面臨續航力或是法規上的問題，我們有時只能取得路旁影像，此時分析方法就需要調整。而 Ammar Abbas 等人^[34]使用 CNN 模型估計影像的消失點及水平線，再將他們推導出投影變換矩陣，有了變換矩陣後即可得到俯視的影像。未來我們或許可以透過類似的方式應用於道路監視錄影機，以獲取更多路口的交通俯視影片，交通安全分析也會比過去更全面。

小結

相對於資訊領域的人多在乎如何設計一個更完善的模型讓車輛偵測、預測的準確率提升，以運用於自駕車上；交通領域的人更在乎將搜集來的巨觀車流資料進行統計分析，發現交通安全設計的問題後，做出適當的路網改善。

目前應用空拍機拍攝的影像，已有不錯的方法依靠偵測追蹤車輛以獲取各路口車流速度、流量、密度等資訊，並能透過交通安全指標分析衝突熱點區域。但因空拍機拍攝仍有高度、續航限制，我們需適時使用路旁攝影機的影像。由於在不同的交通環境，路旁影像可能因物件重疊、過複雜的混合車流導致偵測錯誤，因此當在做此應用時，我們會需要將模型做出適當調整。目前也有不少技術能透過相機參數、消失點（線）自動化校正影像，若能結合此技術與車流的應用，未來我們或能自動化分析路旁攝影機影像，因而獲得範圍更廣、時間更長的車流數據。

今年蔚為流行的辨識社交距離技術，也可以將它延伸於行人姿態、車輛互動分析上。在交通安全應用上，從微觀的角度，當系統發現危險時，能即時提出警示及救援；從巨觀的角度，我們可以從新的空間面向找出易發生交通衝突的區域、道路設計的缺失等資訊。

