

以高斯環平滑技術判定都市路網最適酒測臨檢站位置

Identifying Optimal Sobriety Checkpoint Locations via Gaussian Ring Smoothing Technique on Urban Networks

劉瀚聰 Han-Tsung Liou¹

林騰磊 Teng-Lei Lin²

黃仕銘 Shi-Ming Huang²

高子洧 Zi-wei Gao²

摘要

為了有效嚇阻酒駕行為發生，本研究將探討都市路網中酒測臨檢站的最佳位置設定，以透過空間分析技術改善傳統依賴執法人員經驗規劃臨檢站的方式，提升警力配置效率及酒駕防制成效。同時為了簡化決策機制，本研究設定一簡易決策流程，僅整合地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)、OpenStreetMap(OSM)路網資料及空間平滑分析技術，建立酒駕風險區塊，並從中作為酒測臨檢站區位選擇之依據。都市與主要飲酒行為相關場所為夜店、熱炒店及便利商店等，各場所給定不同風險權重，藉此反應各場所帶來的酒駕風險影響程度。因風險程度應隨距離需有所變化，非單一強度。故本研究引入高斯環平滑(Gaussian Ring Smoothing)模式來刻畫酒駕風險於道路空間中的擴散情形。有別於一般認知離飲酒場所愈近風險愈高的主觀印象，本研究假設風險最高峰為潛在酒駕者在離開飲酒場所某特定距離進入主要道路後，後續依移動距離增加而風險程度逐漸遞減，使其符合潛在酒駕者旅次前段避酒駕行為，也避免旅次後段佈設臨檢站之無效行為。當各場所酒駕風險值計算後，可進一步依空間位置進行風險值疊加，以建立整體酒駕潛在風險熱區。同時導入道路結構與車流動線關係，將落於建築物或狹小巷道之高風險候選點，調整至使更符合實際執法空間位置。此外，本研究採用 Haversine 距離法檢視各候選臨檢站間距，剔除過小間距之候選點，避免警力資源過度使用，以提高整體攔查範圍及執法效率。綜合而言，本研究成功建立一套結合 GIS、道路網分析及高斯環風險模型之酒測臨檢站選址方法，相較於傳統依賴經驗的規劃方式，更能客觀地透過數據辨識高風險區域，提升警力部署效率及酒駕防制效果。研究成果可作為未來交通安全管理、酒駕執法規劃及智慧警政發展的重要參考，同時也提供空間分析技術應用於交通執法與公共安全管理的新方向。

關鍵詞：酒測臨檢站、地理資訊系統、空間分析、高斯環平滑、都市路網。

¹國立高雄科技大學土木工程系助理教授，高雄市三民區建工路415號，07-3814526分機15232，htliou@nkust.edu.tw。。

²國立高雄科技大學土木工程系學生。

一、研究背景

酒後駕車長期以來皆為影響道路交通安全的重要因素之一，除容易造成交通事故外，也可能對用路人生命安全與社會秩序造成嚴重影響。雖然近年政府持續加強酒駕相關罰則與執法力度，但酒駕事故仍時有所聞，顯示現行防制措施仍有進一步改善空間。目前警方在設置酒測臨檢站時，多依據執法人員經驗、固定巡邏地點或過往勤務模式進行規劃，較少透過空間分析方式探討酒駕風險於城市道路中的分布情形。然而，都市中的飲酒場所、主要幹道、夜間人流與車流動線之間具有高度空間關聯性，不同區域所形成之潛在酒駕風險亦可能有所差異。因此，本研究希望透過空間分析方式，探討飲酒場所於城市道路網中可能形成之酒駕風險熱區，並進一步評估較適合設置酒測臨檢站之位置。相較於單純依賴經驗判斷，本研究嘗試建立較具系統化之臨檢站選址流程，作為未來交通安全管理、酒駕防制及警力部署規劃之參考。

