

空間大數據分析於提升警務執法效能 之應用與他山之石

劉擇昌*

目 次

- 壹、緒言
- 貳、空間大數據分析於警務執法工作之應用
- 參、美國 - 費城步巡實驗研究
- 肆、英國 - 犯罪、警務與公民研究
- 伍、結論

摘 要

本文以文獻探討方式首先對於運用空間大數據分析提升警務執法效能工作之背景知識加以介紹；並進一步針對 2010-2011 年間美國費城警方與 Temple 大學安全與犯罪科學中心 (簡稱 CSCS) 合作共同執行的「費城步巡實驗研究」, 以及 2015 年間由英國倫敦學院大學 (UCL) 與倫敦警方合作, 執行名為「犯罪、警務與公民 (Crime, Policing and Citizenship)- 動態路網時空互動計畫 (Space-Time Interactions of Dynamic Networks project) 系列研究」等兩項由智能化警務與空間大數據分析觀點出發, 整合空間資訊、犯罪科學、電腦科學等學門所執行之研究計畫為典範。再將其研究方法、發現以及結果加以比較與討論, 以作為我國警務理論與實務整合上的借鏡。

關鍵字：犯罪空間分析、地理資訊系統、大數據、費城步巡實驗研究、犯罪、警務與公民研究 - 動態路網時空互動計畫

* 澎湖縣政府警察局組長, 中央警察大學犯罪防治研究所博士, Email:liutzerchang@gmail.com。

The Application and Reference Cases on Spatial Big Data Analysis in Improving Effectiveness of Police Law Enforcement

Liu, Tzer-chang*

Abstract

By using method of documentary reviewing, the study first introduces the background knowledge of using spatial big data analysis to improve the effectiveness of police enforcement; then further analysis two paradigm projects derived from the interdisciplinary perspectives of intelligent policing, spatial big data analysis, spatial information, crime science, computer science, and other disciplines which named "The Philadelphia Foot Patrol Experiment" conducted by Philadelphia Police Bureau and CSCS during 2010-2011, and " Crime, Policing and Citizenship Project- Space-Time Interactions of Dynamic Networks Project" conducted by UCL and London Police Bureau in 2015. We finally compare and discuss main research methods, findings, and results of the two projects, and hope to serve them as references in both of theory and practice of Policing in our country.

Key Words: Spatial Analysis of Crime, Geographic Information System (GIS), Big Data, The Philadelphia Foot Patrol Experiment, Crime, Policing Citizenship Project- Space-Time Interactions of Dynamic Networks Project

* Section Chief of Penghu Police Bureau, Ph.D. of Crime Prevention and Corrections Department, Central Police University, Email:liutzerchang@gmail.com

壹、緒言

犯罪與失序行為長期存在於社會並危害公眾生命財產安全，如何預測、預防、降低犯罪與失序行為不但是社會公眾所關注的課題，更是警務部門責無旁貸工作。當前各國警方除肩負範圍廣泛的犯罪預防責任，並面臨對抗犯罪的人力、設備資源與經費日益拮据等挑戰，而需要透過推動與時俱進的警務措施，以提升公眾對於改善治安的殷殷期盼。由於犯罪或治安事件與絕大部分的社會現象相同，其發生均有相對應之地點，分佈亦隨著空間條件而有所異同，易受到空間相依性與空間異質性之強烈影響，並與區域發展過程及區域特性有密切關係，部分地點更由於具備某些環境特質與機會因素，致使潛在犯罪者容易選擇於該地點犯罪而成為所謂之犯罪熱點；在日警務運行與犯罪分析工作中，更是隨處可見與空間相關的議題，故於犯罪問題研究或警務管理工作中實無法忽略空間因素之影響(劉擇昌、鄧煌發、張智雄、游柏輝，2013)。另伴隨著科技發達與智能手機、感知裝置、物聯網、社群媒體及雲端運算逐漸盛行，而產生海量且被網路或電腦紀錄資料的大數據(Big Data)時代中，如何對於大量的情報與資料進行有效的測量、統計、比對、解析、建模與預測，以得出較客觀、細緻化、科學化的治安分析結果，並轉化為因地因時制宜的具體犯罪打擊策略與實踐，以再提升、精進警務工作效能的「智能化警務(Intelligent policing)」作為，將是當代治安與警務管理最重要工作之一。

事實上，近10年來英美各國警方從犯罪空間大數據分析面向切入，以提升執法效能的實驗或研究並不少見，且亦已累積相當多元的研究成果。本文擬引用2010-2011年間美國費城警方與Temple大學安全與犯罪科學中心(簡稱CSCS)合作共同執行的「費城步巡實驗研究(The Philadelphia Foot Patrol Experiment)」；以及2015年間由英國倫敦學院大學(UCL)與倫敦警方合作，執行名為「犯罪、警務與公民研究(Crime, Policing and Citizenship)-動態路網上的時空互動計畫(Space-Time Interactions of Dynamic Networks project)」一系列研究之方法、發現與結果擇要介紹與分析，作為我國空間大數據於提升警務執法效能議題中學術研究與實務工作上的借鏡與他山之石。

貳、空間大數據分析於警務執法工作之應用

有關犯罪空間大數據分析於警務執法工作之應用背景知識，係以整合

犯罪學理論(以環境犯罪學為主)、熱區警務哲學、社會科學統計與空間統計、GIS科技、犯罪製圖、犯罪分析、執法實務等各學門為主(劉擇昌、張平吾, 2014: 27-68)。本節茲先將該領域相關名詞與主要應用面向作為背景知識簡介¹如下:

一、名詞解釋

(一) GIS 科技

具有強大製圖、資料分析功能並可處理大量空間資料的「地理資訊系統(Geographic Information System, 下稱 GIS)」於 1960 年代問世後廣泛被運用於各領域, 造成當代空間資訊運用革新。1990 年代自 GIS 技術與軟體於英美各國被引入刑事司法領域後, 由 GIS 所衍生之犯罪製圖與空間統計分析技術迅速成為強化犯罪分析、預防、反恐等提升警務執法效能之主要輔助工具。GIS 科技係透過地圖分析及空間統計方法, 對於經由 GIS 處理所產生圖層疊合之視覺化資料、空間物件、屬性資料、空間過程等與空間相關之大數據資料加以估算、測量與分析, 以探究隱藏在空間現象之後的原因、規律和原理, 可協助警務管理決策者得據以制定符合轄區特性與因地制宜之資源分派或犯罪防治決策; 另經由科學化與專業之統計、分析、比對、勤務規劃及警察犯罪預防資源配置等作為, 能更有效率的從事犯罪偵查、打擊與預防工作, 甚至可進一步了解、分析犯罪發展或追蹤犯罪活動, 有效提升警務執法工作效能(Paulson & Robinson, 2004:5; 劉擇昌、張平吾, 2014:8-12)。

(二) 大數據

綜整相關學者與 IBM 等相關企業見解, 大數據係具備大量(volume)、即時性(velocity)、多樣性(variety)、不確定性(veracity)、變異性(variability)與複雜性(complexity)等 5V 與 1C 六項特性的資訊化資產與科學應用的有效方法; 近年來伴隨著警方對於犯罪與員警出勤等相關紀錄之紀載方式較以往完善, 以及電腦與 GPS 科技的進步, 當代警方已具有將所有民眾報案資料、員警出勤紀錄、巡邏路線、犯罪時間空間等資料詳實且鉅細靡遺記錄於電腦紀錄之能力。透過對於上述大數據資料予以妥適分析後, 將可揭露轄區犯罪的空間模式與重要影響因子, 並成為探究如何改善警方執法效能, 提升公眾對警方執法信任與滿意度, 以及研議犯罪防治對策的重要資訊寶庫(許華孚、吳吉裕, 2015)。

¹ 因囿於篇幅, 本文對於各小節內容僅做初步之介紹, 相關細節論述與各名詞內涵請參閱各相關專書。

二、主要應用面向

劉擇昌、張平吾(2014)將GIS科技與空間大數據分析於警務執法工作區分由動態性與靜態性應用層面出發，整理歸納其在各面向上之主要應用內涵、背景知識、運用階段、方法等範疇如表1。

表1 GIS科技與空間大數據分析於警務執法工作主要運用面向表

動態性運用(偏重實務工作運用)				靜態性運用(偏重理論與資料分析)		
主要內涵		基礎觀點		主要內涵		基礎觀點
提升執法效能： 一、運用GIS與犯罪製圖技術支援執法工作； 二、深入瞭解轄內犯罪熱點與相關因素，確實掌握犯罪核心問題，整合轄區內相關單位資源，共同阻斷各項易於實施犯罪之地理環境因子，更有效率的執行相關犯罪防治策略。		資訊科技、地理資訊技術、製圖學、犯罪分析、警務策略		犯罪資料分析： 一、運用空間分析方法進行犯罪資料分析； 二、從空間分析角度出發在真實的世界中探索犯罪或偏差行為發生熱點區位分布與周邊空間型態；佐以相關經社變項加以分析統計易造成犯罪或偏差行為之人文、社會因子，預先處置以降低其發生，或作為長久規劃決策之參考。		製圖學、地理資訊技術、空間探索、空間統計、空間計量經濟、犯罪空間理論
動態性運用				靜態性運用		
運用階段	內涵	方法	背景知識	範疇	內涵	背景知識
犯罪前	整合資訊科技、GIS技術、犯罪製圖有效分配執法資源，形成綿密犯罪預防網絡。	架設執法網站供民眾瀏覽提升參與感。	Web-GIS, 社區警務	資料編碼與製圖	整合各項基圖，繪製「犯罪主題圖」，針對高犯罪率區域進行研究，了解該區域之犯罪發生狀況與特徵。	空間資料處理(獲取、轉換、對位)、製圖學、犯罪熱點
		派出所、警勤區、監錄系統、守望、埋伏崗哨等靜態犯罪預防資源位置有效分派。	空間分派、空間選址、環域分析、問題導向警務政、證據導向警務、情報指引警務			
		巡邏箱線、巡守隊巡邏路線等動態犯罪預防資源有效規劃。				
				犯罪空間探索	了解犯罪(熱點)空間分布、轉移趨勢等區域犯罪潛在驅力與鄰近區域對於犯罪之影響與犯罪相關問題。	空間探索、空間資料探勘、初級空間統計

犯罪中	整合資訊科技、GPS, GIS 技術、犯罪製圖有效提升即時打擊犯罪能力。	透過 GIS、GPS、衛星空照圖即時了解、取得犯罪地點周邊道路或區位狀況。	GPS, 遙感探 (空照圖)	鑑別犯罪熱區	正確辨別犯罪於空間聚集處所與轉移	空間集群型態分析
		整合「電腦輔助派遣勤務系統 (CAD)」、「紀錄管理系統 (RMS)」與「車輛定位與導航系統」(AVLN), 勤務指揮中心同步進行受理報案電話與勤務派遣、指揮、管制, 提高立即反應能力。	GPS, CAD, RMS, AVLN 等技術、問題導向警務、證據導向警務	犯罪空間迴歸分析	了解空間相鄰對於犯罪之影響, 或影響犯罪差異之區域性因子為何。	空間計量統計分析
			了解環境脈絡或情境因素對於犯罪之影響、在地化之犯罪觀點與預防。			
犯罪後	整合資訊科技、GPS, GIS 技術、犯罪製圖有效提升犯罪偵查與潛在犯罪者之監控能力。	整合 GIS、發話定位、犯罪旅程、慣用犯罪手法縮小犯罪偵查範圍。	地理描繪、問題導向警務、證據導向警務	犯罪空間模型建構	根據研究目的整合各項學門, 以建構熱區犯罪模型並實現基於時空資訊複合過程之科學預測。	環境犯罪學、社會、經濟、交通、疾病等學科、空間計量經濟、田野調查、時間序列等綜合性觀點
		電子監控。	GPS, 被害者學			

資料來源：劉擇昌、張平吾 (2014:6-8)

參、美國 - 費城步巡實驗研究

Temple 大學安全與犯罪科學中心 (Center for Security and Crime Science, 下簡稱 CSCS) 長期與費城警察局合作, 針對費城治安為題推出各類警務策略相關研究與革新策略。為有效降低費城長期以來嚴重的暴力犯罪問題, 2010-2011 年間 CSCS 與費城警方根據問題導向警務 (Problem Oriented Policing)、犯罪者聚焦警務 (Offender Focus Policing)、犯罪科學等以情報主導策略 (Intelligence-led Policing) 指導方針為基礎, 由員警步巡方式出發,