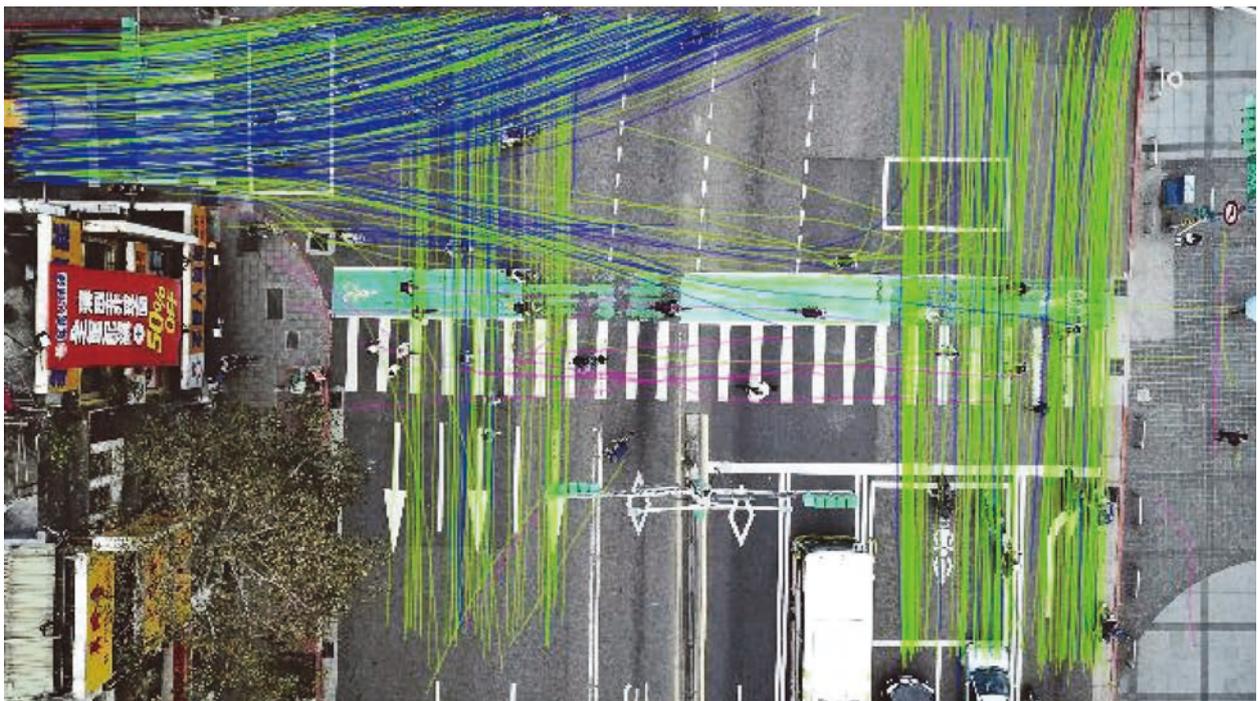


圖 3 羅斯福路三段軌跡圖

上述這些發展中的人工智慧技術，若將其調整並強化後應用於交通安全上，相信未來將能完全取代繁複的人工辨識，並能為車流提供更有效率的巨觀分析工具，我們將能重新檢視各道路的設計是否符合預期。

結論

隨著機器學習、深度學習的技術快速發展，人工智慧的應用遍佈於各領域，一台電腦就可以幫助我們完成過去無法做到的分析方法。不管是國外還是國內，各界無不竭盡全力的推動人工智慧的應用，大家相信這些關鍵技術，能整合都市系統、促進國家發展，進而改善人民的生活品質。而當交通領域掌握了這些新方法，即時監控與調度、車流大數據分析、路口交通安全評估等課題將能整合於一系統中。

本文提到的研究技術聚焦於交通安全上，並分為三大主題討論。以行人安全為主題，結合場景資訊與物件偵測與追蹤可以判斷行人意圖，並做出準確的軌跡預測。以車輛行為分析為主題，除了能用正常行駛行為訓練出來的模型判斷車輛在移動過程中是否異常或違規，3D 車輛模型則能用來判斷車輛的即時狀態。而聲音偵測能彌補影像在逆光、夜晚或是天氣不佳表現較差的情況，捕捉車輛行駛細節及偵測車禍事故發生。以道路設計分析為主題，影像可以提升擷取巨觀人流及車流特性的效率，並協助分析交通衝突熱點的空間分佈。從微觀到巨觀的角度，即時與事後的分析，儘管各方法的面向不盡相同，但都有機會幫助交通安全的發展，值得各界學習並延伸應用。

本文回顧的研究的技術還未必完全成熟，相信依據台灣的交通環境進行修正及改善，這些方法有機會打破台灣受混合車流環境束縛所造成的交通安全困境。期望本文的介紹能激盪出更多的創新構想及應用，不僅可以帶動台灣自駕車核心演算法的發展，還能讓我們完整剖析人車移動的特性，更能有效地重新檢視道路的安全設計與分析。希望人工智慧與交通安全的應用，能讓台灣朝著「零死亡願景」邁進。

參考文獻

1. 張旗晏、鍾易詩、馮正民 (2017)。動作想像能力與客觀時間提示對道路穿越行為之影響分析：以臺灣年長行人為實證對象。運輸學刊，Vol. 29, No. 2, pp. 211-232, Jun. 2017。doi: 10.6383/