本研究以市中心區域為研究範圍，主要市中心區域之商業活動及夜間娛樂活動相對密集之地區，區內分布多處酒吧、餐飲店家、便利商店及主要道路，具備作為都市酒駕風險分析示範區之條件。透過飲酒場所點位、道路網資料與空間分析技術，找出酒駕潛在風險較高之區域，並評估較適合作為酒測臨檢站之建議位置。具體目的如下：

1. 蒐集研究區域內飲酒相關場所之空間位置資料，建立飲酒場所地理資訊資料庫。
2. 依據場所類型設定風險權重，建立酒駕潛在風險分布模型。
3. 透過空間疊加分析辨識新興區內高風險熱區及其分布特性。
4. 結合道路型態、路口條件與實際攔查可行性，提出較適合作為酒測臨檢站之建議路段。

本研究資料主要來自公開地圖平台與 OpenStreetMap 道路網資料，並以 Python 進行資料整理與空間分析。由於本研究未直接取得警方實際酒駕案件、即時車流量與臨檢勤務資料，因此研究結果屬於「風險潛勢與建議路段」之分析，實際執行時仍需由執法機關依現地交通狀況、勤務安全、人力配置及法規程序進一步評估。

二、文獻回顧

2.1 酒測執法策略與嚇阻效果

酒測臨檢站之主要功能，在於提升駕駛人對「可能被攔查」之主觀風險認知，進而降低酒後駕車行為。Benson et al. (1999)指出，酒駕行為的減少與被取締機率具有密切關係，顯示提高攔查可見度及執法頻率，是降低酒駕風險的重要手段。Bergen et al. (2014)針對公開宣導之酒駕臨檢計畫進行系統性回顧，指出結合媒體宣導與持續性臨檢，可有效降低酒精相關致死事故。Ferris et al. (2013)亦指出，當隨機呼氣酒測執行頻率提高時，對酒駕行為具有顯著且長期之抑制效果。在執法時序方面，Morrison et al. (2019)發現，臨檢站對降低酒駕事故具有立即效果，但效果會隨時間逐漸減弱，代表臨檢勤務需要具備週期性與彈性調整能力。Chan et

al. (2017)則以台灣政策為例，說明提高刑責相較於單純提高罰金，更能維持長期嚇阻效果。

2.2 空間分析與臨檢區位選擇

在空間配置研究方面，Erke et al. (2009)透過多篇研究之整合分析，指出酒測臨檢能有效降低酒駕相關交通事故，且其成效會受到執行強度與檢測方式影響。此結果顯示，臨檢站不是單純設置即可達到效果，還需要搭配合適的地點選擇與持續性執行。Morrison et al. (2016)以澳洲墨爾本為個案，分析酒精販售點與酒精相關交通事故之空間關係，指出風險不一定發生於飲酒或購買地點本身，而可能出現在飲酒者離開場所後的周邊道路與行車路徑上。此概念支持本研究採用「距離衰減與路網擴散」方式評估風險。Lee et al. (2025)以城市路網中的酒駕案例建立起點、路徑與事故地點之分析架構，指出酒駕行為具有局部化特徵，且部分高風險路網節點能有效代表執法資源配置重點。Kuo et al. (2013)則將 GIS 用於警察巡邏路線規劃，證明將事故與犯罪熱點整合分析，有助於提升警力派遣效率。此外，Kuo and Lord (2021)透過 RGB 色彩疊加模型，將交通事故、犯罪與酒精供應點整合於同一空間分析架構中，使多重風險因子能以視覺方式同時呈現。此方法對於辨識複合式高風險區域具有參考價值，也支持本研究以不同顏色呈現飲酒場所類型與風險分布。

三、研究方法

本研究流程主要包含資料蒐集、場所分類與權重設定、空間網格建立、高斯環風險模型建構、空間風險疊加、道路網資料建置與修正、距離限制篩選，以及最適臨檢站建議路段評估等步驟。整體流程如下。