嘗試發現大城市裡各中小型高暴力犯罪區域之分布、警力佈署與因地制宜之執勤對策。費城步巡實驗研究主要聚焦於「犯罪分析師 (Crime Analysts) 訓練」與「步巡準實驗設計」等二大部分與應用軟體設計，分述如下 (Ratcliffe, Taniguchi, Groff, & Wood, 2011; 劉擇昌、張平吾, 2014:246-253)。

一、犯罪分析師訓練

鑒於美國主要城市警局雖多設有犯罪分析師職位，然實務上由於相關工作人員來自不同專業領域，甚少接受整合性之專業犯罪分析訓練，而導致犯罪分析結果資料與實務工作之運用上常產生相當局限性的狀況。CSCS 首先依據費城警局轄區特性與需求，協助訓練隸屬費城警察局所屬各單位的犯罪分析師，開設如下犯罪分析課程精進其犯罪分析能力，製作更細緻化與因地制宜的犯罪分析資料，作為決策主管分配犯罪防治資源的依據。相關課程大綱如下：

(一) 緒論

警務資源運用、智慧警務、犯罪三角理論、問題導向警務、情報主導警務、GIS 概論、環境犯罪學。

(二) 犯罪分析工具運用

警務資料分析、圖表繪製與運用、情境犯罪預防技術、GIS 與犯罪製圖的應用。

(三) 犯罪製圖操作

點線面資料繪製與分析、資料轉文件、資料庫分析、製圖學概要、各類犯罪熱點繪製、地圖分析。

(四) 犯罪科學

包括犯罪研究過程、初步統計檢驗、情報分析迴圈、環境犯罪學理論、熱點識別、犯罪轉移。

(五) 犯罪熱點評估

區域犯罪風險評估、犯罪吸引因數、重複被害、鄰近重複、犯罪模式與案例分析。

(六) 實例分析

由費城警局提供目前迫切需要解決的犯罪議題，由學員擬訂相關解決計畫，展開討論和回饋意見。

二、步巡準實驗設計

(一) 實驗設計

在「步巡準實驗設計」部分，則針對費城警局提供近3年之犯罪統計資料，並參酌巡邏區域大小，運用犯罪空間分析與製圖方式篩選出120個高犯罪區域(如圖1)，其中60個區域由各分局犯罪分析部門透過更進一步的犯罪時間、空間與潛在犯罪者相關犯罪模式分析，由員警首先於各區域進行持續12周每日至少八小時、每周至少5日之步巡；同時間由警方刑事情報部門員警透過犯罪者聚焦警務模式，識別、鎖定社區中暴力累犯資料、幫派聯繫與犯罪手法，並將相關情資提供步巡員警於步巡區內進行嚴謹且具有目標性、重點性(如加強盤查青少年聚集處所、或攔檢具有特殊型號或標記車輛等)的步巡措施；再由分局幹部與社區成員合作組成議題小組，逐步針對社區內與治安相關之特定議題進行問題導向之分析、處理與評估(如圖2)。而另外60個區域則為對照組，由員警部門進行一般的巡邏措施。為期三個月的準實驗施測後，相關研究結果如下。

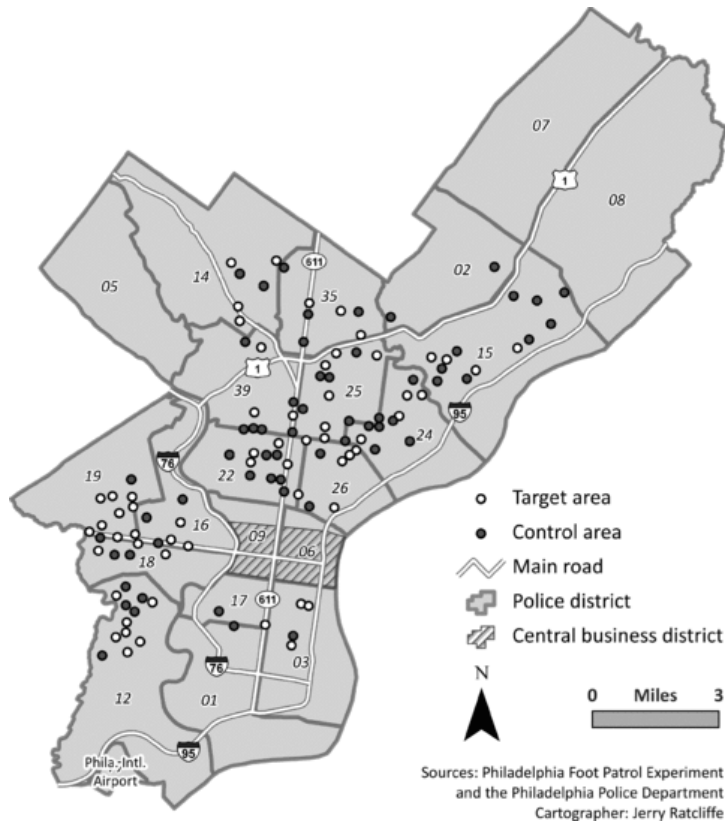


圖1 熱點製圖(控制與實驗組)示例圖

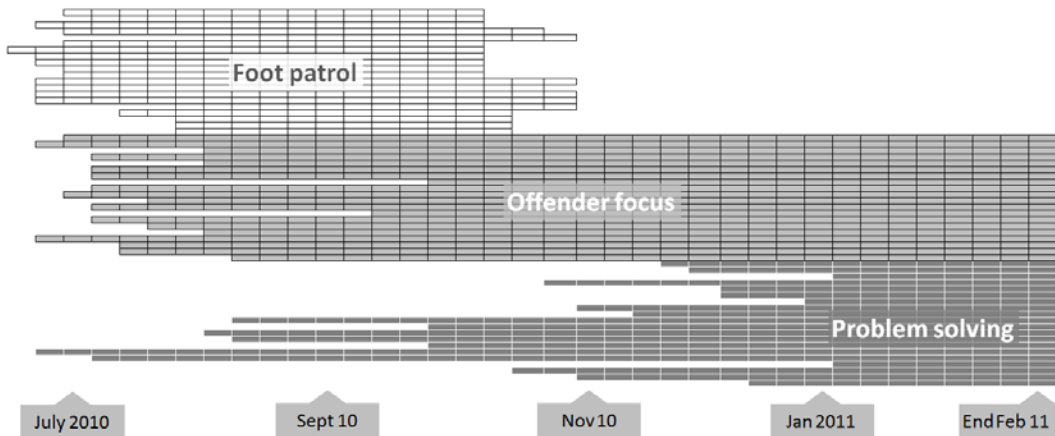


圖 2 步巡準實驗設計各項警務策略運用示例圖

(二) 研究發現

在步巡實驗組區域中，暴力犯罪較隨機巡邏之對照組降低 23%，並預防 53 件暴力犯罪發生；在員警部門的工作紀錄中亦顯示與毒品相關的偵查行為增加 15%，盤查行人次數增加 64%，攔停車輛次數增加 7%，逮捕嫌疑人次數增加 13%。該研究亦指出盤查行人與攔停車輛最多的 20 個區域中，暴力犯罪呈現顯著下降，另在不考慮其他因素時，每增加 4 次逮捕、89 次盤查行人或攔停車輛 8 次時則可降低 1 起暴力犯罪發生。

另該研究發現，以情報主導警務為基礎的步巡措施亦對鄰近區域造成部分犯罪轉移現象，根據研究資料顯示，步巡區域中每降低 90 起犯罪時，週邊區域則會增加 37 起犯罪。另該研究亦發現員警部門在犯罪熱點中驟增的盤查、攔檢行為亦可能造成警民關係的緊張，而必須在警務技巧上加強訓練。

三、軟體設計 - 鄰近重複估算軟體 (Near Repeat Calculator for Version 1.3)

鄰近重複 (Near Repeat) 係指犯罪事件發生後，周邊區域在短期內恐亦產生較高犯罪事件風險的模式；藉由更精確、具體的預測未來受害風險最高的地點與時間，並透過預測性製圖 (prospective mapping) 可協助執法人員識別未來犯罪的風險，迅速有效分派警務人員與相關犯罪預防資源。該軟體 (如圖 3、4 所示) 設計主要用於識別與操作鄰近重複的概念，透過參數的設定可顯示犯罪之座標、日期、估算犯罪案件之起源與鄰近重複案件的配對情形，並能迅速提供民眾犯罪被害風險增加的相關資訊 (Bowers & Johnson,

2005 ; Ratcliffe, 2009)。

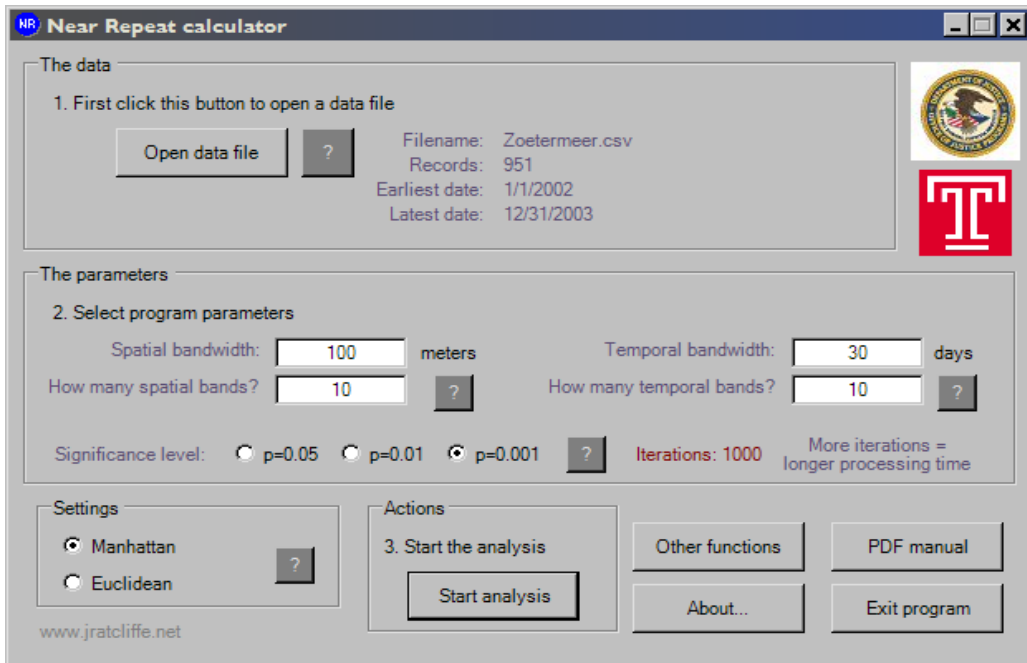


圖 3 鄰近重複估算軟體介面示例圖

X	Y	Date	Originator	NearRpt
392146	420226	4/18/2003	13	14
392144	420237	2/4/2002	5	2
392234	420570	6/24/2002	2	2
395139	422747	10/24/2003	14	24
393520	423799	1/19/2002	9	10

圖 4 鄰近重複估算結果示例圖

註：相關鄰近重複情形係基於使用者輸入參數而異

四、分析與討論

許多研究顯示犯罪常會集中或好發於具有機會或某些特性之區域，熱區警務對於治安改善亦具有其效果。然而亦有學者研究指出，犯罪熱區相關實證研究甚少指出警方於犯罪熱區中應執行哪些具體作為時方可更有效降低犯罪之論述或研究設計 (Telep & Weisburd, 2012)？觀諸現行我國執法機關因官方犯罪統計資料囿於資料格式、技術等限制，甚少針對犯罪之空間分佈情形

及轉移、擴散現象等料加以分析以形成科學性或因地制宜之決策基礎；大部分基層執法機關（如分局、派出所）對於犯罪防制工作仍多停留於處理民眾報案之被動偵查角色，或依決策者經驗法則或根據上級機關指示執行全國一致性之專案勤務，而容易發生「打擊錯誤」與「浪費警力」之窘境，並衍生許多漫無目的的提高見警率或傳統跑攤式的巡邏方式，致無法有效發揮執法效能。

