

運用遺傳規劃模式建構警方執法強度預測交通事故 次數之研究

葉名山¹、鍾文獻²、黃千鳳³、林佳慧³、劉欣憲⁴

摘要

近年來，因人口增長、工商發達、社會變遷等因素，造成都市交通擁擠以及道路交通事故逐年成長。因此對於交通安全防制而言需要進行有效管理以及預防其事故發生之策略；目前交通安全防治策略多以 3E 的手段進行，其中又以執法手段屬於直接且具有警惕效果之策略。然而目前我國並未有針對重大執法進行成效分析並加以討論；以往國外研究均於短期間內投入大量警力進行加強取締，研究其短期成效。而本研究採一般正常巡邏警力與執法的狀況下，建立執法強度以預測交通事故之模式。本研究採用基因遺傳規劃法之分析模式，就資料隨機抽取 70% 進行訓練，30% 資料進行驗證。資料來源採台中縣警察局交通執法與事故之資料，其包含台中縣警察局之八個分局資料(含 96 年 7 月成立之太平分局)，分析時程由民國 94 年 1 月至民國 97 年 12 月，共計有 48 個月之資料，全部資料則共計有 354 筆分局資料；資料變數有社經變數、分局基本變數及不同事故類型變數，含：A1、A2、A3 及總件數之事故件數等四大類。研究成果中，事故總件數其訓練結果 R^2 為 0.955 至 0.888，平均誤差百分比絕對值(MAPE)最佳為 18.18%，而驗證結果中 R^2 為 0.947 至 0.857，而 MAPE 值最佳為 19.59%；A1 事故件數其訓練結果 R^2 為 0.373 至 0.22，而驗證結果中 R^2 為 0.327 至 0.147；A2 事故件數其訓練結果 R^2 為 0.935 至 0.864，而驗證結果中 R^2 為 0.927 至 0.0044；A3 事故件數其訓練結果 R^2 為 0.923 至 0.818，而 MAPE 值最佳為 32.25%，驗證結果中 R^2 為 0.86 至 0.0083，而 MAPE 值最佳為 28.78%。

關鍵詞：執法強度、交通事故、遺傳規劃法

一、緒論

近年，因人口增長、社會變遷、汽機車使用量增加等因素，使道路交通量與道路交通事故及死亡人數日逐年成長，因此交通執法為交通秩序、交通安全及改善之方法。目前以 3E 策略為防制道路交通事故之原則，其中又以交通執法(Traffic Enforcement)為最直接且具警惕之手段。通常研究顯示投入大量人力、物力加強巡邏取締後，交通事故的發生之成效；但在一般巡邏取締狀況下，肇事發生件數卻較少指出對行車安全之影響，因此警方面對不同之道路形態、發生事故原因，因應研擬許多方案來提升交通警察執法之效能，而投入警察人力之成效，本研究將進行相關討論。

本文旨在探討運用基因遺傳規劃法(Genetic Programming)之模擬分析，建立研

¹ 逢甲大學運輸科技與管理學系專任副教授，聯絡電話：04-24517250 轉 4690，聯絡地址：臺中市西屯區 40724 文華路 100 號，電子郵件：msyeh@fcu.edu.tw

² 台中縣警察局豐原分局潭北派出所所長

³ 逢甲大學運輸科技與管理學系大學專題研究生

⁴ 逢甲大學土木及水利工程研究所博士班研究生

一種合理預測交通事故之模式，提供警方執法對交通事故次數強度之相關性。最後，經由警方執法與交通事故次數之相關性，研提警力執法之策略以期有效運用警力，以達降低事故發生率。

分析資料則是採用民國 94 年 1 月至民國 97 年 12 月和台中縣分區管轄之八個分局橫縱斷面資料，以全台中縣 21 個鄉鎮為主，發生於台中縣之事故資料及相關員警執法交通違規開單數、出勤、專案計畫(交通大執法、取締酒後駕車、防制危險駕駛等)措施，資料共計有 48 個月可進行分析討論。本研究採用遺傳規劃法以建構模式，研擬預防事故發生之對策，藉此提升交通安全。

本文結構說明如下，第一章說明研究動機與目的以及確定研究對象及資料確立，並於第二章中彙整國內外之警方執法策略回顧；再於第三章介紹本研究所使用之遺傳規劃法，此方法具有學習能力，不同於以往傳統線性模式，能處理非線性問題；第四章將說明所蒐集的變數資料內容；第五章則藉由遺傳規劃法之模式訓練與驗證進行準確度分析，並尋找出四種模式之最佳預測函數式。最終，提出本研究結論與建議，將分析結果彙整摘要與提出本研究之建議。