1. 資料蒐集：蒐集研究範圍內夜店酒吧、熱炒店、便利商店及酒專等飲酒相關場所點位。
2. GIS 圖資建置：將點位資料轉為經緯度座標，並匯入 Python 及 OpenStreetMap 路網資料。
3. 風險模型建立：依場所類型設定權重，並以高斯環平滑模型計算風險擴散效果。
4. 空間疊加分析：將所有場所產生之風險值進行加總，形成整體風險熱區。
5. 候選點修正：利用 OSMnx 將候選點修正至鄰近主要道路或路口。
6. 臨檢站選址：加入最小距離限制與實務可行性評估，提出核心與機動建議路段。

3.2 資料蒐集

本研究以市中心作為研究範圍。因市中心人口密度較高且夜間娛樂活動較集中的行政區，區內酒吧、餐飲場所及商業活動分布密集，因此具有較高之潛在酒駕風險，適合作為本研究之分析區域。研究資料主要蒐集市區內與飲酒行為相關之場所點位，包含夜店酒吧、熱炒店及便利商店等，並透過 Google Maps 進行點位搜尋與資料整理，再將座標資料匯入 Python 與 OpenStreetMap 路網進行後續空

間分析。本研究依據不同場所之飲酒行為特性，將研究點位分為夜店酒吧、熱炒店及便利商店（含酒專）三種類型，如圖 1 所示(紅點:夜店酒吧、藍點:熱炒店、綠點:便利商店及酒專)，並設定不同風險權重，以反映各場所對酒駕風險之影響程度，如表 1 所示。

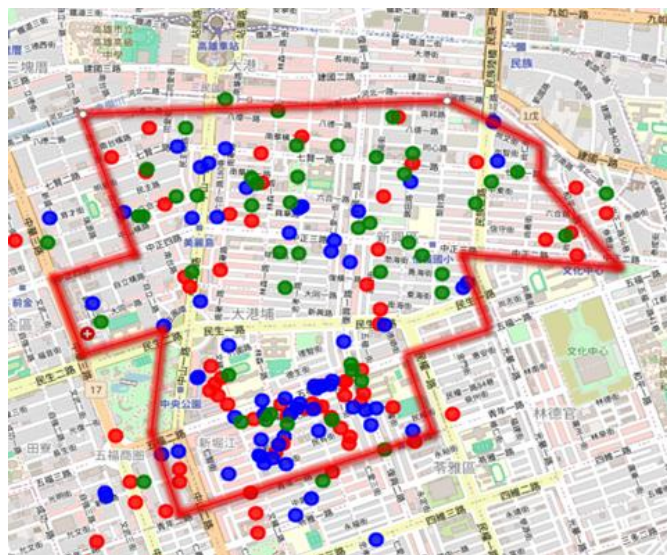


圖 1. 飲酒相關場所點位分布圖示意

表 1. 飲酒場所分類與風險權重

場所類型	顏色標記	風險權重	設定理由
夜店酒吧	紅點	1.0	屬高酒精消費場所，飲酒行為明確。
熱炒店	藍點	0.7	以餐飲為主，但聚餐常伴隨飲酒。
便利商店及酒專	綠點	0.4	代表酒類取得便利性，風險較間接。

圖 1 透過顏色標記，可在地圖上清楚區分不同類型飲酒場所之分布情形，並進一步觀察各類場所是否於主要道路或商業活動區形成聚集，作為後續風險疊加與臨檢點位評估之基礎。

3.3 空間網格建立

將研究範圍內的點位資料轉為經緯度座標，並匯入 OpenStreetMap 路網資料，以依空間資料進行風險分析。本研究進一步將研究區域劃分為標準網格，建立 300x300 之網格矩陣作為風險分析基礎。每一網格點具備風險值，用以描述該位置受到周邊飲酒場所影響之程度。透過網格化方式，可計算各網格點與飲酒場所之距離，並作為後續高斯環平滑風險模型之輸入基礎，以建立整體酒駕風險分布圖。較高之網格密度能使風險熱區在空間上呈現得更細緻，有助於後續高風險區域辨識與臨檢站選址分析。