費城步巡實驗研究所運用之背景知識、方法、技術之科技層面淺顯易懂，相當值得作為我國警方勤務設計研究之借鏡。該研究由精進犯罪分析師本質學能之基礎性工作出發，運用犯罪數據與空間分析搜尋轄內確切之犯罪熱點，並針對該地區域特性策訂具有目標性、重點性的步巡措施、慣犯監控與轄區問題導向處理等犯罪抗制對策，透過鎖定問題區域與問題人物，執行因地制宜且具體對策，以達到有效改善轄區治安的目標。該實驗研究方向、概念與技術簡潔、明確，倘若我國執法機關中能以該實驗研究為借鏡，由各層次執法單位中培訓具有數據統計、製圖製作、資料彙整分析與簡報等專業能力之犯罪分析師出發，以協助治安決策者於最短時間內確切掌握轄區概況，再針對主要犯罪問題對症下藥作出決策，妥適分派機構中各項犯罪防制軟硬體資源，並由基層員警落實因地制宜之執法作為，將能有效提升執法效能。

肆、英國 - 犯罪、警務與公民研究

倫敦大都會警察局 (MPS) 鑑於近 10 年來投入大量經費與戮力所推出的犯罪抗製策略，常因研究方法或對於影響治安考量因子過於簡略或單一，而忽略影響社會治安之多元化因素與各項因素間的相互依存狀態；以及相關研究所導出的數理程式並無法將數據分析有效地轉換成警務工作的實踐，導致許多研究成果在實務工作的應用上產生相當的侷限性，而無法有效降低犯罪發生，亦未具體反映在民眾對於警方的信任與滿意度上，故針對過去執行的犯罪防治研究功效低落之困境與對策進行全面性檢討，並與倫敦大學學院 (UCL) 合作，共同執行名為「犯罪、警務與公民研究 (Crime, Policing and Citizenship)- 動態路網時空互動計畫 (Space-Time Interactions of Dynamic Networks project)」的一系列研究（下稱 CPC）。

該研究以「智能化警務 (Intelligent policing) 作為」與「大數據分析」為主軸，運用每日犯罪統計、警方步巡或車巡之 GPS 軌跡紀錄、公民態度調查、與社區結構變遷普查等數據資料，並首先採用有別於傳統以「區域」層

次為主的犯罪熱點研究取向，以精確度更高的「街道路網層次 (network)」分析，與包括機器學習，統計分析和基於個體 (agent-based) 模擬等大數據分析方法，綜合空間資訊、警務與犯罪科學、電腦科學與地理學等學門，透過科際整合方式，聚焦於「犯罪預測與評估 (Crime prediction and evaluation)」、「監護與合作式警務 (Guardianship and cooperative policing)」、「公眾對警務工作的信心與信任 (Public confidence and trust in policing)」等三項主要議題的研究上，並研發相關演算法和研究工具，以理解犯罪、警務與民眾日常活動在時間空間上緊密的互動，探究都市內犯罪於街道路網層次的分布結構(如圖 5)，進而更深入的了解犯罪、警務工作與公民意識間的模式與互動，並協助警方由小區域至大區域的各項勤務作為中，探究更科學性、更有效率降低犯罪率與民眾被害恐懼方法為主要目標，使警方能將有限資源置於最正確的地點與時間上 (Cheng, Bowers, Longley, Shawe-Taylor, Davies, Rosser, Wise, Gale, Adepeju, Shen, Chen, Williams, Kempínska & Skarlatidou, 2016)。

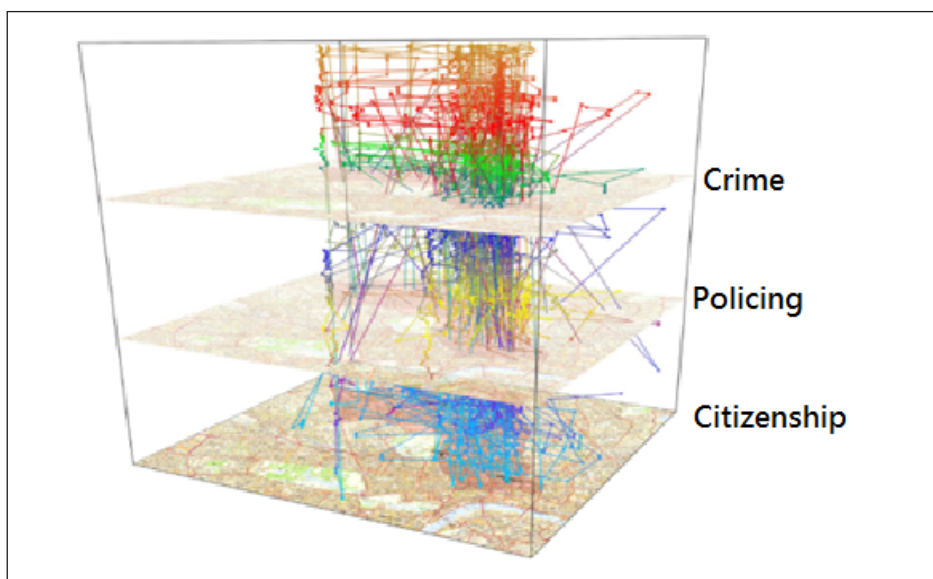


圖 5 犯罪、警務工作和公民活動於路網基礎下交互形成的動態時空模式示意圖

一、犯罪預測與評估

基於先前許多實證研究結果顯示，犯罪的發生在空間和時間上表現出許多規律性，以及在某種程度上是“可預測的”；若能準確模擬其間規則，則可有效預測犯罪風險的時空分佈。該研究運用倫敦 Camden 市的犯罪資料進

行研究與製圖，以協助將警力配置於犯罪最有可能發生或最需要的地點和時間，或在犯罪發生前對於易犯罪地點進行干預，進而有效減少犯罪率和提高公眾滿意度。相關預測與評估資料再運用犯罪高發生地製圖以協助警方規劃巡邏路線。

相關研究採用警察實務工作中較具有準確性與可運用性之「路網街道(network)」為分析單元，以「鄰近重複(Near Repeat)」概念來代表犯罪在時間空間上聚合的高風險狀態，運用「犯罪風險的異質性(heterogeneity)」與「犯罪風險的相依性(dependency)」概念作為解釋犯罪事件的空間和時間模式的基礎關鍵；並引用源於地震餘震模擬用途之「自激點過程(The self-exciting point process model, SEPP)」模型對未來一段時間內在統計上最有可能發生高犯罪時間空間進行模擬與預測，並與其他3種常用以偵測犯罪時空熱點方法加以比較，輔助空間統計分析之不足。上述各研究發現摘述如下：

(一) 真實的犯罪數據顯示犯罪具有空間和時間的聚集性，SEPP模型運用歷史犯罪記錄並納入「鄰近重複」、「犯罪風險的異質性」與「犯罪風險的相依性」等概念提供了一種客製化繪製犯罪預測模型的方法，以指導警務模式對於犯罪的干預。透過對於相關圖示概覽並佐以警務人員的經驗後，則可更進一步探索轄區潛在的犯罪動態分布情形(如圖6、7)。

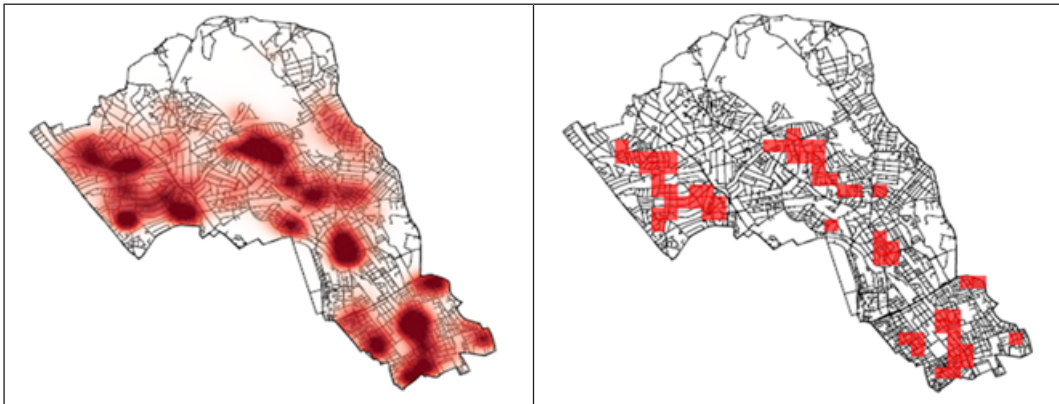


圖6 Camden市竊盜風險預測SEPP圖

註：(左)由SEPP生成的連續預測風險圖。較深的紅色表示犯罪發生風險較高。
(右)由相同預測數據生成前10%犯罪風險較高之網格區域。

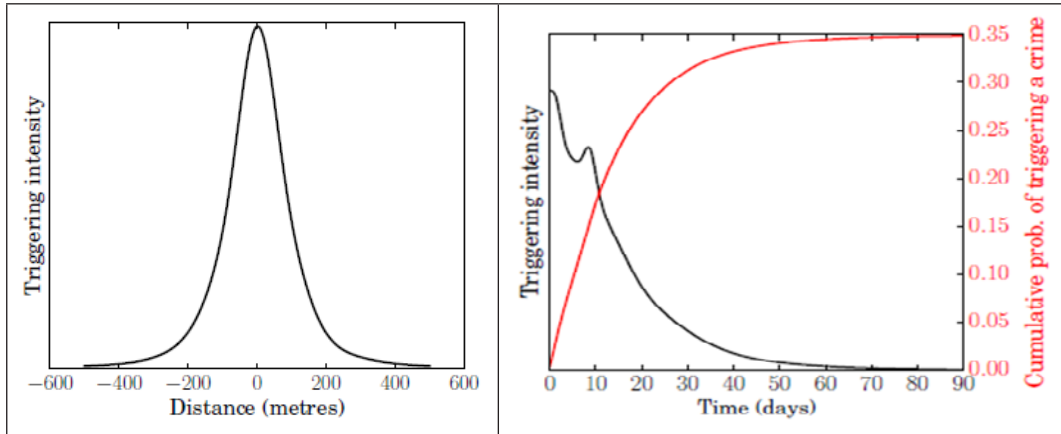


圖 7 Camden 市竊盜犯罪鄰近重複 (near repeat) 圖

註：Triggering intensity 表示犯罪發生強度、Cumulative prob. 表示累計概率

(二) 相較傳統較常用基於以網格或面資料為運算基礎單位之空間分析方法，該研究使用街道網絡為基礎之風險圖對於犯罪風險預測的性能顯著提高。另由於街道路網地圖較為直觀、淺顯易懂且符合現實交通環境，亦有助於巡邏勤務的規劃，故以路網為基礎之演算方法不但提供現行警務工作操作上系統性的改進，在整個預測性警務工作運用上較傳統網格風險圖更能符合實務工作現況(如圖 8)。



圖 8 Camden 市竊盜犯罪風險圖

註：左圖為基於路網犯罪風險圖，右圖為基於網格(區域)犯罪風險圖，從右圖顯示有許多犯罪高風險街道並未被劃入網格核風險圖中，顯示其分析結果於實際地點之交通狀況與環境中的精確度較低。

(三) 透過檢查基於路網與網格兩種方法之應用，於相同潛在犯罪數據時的「命中率 (Hit rates)」以比較其預測性能。結果顯示基於路網的方法在對於犯罪風險覆蓋程度約為基於網格方法的效能的 1.5 和 2 倍之間(如圖 9)。