- JCIT. 201706_29(2).0004
2. 吳熙仁、陳穆臻 (2017)。濃霧中前車緊急煞車時道路駕駛人對前車相對速度感知與反應時間不確性之關聯 — 以海森堡不確定性原理觀點。運輸計畫季刊，Vol. 46, No. 2, pp. 117-140。http://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?DocID=10177159-201706-201708290013-201708290013-117-140
3. 吳繼虹、鍾易詩、陳苑蕙、張勝雄、周文靜 (2016)。號誌化四岔路口闖紅燈機車事故之人為失誤因子分析。運輸學刊，Vol. 28, No. 4, pp. 397-427. doi: 10.6383/JCIT.201612_28(4).0001
4. Liu, B., et al. (2020). Spatiotemporal relationship reasoning for pedestrian intent prediction, *IEEE Robot. Autom. Lett.*, 5(2), pp. 3485-3492. http://arxiv.org/abs/2002.08945
5. Rasouli, A., Kotseruba, I., Kunic, T., and Tsotsos, J. (2019). *PIE: A large-scale dataset and models for pedestrian intention estimation and trajectory prediction*. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, Vol. 2019-October, pp. 6261-6270. doi: 10.1109/ICCV.2019.00636
6. Makansi, O., Cicek, Ö., Buchicchio, K., and Brox, T. (2020). *Multimodal future localization and emergence prediction for objects in egocentric view with a reachability prior*. pp. 4353-4362. http://arxiv.org/abs/2006.04700
7. Liang, J., Jiang, L., Niebles, J.C., Hauptmann, A., and Fei-Fei, L. (2019). *Peeking into the future: Predicting future person activities and locations in videos*. Computer Vision and Pattern Recognition, https://next.cs.cmu.edu
8. Manh, H. and Alaghband, G. (2020). *Scene-LSTM: A model for human trajectory prediction*. http://arxiv.org/abs/1808.04018
9. Mohamed, A., Qian, K., Elhoseiny, M., and Claudel, C. (2020). *Social-STGCNN: A social spatio-temporal graph convolutional neural network for human trajectory prediction*. pp. 14412-14420, http://arxiv.org/abs/2002.11927
10. Ionescu, R.T., Smeureanu, S., Alexe, B., and Popescu, M. (2017). *Unmasking the abnormal events in video*. Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis., Vol. 2017-October, pp. 2914-2922. http://arxiv.org/abs/1705.08182
11. Mehran, R., Oyama, A., and Shah, M. (2010). *Abnormal crowd behavior detection using social force model*. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 935-942, doi: 10.1109/cvpr.2009.5206641
12. Raghavendra, R., Del Bue, A., Cristani, M., and Murino, V. (2011). *Abnormal crowd behavior detection by social force optimization*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), Vol. 7065 LNCS, pp. 134-145. doi: 10.1007/978-3-642-25446-8_15
13. Ravanbakhsh, M., Nabi, M., Sangineto, E., Marcenaro, L., Regazzoni, C., and Sebe, N. (2018). *Abnormal event detection in videos using generative adversarial nets*. Proceedings of the International Conference on Image Processing, ICIP, Feb. 2018, vol. 2017-September, pp. 1577-1581, doi: 10.1109/ICIP.2017.8296547
14. Yao, Y., Xu, M., Wang, Y., Crandall, D.J., and Atkins, E.M. (2019). *Unsupervised Traffic Accident Detection in First-Person Videos*.

IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst., pp. 273-280. <http://arxiv.org/abs/1903.00618>

15. Yao, Y., Wang, X., Xu, M., Pu, Z., Atkins, E., and Crandall, D. (2020). *When, where, and what? A new dataset for anomaly detection in driving wideos*. <http://arxiv.org/abs/2004.03044>.

16. Liu, Z., et al. (2020), *3D part guided image editing for fine-grained object understanding*. CVPR 2020 paper, Computer Vision Foundation.

17. He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., and Girshick, R. (2020). Mask R-CNN. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 42(2), pp. 386-397. doi: 10.1109/TPAMI.2018.2844175

18. Siebert, F.W. and Lin, H. (2020). Detecting motorcycle helmet use with deep learning. *Accid. Anal. Prev.*, 134, p. 105319. doi: 10.1016/j.aap.2019.105319

19. Mnasri, Z., Rovetta, S. and Masulli, F. (2020). *Audio surveillance of roads using deep learning and autoencoder-based sample weight initialization*. Proceedings of the 20th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, MELECON 2020, pp. 99–103, doi: 10.1109/MELECON48756.2020.9140594

20. Rovetta, S., Mnasri, Z., and Masulli, F. (2020). *Detection of hazardous road events from audio streams: An ensemble outlier detection approach*. IEEE Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems, Vol. 2020-May, doi: 10.1109/EAIS48028.2020.9122704