3.4 高斯環平滑風險模型

本研究採用高斯環平滑(Gaussian Ring Smoothing)模型模擬飲酒場所對周邊道路之酒駕風險影響。不同於一般距離越近風險越高之模型，本研究考量駕駛人離開飲酒場所後，通常會先行駛一段距離並進入主要道路，因此假設風險並非於店家位置最高，而是在距離飲酒場所約 1 公里附近達到較高風險，之後再隨距離增加逐漸下降。其高斯環平滑公式如下：

$$R_{ij} = w_i \cdot e^{-\frac{(d-u)^2}{2\sigma^2}}, i \in I, j \in J \quad \text{公式(1)}$$

R_{ij} ：第*i*個飲酒場於第*j*個網格之風險值；

w_i ：第*i*個場所之風險權重；

d ：第*i*個飲酒場於第*j*個網格之距離；

u ：風險平均距離，預設為1；

σ ：風險距離標準差，預設為0.9。

本研究以高斯環平滑模型呈現「離開飲酒場所後進入道路系統」所形成之風險擴散現象，使模型更符合都市道路中飲酒後移動的情境。單一飲酒場所之風險影響示意如圖 2 所示。離飲酒場所愈近，風險值愈高，如圖 2 紅色區塊，隨著距離拉長，其風險值則遞減。

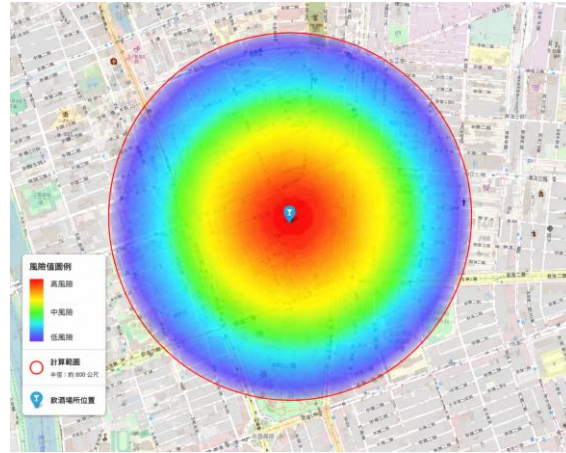


圖 2. 單一飲酒場所高斯環風險影響示意圖

3.5 空間風險疊加

完成單一飲酒場所對應特定網格風險計算後，本研究進一步將所有飲酒場所之風險值進行空間疊加，以建立整體酒駕潛在風險熱區分布圖。每一網格點之總風險值可表示如下：

$$R_j = \sum_{i=1}^n R_{ij}, i \in I \quad \text{公式(2)}$$

R_j ：第 j 個網格之風險值；

n ：研究範圍內飲酒場所數。

透過公式 2，可將不同飲酒場所對於特定網格之影響進行整合，找出整體風險較高之熱區。

3.6 候選點修正

由於初步風險分析結果可能出現候選點落於建築物、巷弄或不適合攔查位置之情況。此為提升臨檢站配置之實務可行性，本研究導入 OSMnx 套件串接 OpenStreetMap 道路資料庫，下載研究區域內主要道路資料，包括幹道、主要道路及次要道路等類型。OSMnx 可將地圖中的道路與路口資料匯入程式中，使研究能分析道路連接情形與主要車流路徑，進一步作為酒駕風險分析之依據。本研究透過道路路網限制機制，將高風險候選點修正至鄰近主要道路節點。由此步驟可使臨檢站建議位置更接近實際可執行的道路環境。