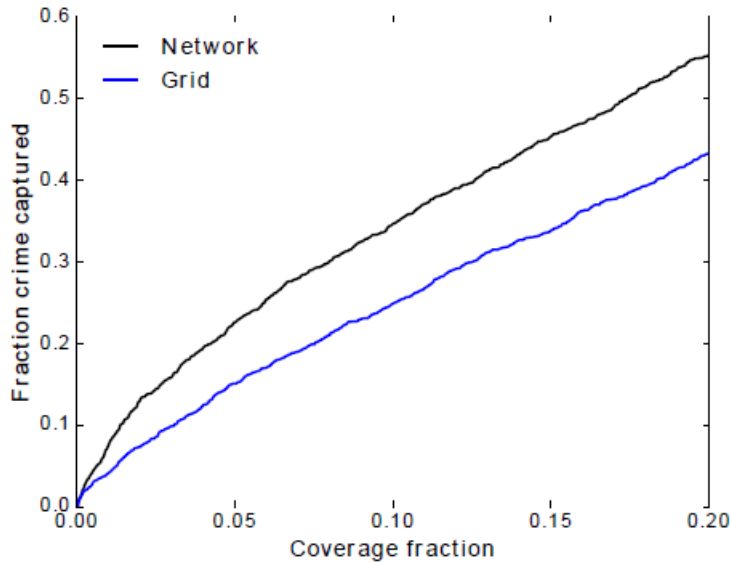


圖 9 基於路網和網格的風險評估方法“命中率”比較圖。

註：Fraction crime capture 表示測得犯罪事件比率，Coverage fraction 表示覆蓋率。

(四) 各種預測方法在不同犯罪預測之操作效用上顯示各有其優缺點，每種方法除了可識別相當數量的犯罪行為，與其他方法整合後則更能成功識別更大量的犯罪行為；或者，警方可結合使用不同的預測方法，以獲得更好的性能預測指標。事實上，研究者或實務單位對於預測方法的選擇上尚需考量許多因素的權衡，在各種操作環境中亦需要因地制宜的選擇適當的犯罪預測方法，方能提升預測效果(如圖 10)。

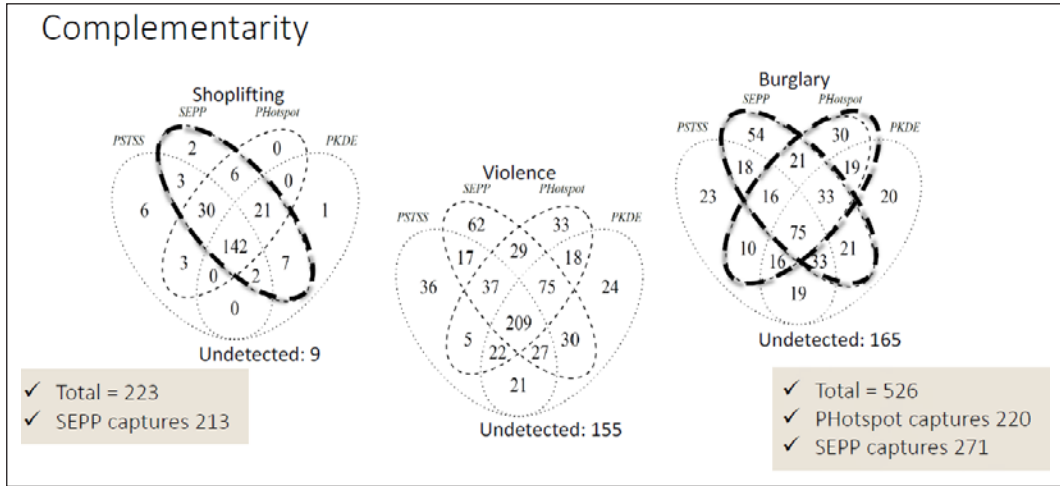


圖 10、犯罪預測方法互補性績效衡量指標文氏圖

註 1：文氏圖 (Venn diagram) 顯示每種方法在 Camden 市 20% 的覆蓋率中所偵測到的犯罪點數。

註 2：* Hit rate：成功覆蓋犯罪點的比率。

* Compactness index (CI)：緊湊指數：測量熱點是否緊湊相連以適合員警巡邏。

* Dynamic Variability Index (DVI)：動態變異性指數，檢測一段期間犯罪風險類型變異的方法。DVI 顯示某些方法最適合特定類型的風險模式。

** Prospective space-time scan statistics (PSTSS)：預期(警)時空掃描統計：時空模擬，預測熱點方式。

** Prospective kernel density estimation(PKDE)：預期(警)核密度估計：偵測熱點方式。

** SEPP: The self-exciting point process (SEPP)：引用地震的犯罪時間空間預測。

** Predictive hotspot (PHotspot)：預測性犯罪熱點偵測方法。

二、監護與合作式警務

在監護與合作式警務議題中，研究者透過對於員警空間行為的模擬與研究，衡量現行警方勤務對於犯罪所產生的威嚇程度，並對於警察人員執勤(或巡邏)路線選擇行為與傳統上的規畫方式進行描述、分類與探討，進而提出勤務規劃方針與績效衡量準則，作為設計提升警務效能規劃策略參考。

該研究首先運用大都會警局員警移動軌跡 GPS 數據，探討員警「巡邏到訪(patrol visits)」以及「來電報案(calls for service)」之間的時間關係，以衡量常規可見的警務工作對於犯罪的嚇阻程度，並引用流行病學中「生存分析

法 (Survival analysis)²，開發基於蒙特卡羅 (模擬) 的方法，將任何街道上重複發生犯罪的時間，與「警察到訪」及「來電報案」間隔時間數據進行統計比較，以檢驗該地點再發生犯罪的生存時間 (即某地點發生犯罪員警巡邏到訪後，下一次犯罪發生在所到訪街道上的時間)，再行比較有無警察巡邏對犯罪產生嚇阻的預期結果，以估計、理解街頭犯罪究竟可由員警巡邏行為加以控制，亦或者可由街道上其他機制所影響？另為能更逼真的模擬員警實際執勤路線與路徑選擇行為模式，該研究另運用「潛在狄利克雷分配 (Latent Dirichlet Allocation)」建模技術，與「人員自動定位系統」調查在各種不同距離尺度單元下員警對於服勤路線的偏好、時間空間行為模式、遭遇臨時事故時工作路徑的改變等資料，再透過質性研究方式理解員警行為路徑選擇行為偏好的原因，作為決策者勤務調度或編排的參考。上述各研究發現摘述如下：

- (一) 由 Camden 市街道犯罪事件的時間間隔與事件獨立時的預期分佈結果顯示，在較短的正數時間間隔部分 (對案件的回應：即巡邏到訪發生在案件之後的情況) 發生的頻率比預期少，表示警察的存在確實會阻止犯罪行為 (如圖 11)；然而「風險率」迴歸模型的結果 (如圖 12) 顯示巡邏事件發生後，犯罪的瞬時風險隨時間流逝，即巡邏對於犯罪的確具有持續性威懾作用，然而數據顯示影響很小且僅在短時間內具有影響，隨著巡邏後的時間越長，犯罪的發生情形則變多。
- (二) 將員警偏好的執勤路徑旅程加以模擬與排序，並使用該研究的模型結合員警偏好路徑數據進行旅程預測分析，相關研究所提出的路線模型預測結果，相較現行其他規劃路線方法結果在精確度上除顯著提高外，亦更趨近現行警察實際上的執勤路線 (如圖 13)。透過不同狀況與假設的模擬下所產生的路徑旅程差異作為探索工具，可協助警方決策者對於相關策略規劃上更符合科學性與循證性³。

² 一般而言，存活分析方法常以研究或分析樣本所觀測到的某一段時間長度之分配計算到某一特定事件發生的時間點為止，通常稱為事件時間或存活時間。事件時間的資料出現在不同領域中，譬如醫學中的癌症存活率；公共衛生中的死亡率；犯罪嫌疑人從犯罪時間到被捕時間，或從被捕時間到起訴時間，從起訴時間到定罪時間，或從假釋時間到再犯時間等。

³ 一般性模擬僅能模擬完全理性且無其他因數考量的結果，常與現實世界脫節，該研究採取的方法能夠模擬警方實際偏好的路徑作為依據，故所擬訂的政策較能符合現實社會需求。

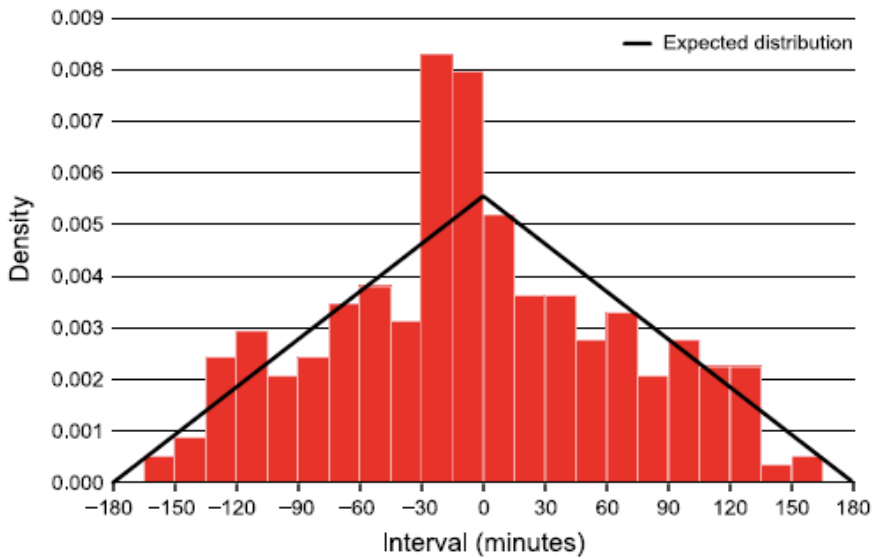


圖 11 巡邏到訪和來電報案時間關係圖

註：巡邏到訪和來電報案之間所經過的時間在各3小時視窗中至少包含每種犯罪類型的一個事件。

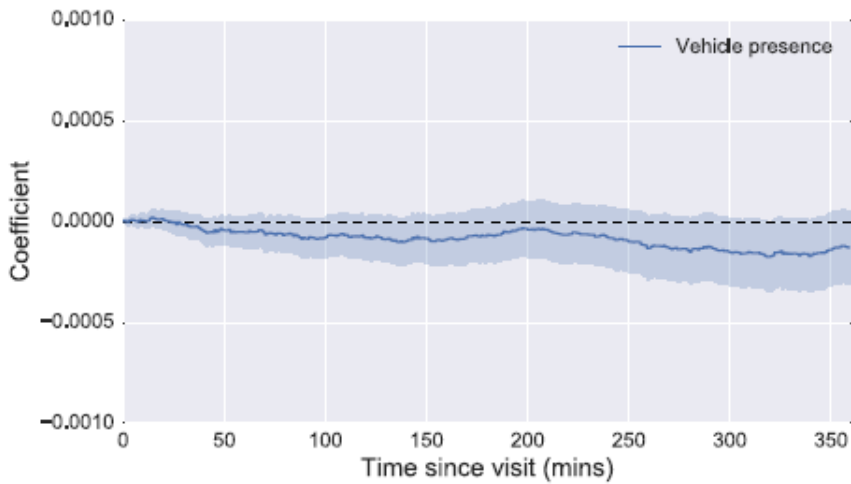


圖 12 巡邏到訪和犯罪持續時間生存分析圖

註：風險係數標線顯示了威懾效果：它低於零線的距離顯示巡邏到訪與沒有巡邏時的預期犯罪風險下降。

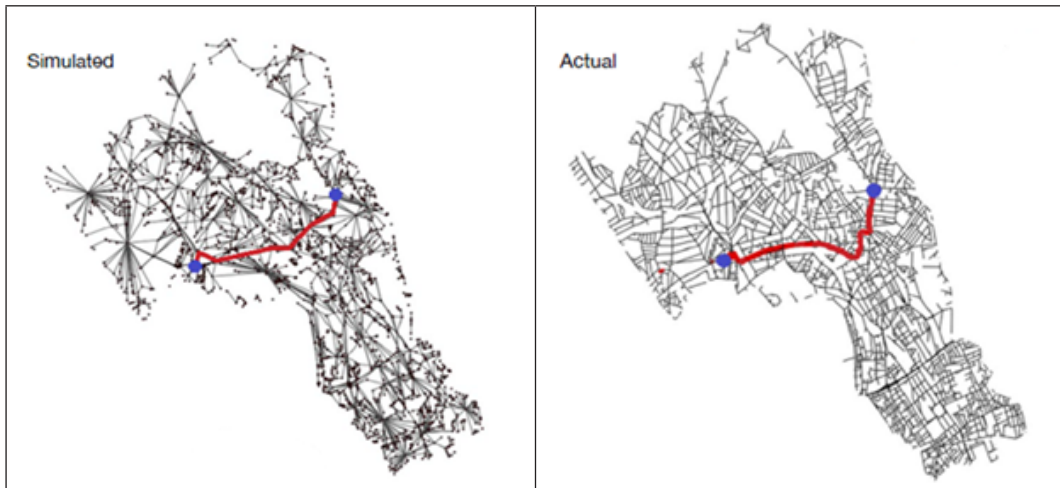


圖 13 Camden 市員警巡邏路線圖

註：左圖為匯總 (aggregated) 的街道路網與警察路線模擬結果；右圖為警察實際行徑路線。

- (三) 對於員警日常巡邏工作到訪相關地點與其獨特的行為特徵等微觀行為進行研究，除可對員警的執勤行為提供相當的洞察外，並擴展了傳統時間預算分配的觀念；透過定義移動行為相似性度量標準可分析員警在於巡邏路線選定及其於空間和時間上的活動模式特徵，以初步理解其時空活動偏好區域 (Spatio-Temporal Regions of Interest, ST-ROI) (如圖 14)，即員警巡邏行為中在路線選定上的行為特徵；根據員警對特定地標的到訪與活動進行分群製圖結果，亦可協助指揮官簡易且明確的解讀員警的活動模式。相關發現則可用來做為員警巡邏行為的修正建議，進而使員警的巡邏路線規劃在轄區內達到更有效率的覆蓋。