21. Foggia, P., Petkov, N., Saggese, A., Strisciuglio, N., and Vento, M. (2016). Audio surveillance of roads: A system for detecting anomalous sounds. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 17(1), pp. 279-288. doi: 10.1109/TITS.2015.2470216

22. Sammarco, M. and Detyniecki, M. (2019). Car accident detection and reconstruction through sound analysis with crashzam. *Communications in Computer and Information Science*, 992, pp. 159-180, doi: 10.1007/978-3-030-26633-2_8

23. Li, S., Fan, X., Zhang, Y., Trappe, W., Lindqvist, J., and Howard, R.E. (2017). *Auto++: Detecting cars using embedded microphones in real-time*. Proceedings of the ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol, Vol. 1, No. 70. doi: 10.1145/3130938

24. Cristani, M., Del Bue, A., Murino, V., Setti, F., and Vinciarelli, A. (2020). The visual social distancing problem. *IEEE Access*, 8, pp. 126876-126886. <http://arxiv.org/abs/2005.04813>

25. Minaee, S., Boykov, Y., Porikli, F., Plaza, A., Kehtarnavaz, N., and Terzopoulos, D. (2020). *Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey*. <http://arxiv.org/abs/2001.05566>

26. 許添本、溫谷琳、張哲寧、陳俊嘉、林瑩潔、張開國、葉祖宏、孔垂昌、黃明正 (2019)。混合車流路口道路與交通工程設計範例 (2/4)，交通部運輸研究所。

27. Saunier, N. and Sayed, T. (2006). *A feature-based tracking algorithm for vehicles in intersections*. Third Canadian Conference on Computer and Robot Vision, CRV 2006, p. 59, doi: 10.1109/CRV.2006.3

28. Saunier, N. and Sayed, T. (2007). Automated analysis of road safety with video data. *Transp. Res. Rec.*, No. 2019, pp. 57-64. doi: 10.3141/2019-08

29. Guo, Y., Sayed, T., and Zaki, M.H. (2020). Examining two-wheelers' overtaking behavior and lateral distance choices at a shared roadway facility. *J. Transp. Saf. Secur.*, 12(8), pp. 1046-1066. doi: 10.1080/19439962.2019.1571549

30. Hsieh, M.-H. (2015). *The spatial representation of the computer vision based motorcycle relative distance*. 國立臺灣大學土木工程學研究所。

31. 溫基信、王宏生、黃家耀、蘇志文、周業凱、楊植竣、張開國、葉祖宏、孔垂昌、黃明正 (2020)。路口無人機交通攝影及衝突分析技術開發，交通部運輸研究所。

32. Redmon, J. and Farhadi, A. (2018). *YOLOv3: An Incremental Improvement*. <http://arxiv.org/abs/1804.02767>

33. Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F., and Upcroft, B. (2016). *Simple online and realtime tracking*. Proceedings of the Int. Conf. Image Process. ICIP, Vol. 2016-August, pp. 3464-3468, Feb. 2016, doi: 10.1109/ICIP.2016.7533003

34. Abbas, S.A. and Zisserman, A. (2019). *A geometric approach to obtain a bird's eye view from an image*. Proceedings of the 2019 International Conference on Computer Vision Workshop, ICCVW 2019, pp. 4095-4104, doi: 10.1109/ICCVW.2019.00504 

土木技師 國之棟樑

逢山開路，遇水架橋 高樓擎天，資源再造



 中華民國土木技師公會全國聯合會
CHINESE UNION OF PROFESSIONAL CIVIL ENGINEERS ASSOCIATIONS

理事長 洪啓德

地址：(105)台灣台北市東興路26號9樓
Address: 9th Fl., 26, Tung-hsing Rd., Taipei, Taiwan 105, Republic of China
電話：02-2748-1699
傳真：02-2748-1038
網址：<http://www.cupcea.org.tw>
E-mail: cupcea@tpce.org.tw