3.7 臨檢站篩選

本研究採用 Haversine Formula 計算地球表面兩點間之實際距離，以避免平面距離公式因忽略地球曲率而產生誤差。距離計算主要應用於兩方面：一是衡量各網格點與飲酒場所之距離，二是在臨檢站篩選時判斷候選點間距離，避免臨檢站過度集中於相同區域。本研究設定臨檢點最小間距為 0.7 公里。由於高雄市新興區屬道路與商業活動較密集之都市區域，主要幹道與重要路口之間距離多介於數百公尺至 1 公里左右，若臨檢站設置距離過近，容易造成警力部署重疊，且可能攔查到相同車流。透過最小距離限制，可使各臨檢點有效涵蓋不同主要道路、夜間活動區域及車流動線。在完成風險排序後，本研究再考量主要幹道、路口條件、車道空間、車流動線及實際攔查安全性，評估較適合作為固定式酒測臨檢站之建議路段，其餘高風險點位則作為機動巡邏與彈性部署之參考。

四、研究結果與分析

4.1 飲酒場所空間分布結果

本研究以高雄市新興區作為研究範圍。新興區為高雄市人口密度較高且夜間娛樂活動較集中的行政區，區內酒吧、餐飲場所及商業活動分布密集。為提高資料代表性，本研究針對夜店酒吧與熱炒店篩選評分 4.5 顆星以上且評論數超過 300 則之店家，共蒐集 195 個飲酒相關場所點位，包含夜店酒吧 80 間、熱炒店 63 間及便利商店 52 間，並透過 OpenStreetMap 路網進行空間分布分析。分析結果顯示，夜店酒吧主要集中於中山一路、六合路及七賢路周邊，呈現明顯群聚現象；熱炒店則多分布於主要幹道附近，與夜間餐飲活動區域具有高度關聯；便利商店分布相對平均，但於商業活動密集區仍有較高聚集情形。整體而言，飲酒相關場所多集中於新興區夜間娛樂活動較頻繁之區域，且與主要道路系統具有一定空間關聯性，顯示該區域可能存在較高之酒駕潛在風險。

4.2 酒駕風險熱區分析

本研究透過高斯環風險模型建立酒駕風險分布，並將各場所風險值進行疊加分析，以呈現整體酒駕潛在風險熱區。分析結果顯示，高風險區域主要集中於中山路、五福路及六合路周邊之主要幹道與重要路口附近，呈現明顯之空間聚集現象。其中，部分高風險區域同時具有飲酒場所密集、夜間活動頻繁及交通流量較高等特性，因此於風險分布圖中呈現較高風險值。相較之下，住宅區與次要道路周邊之風險值則相對較低。此結果顯示，飲酒場所分布與城市道路網之間具有一定空間關聯性，且高風險區域多集中於主要交通節點附近。

4.3 最適酒測臨檢站分析

在完成風險熱區分析後，本研究進一步依風險值高低篩選高風險候選點位，並加入最小距離限制，以避免臨檢站過度集中於相同區域。後續再透過 OSMnx 道路網資料進行道路節點匹配，將候選點修正至鄰近主要道路。圖 3 為候選點修正前結果，紫色標記為高風險位置，可看出部份點位非座落於路段或路口處。透過道路路網限制機制，將高風險候選點修正至鄰近主要道路節點，如圖 4 所示，圖中紫色標記高風險位置皆已移置相鄰重要路口。由此步驟可使臨檢站建議位置更接近實際可執行的道路環境。同時並進一步考量道路型態、車道空間、路口條件、車流動線及實際攔查可行性等因素。本研究最終選出 3 處較適合作為固定式酒測臨檢站之核心建議路段，包含 A1「中山一路與五福二路周邊」、A2「中山一路與六合二路周邊」及 A3「民生一路與復興一路周邊」；其餘高風險點位 B1「中正三路周邊路段」及 B2「四維二路周邊路段」則可作為機動式臨檢部署之參考。整體建議路段如圖 5 及表 3 所示。