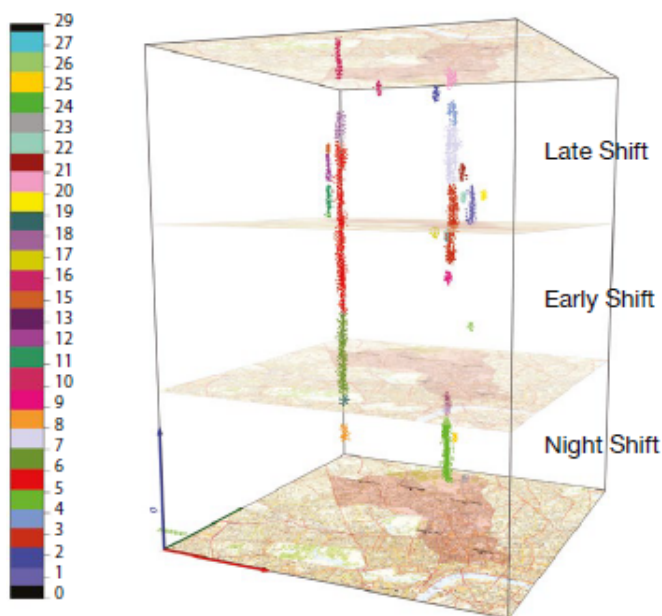


圖 14 倫敦員警巡邏行為特徵偏好圖

註：時空活動偏好區域可代表巡邏行為中員警在路線選定上的行為特徵，在研究期間，通過「時空集群演算法 (Density-Based Spatial Clustering of Applications, DBSCAN) 方法」為步巡人員檢測到 28 個 ST-ROI，並用不同顏色表示差異。

(四) 透過對於 Camden 市員警行為在空間上分布的覆蓋範圍案例研究顯示，個體模擬建模方法可運用客觀和透明方式探索極其複雜的系統，並趨近現實世界運作；透過該方法可探索與警察實務工作潛在變化相關的政策問題，並於真實治安工作中決策支援的應用上具相當之可用性(如圖 15、16)。

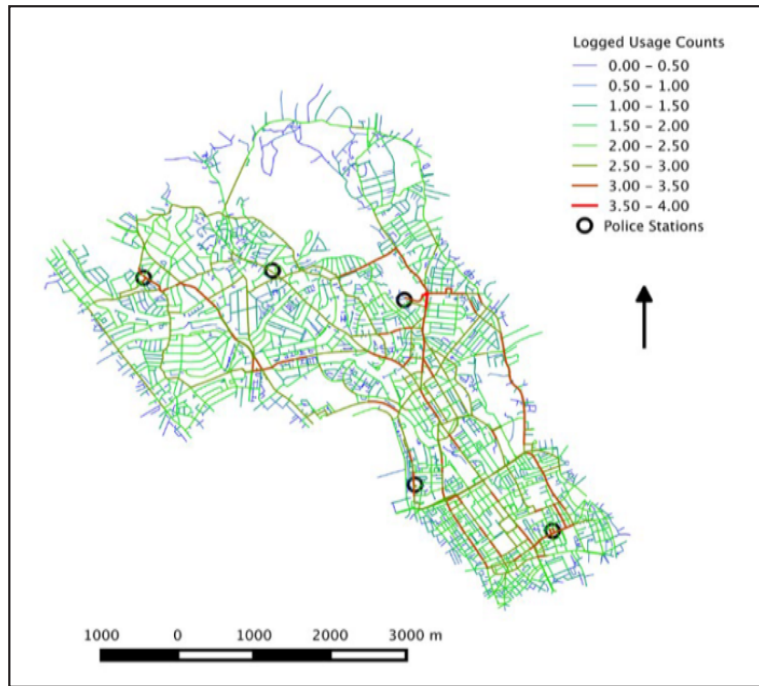


圖 15 Camden 市員警實際活動的分布圖

註：資料來源為員警執勤 GPS 軌跡。(記錄使用次數)

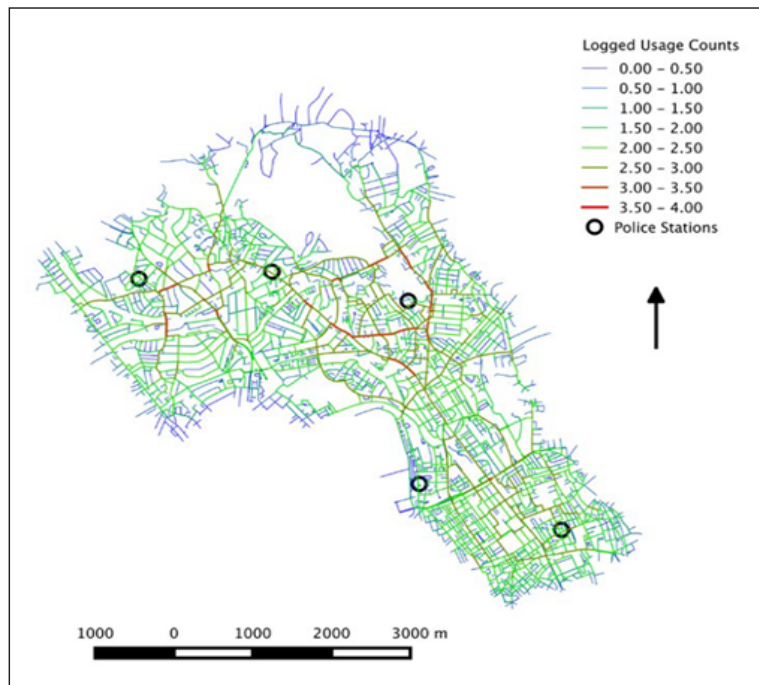


圖 16 員警執勤行為的空間分佈模擬圖

- (五) 由該研究發現可知，透過模擬方法並採用概率演算的架構，對於在提升步巡策略效能設計，與對於目標區犯罪干預操作能量的潛力上具有顯著改進；其引入的績效衡量標準可對於巡邏績效進行客觀和定量的評估，進而使巡邏勤務的設計在循證導向的基礎上更加完善與精緻化，並具有導入勤務運作之實用性。目前該研究團隊亦考量未來如何在實際的情況下，將此模式與車巡整合加以規劃運用，以開發更具效能的智能巡邏模式。

三、公眾對警務工作的信心與信任

相關研究證據顯示，警方給予公眾的執法信心程度對於治安好壞與警務工作的推動上具有巨大的影響。當民眾對警方的信任和信心程度越高時，會影響其較為尊重、服從警察執法或與警方合作並提供情報給警方的程度，也是授權警察執法合法性的關鍵問題，故如何增強公眾對於警察執法信心亦為當代警方相當重要的努力目標。鑒於多數相關議題研究對於警務工作衡量概念定義與衡量尺度不清、或缺乏理論基礎與實證性架構等因素，導致研究結果與實際警務運作或警民關係情形常有出入，該研究對於如何調查、提高公眾對警務工作信任的理論與實證性整合架構加以分析，並制定具有效度的測量與檢驗方式(工具)，以研擬有效提高公眾對警務工作信任與信心的政策。

在公眾對警務工作的信心與信任議題中，該研究團隊進行如下之研究：

- (一) 首先提出信任模型(如圖 17)，假設公眾原先對於警務工作不具備深刻的信任感，並在成長歷程上受到諸如文化、教育背景、誤解經驗等對警察行為缺乏認識之影響，將自然導致其對於警察缺乏信任感。
- (二) 引用由綜合複雜性想法所並影響個人決策的「心智模型方法(Mental models approach)」，以對於包括民眾感知、概念等詞彙系統化的測量，透過問卷與訪談法於倫敦進行大型調查研究，理解民眾對於警務工作存在的錯誤觀念與知識差距。
- (三) 該研究認為鄰里環境是影響警務觀念與執行的核心要素，相關調查亦應理解更詳細的訊息情報及其在空間和時間上的差異情形，故透過結合來自鄰近地區有效樣本量的小面積估計技術，針對鄰里層次公眾對警方信心的時空趨勢資料加以分析、估計、預測與模擬，以理解鄰里層次中公眾對於警務工作信心的時空分佈與變異趨勢，作為策訂改善民眾對警察信心因地制宜策略的重要步驟。
- (四) 為區分與定義不同族群民眾對於治安上的需求，該研究於另於倫敦進行

區域分類分析 (London Output Area Classification, LOAC)，運用人口統計學中分層 (類) 調查方式進行探索，對經社程度背景雷同的群體進行識別與分類，再進行以月份為基礎的橫斷性研究，以蒐集引起公眾對治安需求，優先事項和經驗的看法，進而有效評估測量因素的組合如何影響公眾態度；最後根據特定社區的需求，在不同空間上因地制宜的調整、提高公眾信心的措施。

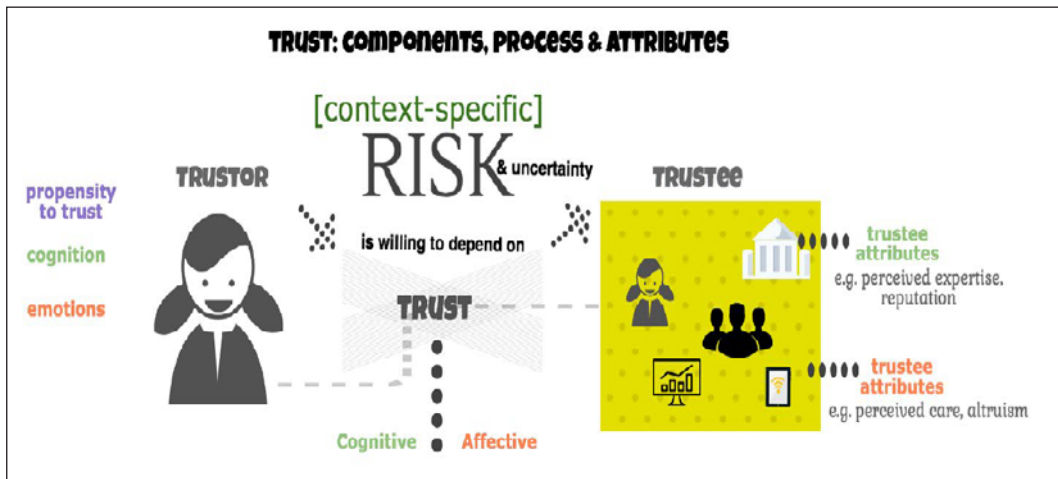


圖 17 信任模型圖

註：propensity to trust 傾向於信任、cognition 認知、emotions 情緒、trustor 委託人、context-specific 特殊脈絡、cognitive 認知、affective 情感、trustee 受託人、attribute 特質、perceived 感知、expertise 專門知識、reputation 聲譽、altruism 利他主義