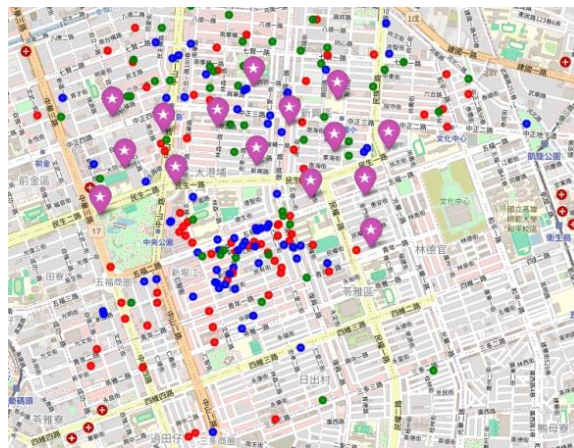
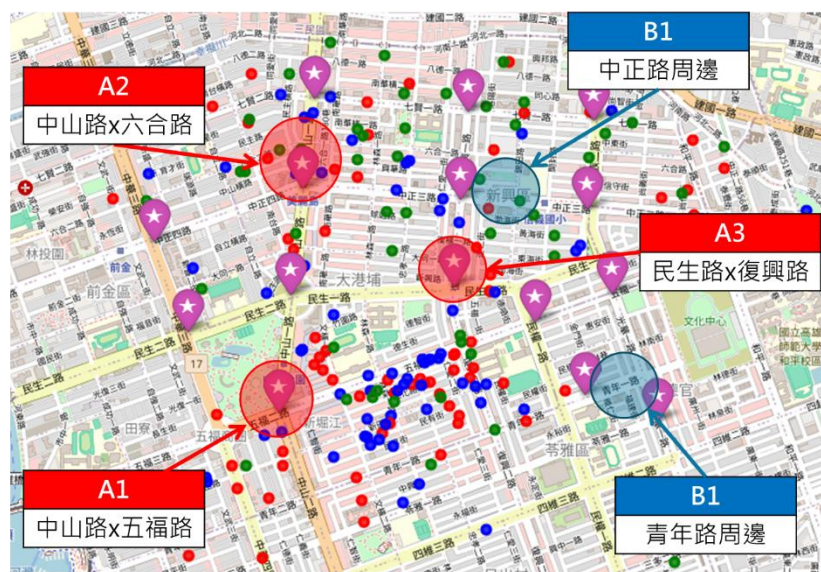


圖 3. 候選點修正前



圖 4. 候選點修正後



固定式酒測臨檢站: A1 中山一路 × 五福二路、A2 中山一路 × 六合二路、A3 民生一路 × 復興一路
機動巡邏與彈性部署點位: B1 中正三路周邊路段、B2 青年一路周邊路段

圖 5. 建議臨檢路段

表 3. 建議臨檢路段表

編號	建議臨檢路段	建議原因
A1 (核心)	中山一路與五福二路周邊	夜間娛樂活動密集，且位於主幹道交會位置。
A2 (核心)	中山一路與六合二路周邊	鄰近夜市與娛樂活動區，車流與人流較高。
A3 (核心)	民生一路與復興一路周邊	周邊飲酒場所集中，且道路空間較適合攔查。
B1 (機動)	中正三路周邊路段	夜間人流較多，可作為彈性部署位置。
B2 (機動)	青年一路周邊路段	商業活動密集，可作為機動巡邏參考。

從研究結果可看出，酒駕風險並非只與飲酒場所本身位置有關，而是與主要道路、路口型態、車流動線及夜間活動分布共同影響。若臨檢站僅依照店家密集程度設置，可能會落在建築物、巷弄或不適合攔查之位置；若僅依照主要道路設置，則可能忽略實際飲酒場所群聚所形成之風險。因此，本研究透過風險模型與道路網修正兩階段處理，使建議點位同時兼顧風險高低與實務可行性。

此外，將固定式核心臨檢路段與機動式部署路段分開，可避免所有警力集中於少數地點，也能依據實際勤務、人流時段或特殊活動進行彈性調整。此方式較符合都市交通執法需要，也能提升有限警力之使用效率。