上述各研究發現摘述如下：

- (一) 研究者首先對居住於倫敦所抽樣選取的相關領域專家和公眾，在警務工作的信任和信心等議題進行了 25 次訪談。分析結果顯示：所有受訪專家對於上述議題幾乎沒有共同的理解，並彼此間心智模式差異極大；此外，研究結果也顯示調查中用來衡量信任感的因子 (例如認知合法性，利他主義)，並不一定存在受訪專家的心智模型中；另受訪公眾心理模型中對於警務工作的認知仍存在顯著的代溝與誤解，並對參與活動和舉措的認知上亦相當有限。儘管公眾信任及其對警方的理解與其對於治安活動參與的衡量與評估上仍有許多待克服問題，然相關結果仍可提供警方更具體的建議，據以研擬一系列降低民眾對警務工作誤解與改善民眾信任感的指導方針。
- (二) 透過小面積估計技術與時空模型之運用可對於公眾信心進行估計和預測，相關分析結果可明確辨識公眾對於警務工作信任的熱點、冷點及其

時間變異情形(如圖 18、19)，以納入政策規劃的討論中；亦可促使官員更主動積極地從事各項因地制宜與對症下藥作為，以滿足當地社區關切及需求，進而改善公眾對警務工作的信心。

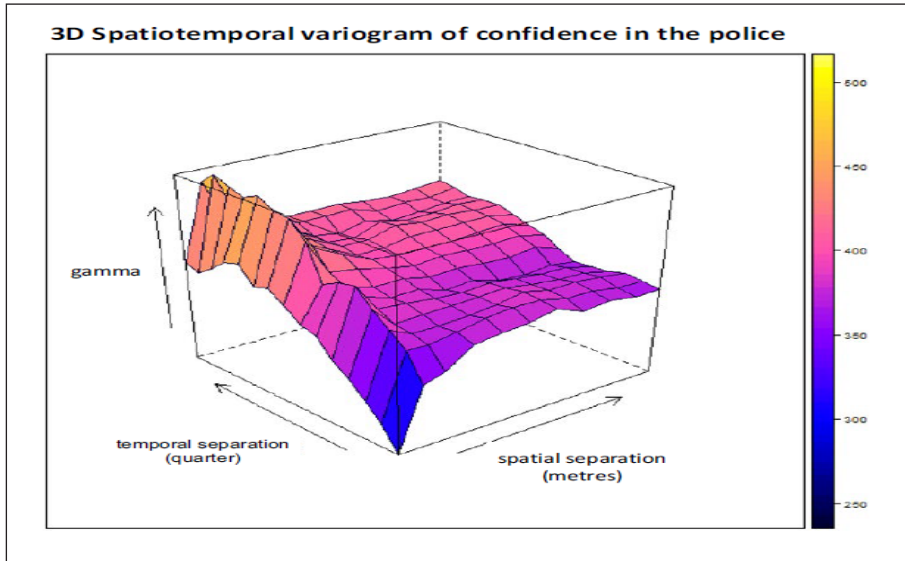


圖 18 描述公眾對警察信心時空結構的3D 時空變異函數圖

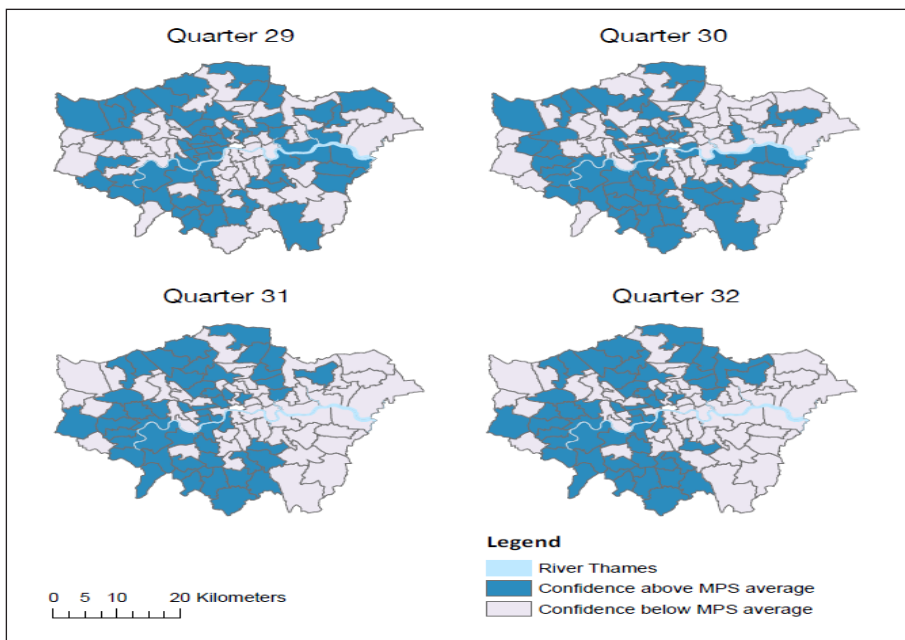


圖 19 公眾對警務工作信心估計水平圖

註：深藍色區域表示信心水平高於倫敦的平均水平。

(三) 倫敦區域分類中 (LOAC) 特定組織對警察的看法與態度存在相當大的差異。在圖 20 與圖 21 中，該研究顯示了針對「城市精英」與「多民族郊區」2 個不同地理人口群體對於 5 個關鍵問題的回應結果。透過分類調查結果資料在時空上的變化，可清楚描述與解釋各區域對於相關議題之看法；另由於每種分類大致上都對應於一種社會人口群體的不同生活風格，對於警方而言，相關研究資料不但可對於不同族群間特性進行更深入了解，提供警察關注以提高公眾信心的精確度外，更可據以針對特定群體的需求量身訂制或研擬因地制宜的改善措施，進而有效改善其對警方的信心。

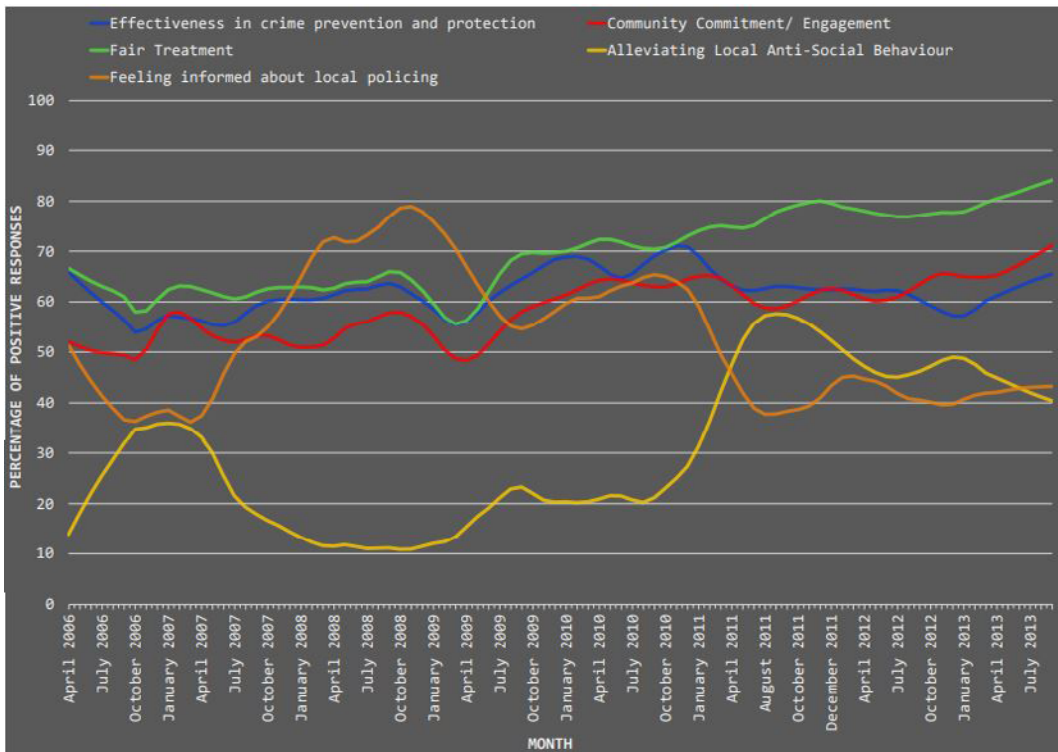


圖 20 LOAC 中「城市精英組」對於警察態度調查結果與趨勢圖

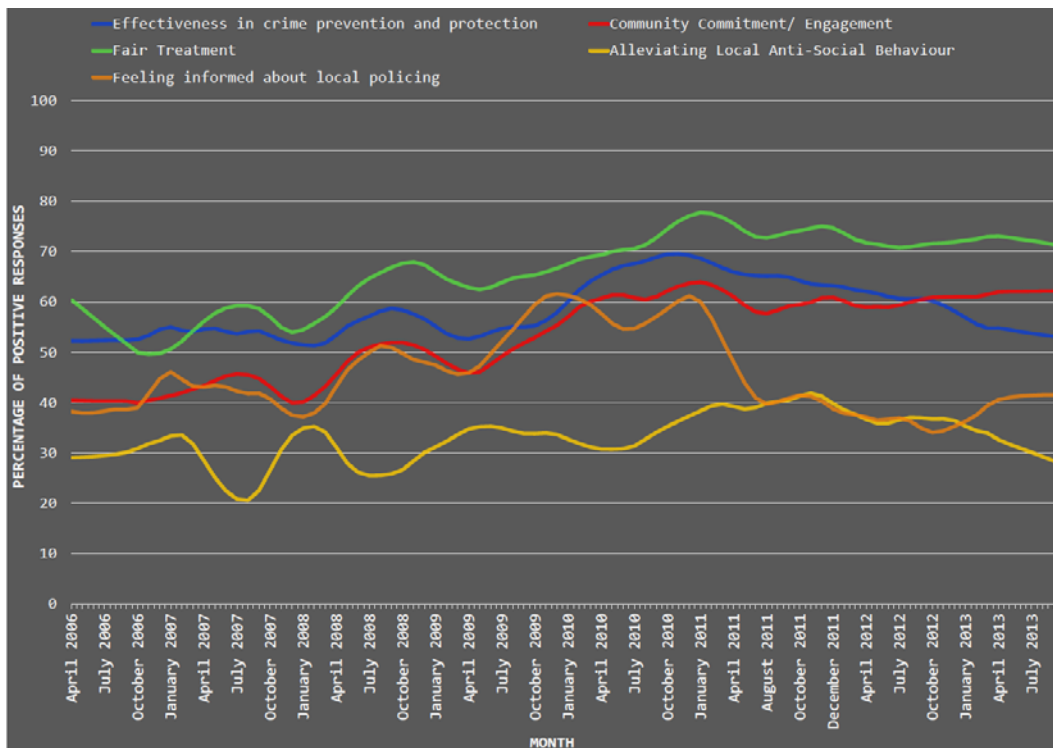


圖 21 LOAC 中「多民族郊區組」對於警察態度調查結果與趨勢圖

四、分析工具研發

CPC 計畫項目的核心聚焦於實務工作的應用，期將學術研究轉化為現實世界可應用的工具。透過上述各相關研究歷程，該計畫另以警察作為終端用戶，依據警察實務工作中警務資源部署、調派與規劃、任務執行效能，與包括預測性警務和績效評估功能等執法工作上的需求，另開發「預測性製圖 (Predictive mapping)」、「地圖匹配 (Map-matching)」、「供給與需求 (Supply and demand)」、「巡邏路線規劃 (Online cooperative patrol routing)」、「行為與活動分析 (Behavior and activity analysis)」等一系列演算法與研究工具，提供基層警務單位運用，以提供統一的系統作為支持數據驅動警務，並協助警方將有限資源置於最正確的地點與時間上，進而提升警務運作效能 (Chen, Cheng, & Wise, 2017)。

(一) 預測性製圖

透過以「路網為基礎的預測演算法 (network-based predictive algorithm)」運用於預測街道網絡犯罪上，該工具將警方記錄的犯罪數據視為「輸入

(input)」，並應用學習演算法 (learning algorithm) 確定犯罪預測的最佳參數，並可透過相關分析資料生成犯罪主題地圖以顯示未來高風險街道，運用於現實世界中作為預先辨識未來犯罪熱點的預測工具，提供給員警執勤參考或用於工作簡報 (如圖 22)。

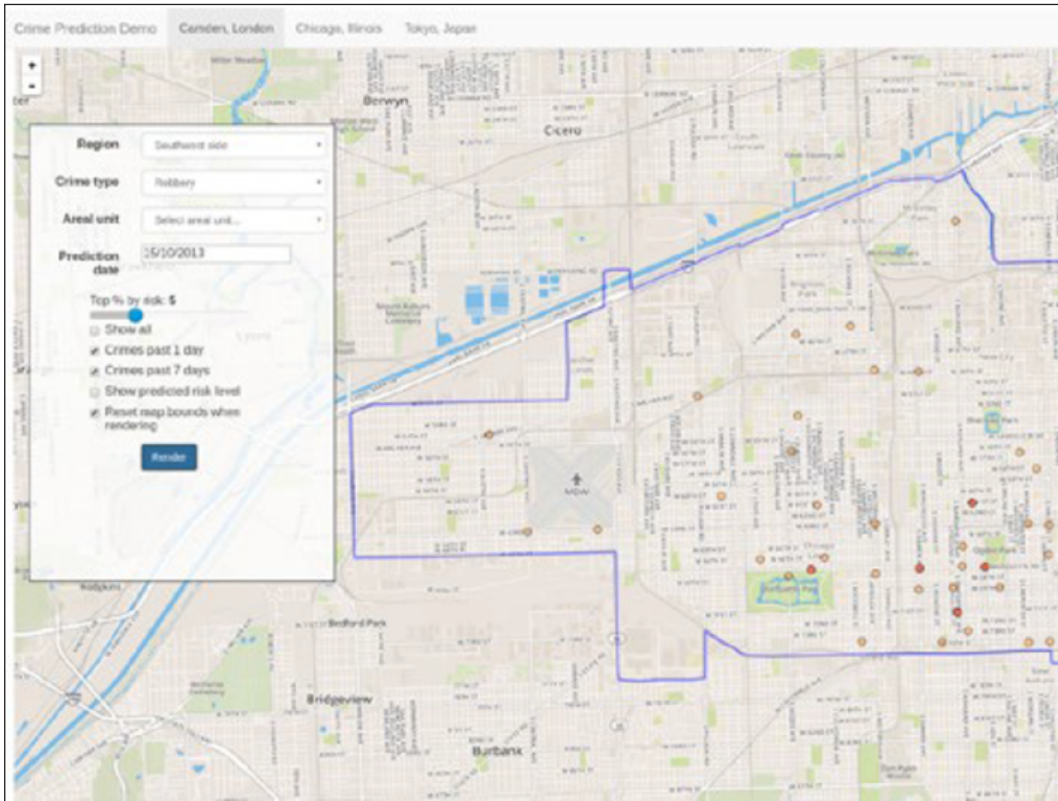


圖 22 預測性製圖工具介面示例圖

(二) 供給與需求

在空間分析意義上，員警活動的軌跡路線可視為衡量警務「供給 (Supply)」的分佈方式；透過將犯罪或事故點視為警務「需求 (Demand)」，並比較供給與需求間的時空分布關係，即可探索員警巡邏與犯罪 (或事故) 間供需關係程度以及是否達到平衡。該研究運用地理空間技術研發可對於上述路線進行可視化和量化工具，透過讀取警方收集的員警出勤軌跡數據，並且顯示該區域和街道的巡邏狀況與該地發生的犯罪或事故數量是否恰當或不成比例；相關分析結果可作為指揮官員確認某些區域是否被低估或過度監控的參考，並作為巡邏或警務資源區域規劃決策支持工具 (如圖 23 所示)。

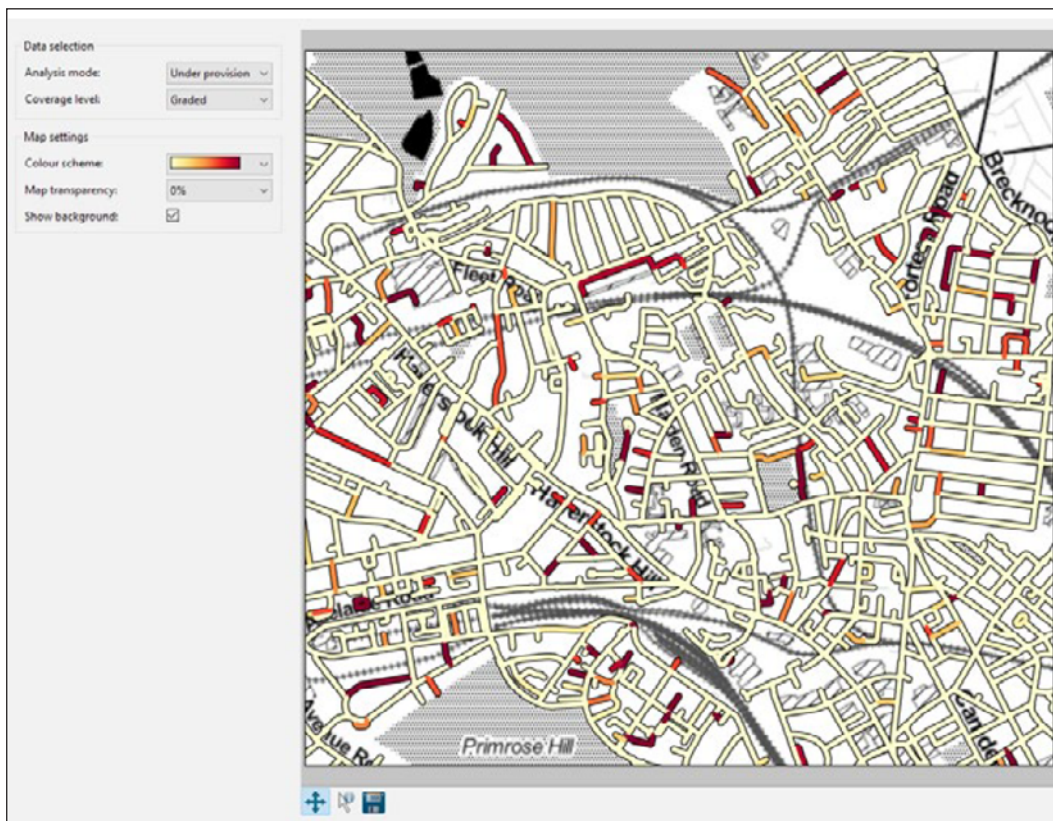


圖 23 供給與需求工具介面示例圖

(三) 巡邏路線規劃

為克服警務巡邏路線規劃工作中，從數據驅動 (data-driven) 的洞察到實務工作操作過程諸多關鍵問題，該研究藉由在員警巡邏路徑規劃策略研究中，開發動態巡邏路線策略作為工具，並於現實世界警務環境中加以運用。該工具提出了對特定熱點進行巡邏的演算法則及有效策略，可對於犯罪熱點加以識別，並以轄區街道路網配置與特定人員編號為基礎，整合現有調度部署系統在循證 (evidence-based) 的基礎下彈性規劃 (或分派) 員警巡邏路線，大幅提升員警巡邏勤務之效能 (如圖 24)。

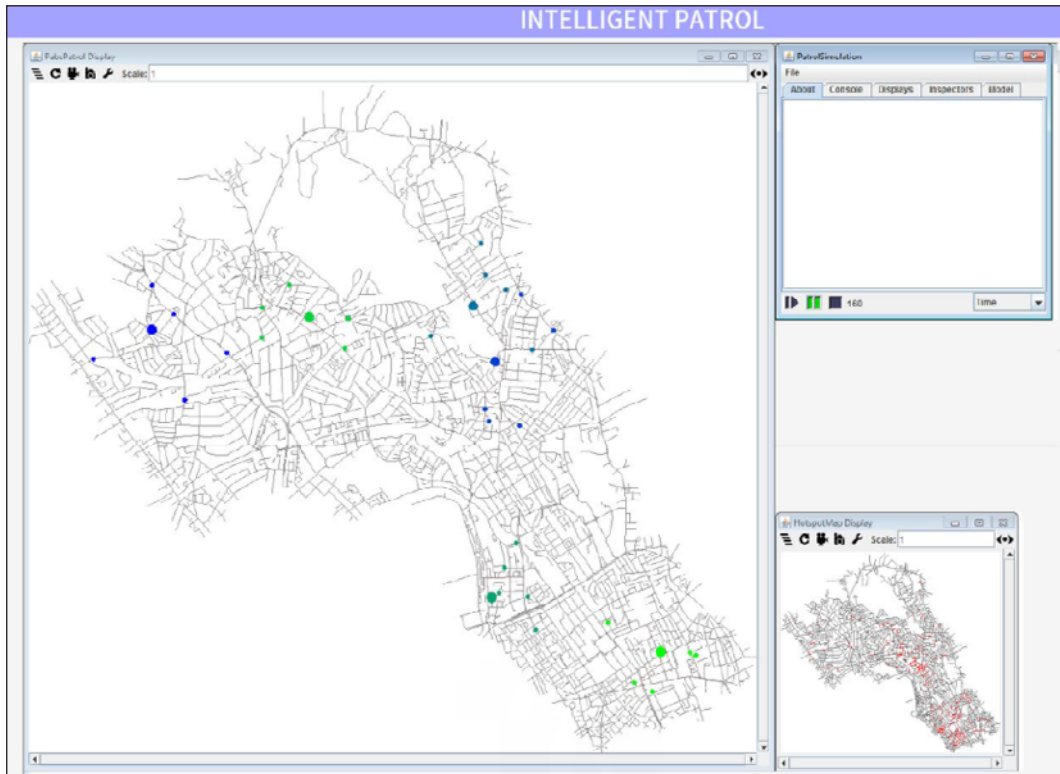


圖 24 巡邏路線規劃工具介面示例圖

(四) 行為與活動分析

該研究開發以員警各別的 GPS 軌跡活動資料作為分析基礎之工具，透過對於大量的時間空間 GPS 軌跡數據資料加以視覺化呈現，以識別高巡邏強度的地點和時間；另將活動模式類似人員加以分群等功能，則可對員警績效評估與行為的辨識上產生改良性效果，作為警察實務工作中績效評估或勤務規劃的參考資料（如圖 25）。

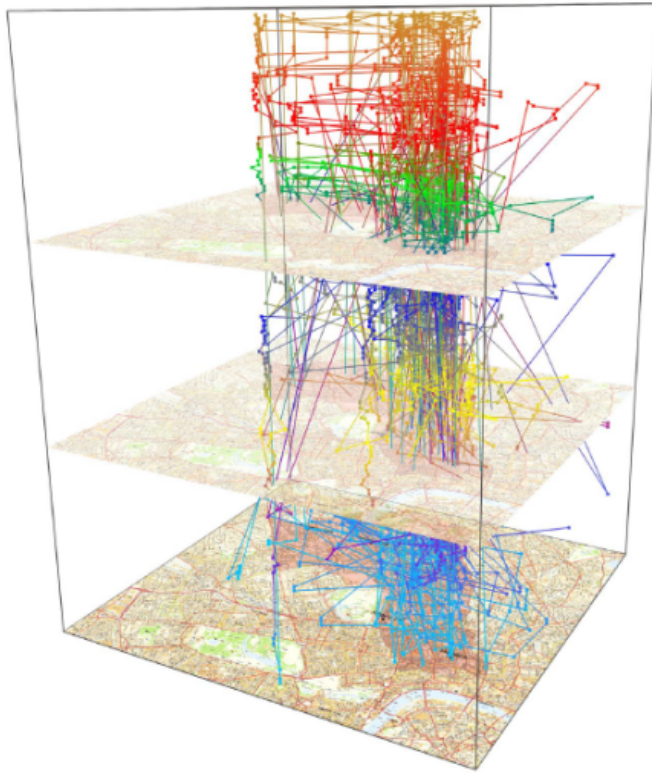


圖 25 行為與活動分析工具出圖示例圖

五、分析與討論

不同於傳統犯罪熱區研究大多基於區域(行政區)為準實驗設計或資料分析單位之研究設計，CPC 一系列研究案透過更多元化的 GIS、大數據統計、電腦模擬等技術運用，將犯罪、員警執勤之 GPS 路徑、公眾對警方信心等資料納入分析，並以「路網街道」為分析單位，使各項研究議題不論於分析(如犯罪資料或員警活動模式分析)、預測(如高犯罪發生時間地點預測)、評估(如員警執勤路線規劃與犯罪防制效能評估)或運用(如警務資源佈署、巡邏路線規劃)上之研究成果更為多元，亦較能符合真實的世界與實務工作運用之需求。故該研究不論於背景知識、研究方法、電腦科技等面向之科際整合，以及執法實務工作之可運用性等面向上，均較當代其他各犯罪熱區研究或準實驗設計更具廣泛性、前瞻性與科學性等優勢。