五、結論與建議

本研究透過空間分析方式探討高雄市新興區內飲酒場所與城市道路網之間之關聯性，並進一步評估較適合作為酒測臨檢站之設置位置。研究結果顯示，夜間娛樂活動較密集之區域，其周邊主要幹道與重要路口通常具有較高之潛在酒駕風險，且風險分布與道路系統及車流動線具有明顯空間關聯性。相較於傳統多依賴執法人員經驗之臨檢方式，本研究透過風險分析、道路網修正及距離限制等方式，建立較具簡易之臨檢站選址流程，使臨檢點位不僅能考量高風險區域分布，同時兼顧實際道路條件與攔查可行性。整體而言，本研究所建立之分析方法，可提供未來酒駕防制、警力配置及交通安全管理之參考。實務應用上，建議執法機關可將本研究所提出之核心路段作為酒測臨檢勤務規劃之參考，並依照實際交通量、道路施工、特殊活動及勤務安全進行現地調整。對於 B1、B2 等機動式建議路段，則可配合週末夜間、節慶活動或娛樂場所營業高峰時段進行彈性部署。

後續研究可進一步納入實際酒駕事故資料、警方臨檢紀錄、即時車流量、道路幾何條件與事故嚴重程度等資料，使風險模型更貼近實際交通安全問題。同時，也可將研究範圍擴大至其他行政區，比較不同都市型態下酒駕風險熱區與臨檢站配置策略之差異。

參考文獻

- Benson, B.L., Rasmussen, D.W., and Mast, B.D. (1999). Deterring Drunk Driving Fatalities: An Economics of Crime Perspective¹¹the Authors Wish to Thank Two Anonymous Referees for Helpful Comments and Suggestions. *International Review of Law and Economics*, 19(2), 205-225.
- Bergen, G., Pitan, A., Qu, S., Shults, R.A., Chattopadhyay, S.K., Elder, R.W., Sleet, D.A., Coleman, H.L., Compton, R.P., Nichols, J.L., Clymer, J.M., and Calvert, W.B. (2014). Publicized Sobriety Checkpoint Programs: A Community Guide Systematic Review. *American Journal of Preventive Medicine*, 46(5), 529-539.
- Chan, Y.-S., Chen, C.-S., Huang, L., and Peng, Y.-I. (2017). Sanction Changes and Drunk-Driving Injuries/Deaths in Taiwan. *Accident Analysis & Prevention*, 107, 102-109.
- Erke, A., Goldenbeld, C., and Vaa, T. (2009). The Effects of Drink-Driving Checkpoints on Crashes—a Meta-Analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 41(5), 914-923.

- Ferris, J., Mazerolle, L., King, M., Bates, L., Bennett, S., and Devaney, M. (2013). Random Breath Testing in Queensland and Western Australia: Examination of How the Random Breath Testing Rate Influences Alcohol Related Traffic Crash Rates. *Accident Analysis & Prevention*, 60, 181-188.
- Kuo, P.-F., and Lord, D. (2021). A Visual Approach for Defining the Spatial Relationships among Crashes, Crimes, and Alcohol Retailers: Applying the Color Mixing Theorem to Define the Colocation Pattern of Multiple Variables. *Accident Analysis & Prevention*, 154, 106062.
- Kuo, P.-F., Lord, D., and Walden, T.D. (2013). Using Geographical Information Systems to Organize Police Patrol Routes Effectively by Grouping Hotspots of Crash and Crime Data. *Journal of Transport Geography*, 30, 138-148.
- Lee, J., Choe, C.-W., and Park, H.-C. (2025). Spatial Clustering and Route-Based Analysis of Dui Incidents for Enhancing Traffic Enforcement Deployment. *Traffic Injury Prevention*.
- Morrison, C., Ponicki, W.R., Gruenewald, P.J., Wiebe, D.J., and Smith, K. (2016). Spatial Relationships between Alcohol-Related Road Crashes and Retail Alcohol Availability. *Drug and Alcohol Dependence*, 162, 241-244.
- Morrison, C.N., Ferris, J., Wiebe, D.J., Peek-Asa, C., and Branas, C.C. (2019). Sobriety Checkpoints and Alcohol-Involved Motor Vehicle Crashes at Different Temporal Scales. *American Journal of Preventive Medicine*, 56(6), 795-802.