相較於費城步巡實驗研究運用較簡易的空間分析方法(犯罪空間分布與熱區探索)，以及當代警方較淺顯易懂的研究概念與設計(如步巡、聚焦易犯罪者、加強盤查可疑人車、問題導向等)；CPC 系列研究案從各學門科際

整合的大型研究團隊、耗時與耗費龐大以及高技術門檻的資料蒐集、建檔、分析、研發等歷程與軟硬體設備，並非一般警務執法機構可承擔全面性執行上所需耗費之各項成本，而須由經費充裕以及擁有訓練有素犯罪分析部門之執法機構，方能將轄區治安需求、研究設計與實務應用等面向妥適串聯與執行，而將犯罪防制效益發揮到極致。雖 CPC 系列研究具有高專業與技術門檻，然由於該系列研究所具有廣泛之研究方向、方法與技術等仍相當值得我國犯罪防制工作上之參考運用，執法機關可根據治安需求與自身資源，擷取該系列研究之某單一部分議題或技術(如資料庫建置、犯罪預測、執法效能評估、巡邏路線規劃等)，透過與其他更具資源之政府機關簽訂合作協議，共同使用 GIS 軟硬體資源設備與圖資，或敦請轄內大學相關科系協助與交流等方式，在最節省人力與經費下，進行相關研究(發)。

伍、結論

一、以該兩研究案為典範主因分析

綜整上述各節之論述，可知費城步巡實驗研究從精進「犯罪分析師」對於包括犯罪問題本質理解、犯罪分析工具運用、犯罪製圖操作、科學化分析歷程、犯罪熱點評估等本質學能，與提升警方犯罪分析能量出發；再透過以情報主導警務內涵為執勤方向，針對轄區特性擬訂嚴謹且具有目標性、重點性(如加強盤查青少年聚集處所、或攔檢車輛等)的步巡措施，以有效抗制轄內犯罪問題。而 CPC 從「智能化警務」出發，大量運用科技與大數據資料，透過數門學科間科技整合方式，探究轄區犯罪、警務與公民意識在時間空間上的模式與互動，協助警方在各項勤務作為中，以更加科學性與有效率地將有限資源置於最正確的時間與地點，並對於員警分派與績效進行評估，以及進一步改善公眾對於警務工作之信賴與警民關係，以有效降低犯罪率與民眾被害恐懼感。雖該兩研究雖於研究方向、分析單位、適用層次上有所差異，然均具有「研究方法科際整合」、「研究設計與分析單位定義精確」、「擬定明確且因地制宜之警務策略」、「對於策略成效進行評估與反饋」、與「研發直觀簡易操作軟體」等豐碩的研究成果。

觀諸我國犯罪學或警務領域中對於提升執法效能之準實驗設計，仍多將 1974 年美國「堪薩斯市預防巡邏實驗研究」⁴奉為圭臬，並以提升見警率

⁴ 該實驗將堪薩斯市警察巡邏區分為三大塊，第一區塊維持原來警力巡邏；第二區塊撤除

為主要論點；然而由本文相關論述可理解，犯罪發生非隨機分布且通常會集中在少數地點即「犯罪熱點」，故警方規劃巡邏或提高見警率之各項勤務時應聚焦於確切之犯罪熱點、熱時與易犯罪者等面向，進行因地制宜之佈署，若一味採取廣泛、普遍警力巡邏配置，反而容易造成警力浪費與勤務虛耗。另鑒於現行許多犯罪或警務研究結果常無法被轉化成警力佈署的實際行動，或者過於艱澀而使服勤員警難以理解與應用。該兩研究團隊從支援提升警務執法效能的角度出發，強調在大數據時代中，如何將數據有效轉換成具體的行動與實踐，進而充分支援實務工作；對於政策的回應亦必須因地制宜並考量警務工作的實際運作環境，確保相關數據來源與警務工作的實際運作相符。由於該兩研究從數據的取得、分析、產出等歷程中相關創新與成果，均可視為圍繞在規劃警務活動思維下的副產品；另該兩研究強調透過數據驅動(data-driven)所開發的工具必須易於使用，相關研究工具的設計亦應明確考量於實務工作中之可應用性，並可將相關數據直觀化的呈現與轉化為實際的警察勤務規劃參考，以確保研究成果能被實際運用而非束之高閣，故於大數據資料庫與相關應用軟體之建置上，亦值得我國警務工作參考運用。基此，研究者在各國眾多研究中選定該兩案作為運用犯罪空間大數據分析於提升警務執法效能典範與他山之石主要理由，係為該兩研究案不僅符合嚴謹的學術研究方法、歷程，亦能強調與重視研究成果於真實世界警務工作中的可運用性。

二、空間大數據於犯罪分析之運用優勢與展望

由上述各節論述中可知犯罪相關議題的探究實難忽略空間因素影響，自 1990 年代 GIS 科技與空間分析方法於英美各國被引入刑事司法領域後，其於輔助警務工作上高度可運用性日益受到重視與應用，並逐漸成為警察治安管理與研究中犯罪分析、犯罪偵防、勤務派遣、決策支援等工作之重要工具，或已被視為一般勤業務之標準作業流程(Boba, 2005；Ron & Kurt, 2008)。事實上，構築於正確犯罪分析與因地制宜基礎上之犯罪預防策略方能有效展現效能，近年來伴隨著空間資訊大量積累，犯罪空間分析與製圖軟體快速發展，若能從推動犯罪分析師制度出發，進而廣泛運用試算表、電腦資料庫管理軟體、統計及 GIS 等軟體工具，針對轄區犯罪資料與易犯罪環境進行分析，產出更具科學性與可運用性之犯罪分析資料，提供治安決策者正

所有警力巡邏，僅民眾報案時警力才進入該區；第三區塊則增加二至三倍警力。結果顯示不論提昇或減少「見警率」，都不影響犯罪率、破案率或民眾被害恐懼感(孟維德，2009)。

確了解轄區環境、犯罪狀況等相關資訊，以輔助決策者擬定最佳之犯罪預防資源規劃與決策，並運用空間大數據以實現智能化警務治理目標，則可使警務工作徹底擺脫以往過於重視經驗值、階層意志以及被動性的處理犯罪問題的傳統警務模式，而邁向更科學性、智慧性、預防或主動性處理犯罪問題的進展。

在治安經費預算日益拮据與民眾對於改善治安的殷殷期盼下，如何在有限的資源中精進警務工作的效能，可謂是當代警務工作另一重要挑戰。如同該兩研究案之啟示，根植於確切之犯罪分析、高效率之勤務分派、因地制宜之執法方式、公眾的信任與支持等要素，再佐以警務工作者與領導者之經驗值方能更完善與有效的提升警方之執法效能。研究者認為，未來伴隨警方在犯罪與執法工作上各項大數據完善的紀錄，與 GIS 製圖軟體、空間分析方法更加發達之情形下，透過應用程式介面 (Application programming interface, API)、編程 (Programming)、人工智慧 (Artificial intelligence, AI) 等不同學門間的科際整合，將可促使犯罪空間大數據分析更加深化和昇華，從而以協助擬訂更明確之犯罪防治策略；透過對於高犯罪風險環境、場所進行早期預警與干預措施，或預先規劃、部署具體性的犯罪預防資源，以更有效率的從事犯罪偵查、打擊與預防等執法與為民服務工作。另由於華人社會的社會文化背景、犯罪模式與西方歐美有所差異，且我國警方亦未設置具有深度分析轄區犯罪相關資料之「犯罪分析師制度(職務)」，期藉由本文論述與對相關研究之介紹，引發拋磚引玉之效應，促使更多實務界與學者先進投入犯罪空間大數據分析相關領域之討論與研究，據而研擬更因地制宜、具體且令執勤人員有感之執法策略。

陸、參考文獻

- Boba, R (2005). *Crime analysis and crime mapping*. Sage Publications.
- Bowers, K.J., & Johnson, S.D. (2005). Domestic burglary repeats and space-time clusters: the dimensions of risk. *European Journal of Criminology*, 2(1): 67-92.
- Chainey, S. P. & Ratcliffe, J. H. (2005). *GIS and Crime Mapping*. London: Wiley.
- Cheng T, Bowers K, Longley P, Shawe-Taylor J, Davies T, Rosser G, Wise S, Gale C, Adepeju M, Shen J, Chen H, Williams D, Kempínska K & Skarlatidou A. (2016). *CPC: Crime, Policing and Citizenship – Intelligent policing and big data*. UCL Space- Time Lab: London.

- Chen, H., Cheng, T. & Wise, S. (2017). Developing an Online Cooperative Police Patrol Routing Strategy. *Computers, Environment and Urban Systems*, 62, 19-29.
- Cohen, J., & Gorr, W. (2005). *Development of Crime Forecasting and Mapping System for Use by Police*. U.S: Department of Justice Office of Justice Programs.
- Holmes, R. M., & Holmes, S. T. (2002). *Profiling Violent Crimes: Investigative Tool (3rd Ed)*. Thousand Oaks Park, CA: Sage.
- Leipnik, M. R., & Albert, D.P. (2003). *GIS In Law Enforcement - Implementation Issues And Case Studies*. London and New York: Taylor and Francis
- Malm, A. (2011). Networks of Collaborating Criminals: Assessing the Structural Vulnerability of Drug Markets. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 271-297.
- Paulson, D. J., & Robinson, M. B. (2004). *Spatial aspects of crime: Theory and Practice*. MA: Pearson A and B.
- Poulsen, E. (2003). Designing a database for law enforcement agencies. In: Mark R. Leipnik & Donald P. Albert(eds), *Gis In Law Enforcement - Implementation Issues And Case Studies*, Chapter 1, London and New York: Taylor and Francis, 69-84.
- Ratcliffe, J. H. (2005). Detecting spatial movement of intra-region crime patterns over time. *Journal of Quantitative Criminology*, 21(1), 103-123.
- Ratcliffe, J. H. (2009). Near Repeat Calculator Program manual for Version 1.3. Retrieved from <https://liberalarts.temple.edu/sites/liberalarts/files/NearRepeatsManual.pdf>.
- Ratcliffe, J. H., Taniguchi, T., & Taylor, R. B. (2009). The crime reduction effects of public CCTV cameras: A multi-method spatial approach, *Justice Quarterly*, 26(4):746-770.
- Ratcliffe, J. H., Taniguchi, T., Groff, E.R., & Wood, J. (2011). The Philadelphia Foot Patrol Experiment: A randomized controlled trial of police patrol effectiveness in violent crime hotspots. *Criminology*, 49(3), 795-831.
- Ratcliffe, J.H., Groff, E.R., Haberman, C., & Sorg, E.T. (2012). Smart Policing Initiative Final Report. Philadelphia: Center for Security and Crime Science, Temple University.
- Ron, W., & Kurt, S. (2008). What is Applied Geography for the Study of Crime and Public Safety. *Quarterly Bulletin of Applied Geography for the Study of*

Crime and Public Safety, 1(1), 1-3

Telep, C. W., & Weisburd, D.L. (2012). What is Known About the Effectiveness of Police Practices in Reducing Crime and Disorder? *Police Quarterly* 15(4), 331-357.

孟維德(2009)。從美國堪薩斯市預防巡邏實驗評析見警率與巡邏的效能。
警學叢刊，**39**(4)，1-22。

許華孚、吳吉裕(2015)。大數據發展趨勢以及在犯罪防治領域之應用。**刑事政策與犯罪研究論文集**，**18**，341-375。

劉擇昌(2007)。犯罪地理學發展與地理資訊系統於犯罪防治工作應用之探究。**警學叢刊**，**37**(6)，31-53。

劉擇昌、鄧煌發、張智雄、游柏輝(2013)。地理資訊系統與空間集群分析於犯罪熱區分析之應用。**警學叢刊**，**43**(5)，51-75。

劉擇昌、張平吾(2014)。**地理資訊系統與執法**。台北：三民書局。

劉擇昌、鄧志松(2018)。智慧型犯罪資料管理與空間分析軟體之研發及其應用。**警學叢刊**，**49**(2)，47-70。