二、警方執法策略回顧

以往的研究皆以警方在短時間、投入大量警力下做出短期成效且集中警力作為提升取締成效之相關研究，而非以一般警力巡邏與執法之狀況下，建立執法強度以預測交通事故之模式。而目前現有的警察人力如何派置，以曾平毅與林豐裕【8】高速公路巡邏警察人力配置之課題分析研究中顯示，因目前國內並無較周延且合理之高速公路巡邏警察人力之配置分析方法及參考標準。主要考量我國高速公路警察之勤務特性與現況，比較美國巡邏警察人力配置模式，檢討分析目前我國高速公路巡邏警察人力配置之各項課題。在逐年提升的交通事故研究方面，以王得志【1】在道路交通事故肇事潛因之調查研究指出，道路交通安全實為重要，為確實防治道路交通事故，須由改善問題策略來著手。首先找出正確肇事資料掌握真正的肇事因素，加以研究道路交通事故肇事潛在影響因素並探討現行警察機關有關肇事原因研判過程等問題，除藉由蒐集相關交通肇事影響因素、現行警察機關肇事原因分析流程、道路交通事故特性等議題文獻進行回顧評析外，並結合交通事故鑑定專家學者進行交通事故現場實證調查，另在有關警察機關肇事原因研判分析過程之探討中，發現現行肇事原因分析程序存有整體結構上之問題，提出相關改善建議，供參考運用。另外，Carol A. Holland 及 Mark T. Conner【11】認為超速是道路事故發生和嚴重性的主要可能因子之一，且超速是速度意向一項預測的重要因子。並採用在限速 40mph 的目標道路上設立了為期一個星期的「警方重點執法區」警告標誌，接下來的一個星期由警察密集的出現，在接下來的一個星期仍保留該警告標誌。研究證明高度先期警告意圖是可以降低速度意圖，因此速度變化可能的原因可能會因為警察介入而受到干擾。

對於行車安全方面，蔡宗益【9】高速公路交通執法強度與策略評估之研究，影響行車安全之重要因素，速差大容易引起任意變換車道安全距離不足等危險性行為。警察執法為改善交通，促進安全之重要手段，交通執法活動可預防駕駛人違規外，嚴格取締更可抑制違規行為。在有限警力之下，如何運用現有資源將這兩種效果充分發揮，提供出最大的力量，適度防制違規超速行為，促進高速公路

運轉效能。而林淑琴【5】於臺北市重大交通違規影響因素之分析認為，違規的駕駛行為危害道路交通安全、破壞交通秩序，若發生交通事故與人員傷亡，更造成家庭、社會問題及國家經濟之損失。並分別針對整體性資料及車種分別之資料建構二元羅吉斯迴歸(Binary Logistic Regression)模式，依模式結果顯示，整體而言，性別、年齡、持照年資、車種、車齡、交通尖離峰時段、週日別及季節對重大違規之發生皆有顯著之影響。對汽車駕駛人而言，年齡與重大違規之關係並不顯著，對機車駕駛人而言，性別及週日別與重大違規之關係並不顯著。國外學者 Truls Vaa【12】的研究於挪威的首都奧斯陸，選取 6 個測試路段以及 6 個比較路段現地實驗，選擇了郊區道路限速 80 公里/小時以及非郊區道路限速 60 公里/小時的地點，以定點測速為主，執法的時程為平均每天持續 9 小時，連續長達 6 周的期間。對於全天候的測試而言，平均速度會降低 0.9 至 4.8 公里/小時。研究顯示，最長會有 8 個星期影響平均速度以及超速駕駛者的百分比。而除了早上尖峰時間 6:00-9:00 以外，超速駕駛者的百分比在兩個速限區域均會下降，研究指出早上尖峰時間大多數的通勤者並不會減低速度。

此外針對肇事事故統計研究，以林志和【3】對於都市地區肇事嚴重程度，採用對症下藥的方式作為肇事發生因果的探討，研擬相關的對策來降低車禍的發生率，其研究是以個體觀點探究肇事之嚴重程度，並利用依序羅機模式來評估各駕駛人受到各等級程度傷害的機率。而許正文【7】探討台北縣警察局交通隊及各分局交通事故業務承辦人探討筆錄內容、要件及證據，以多變量分析之因子分析法選擇七個特徵值，系統顯示於刑事訴訟法、筆錄製作與筆錄內容完整性等三方面均有良好成效，可協助事故處理人員迅速、公正、客觀的完成事故當事人筆錄製作，做為後續調查工作或事故原因分析之參考。此外，林郁志【4】研究台南市之路口與路段之肇事，針對肇事地點路段及路口，選用一般線性模式中的卜瓦松迴歸模式及負二項迴歸模式，找出與肇事因果相關的因素，作為改善交通的參考，減少肇事的發生。結果指出卜瓦松及負二項分配兩模式於肇事因果分析上，卜瓦松分配較適合分析市區路口與路段之肇事。

而同以應用遺傳規畫法之研究方面，邱裕鈞與藍武王【6】於應用遺傳演算法建構適應性模糊邏輯控制系統-以跟車行為為例研究中，發展一套反覆演化之遺傳演算法，進行邏輯規則的選擇與隸屬函數的校估，以改善過去在建構模糊邏輯控制系統時，對語意變數或邏輯規則經常採主觀設定所可能產生之偏誤。所建構之基因模糊邏輯控制(genetic fuzzy logic controller; GFLC)模式之主要優點為利用反覆演化機制，使邏輯規則與隸屬函數之求解得以相互配合達到最佳狀態。最後，以 GM 跟車模型所產生之跟車行為資料為例，驗證 GFLC 模式之適用性與精確度，結果顯示，GFLC 模式確能精確地預測跟車行為。

本研究則是依據鍾文獻【10】在交通事故發生率與執法強度關聯性之研究中的研究方向作為參考，該研究所採用資料庫則與本研究資料庫一致，但其研究方法則是採用多元迴歸分析方法，屬線性分析預測方法，與本研究採用之基因遺傳規劃法之非線性之概念不同，其研究成果發現加強執法取締則具有正向作用有取締砂石車、闖紅燈、路障以及超速等事項；此外，取締酒醉駕車、違規勸導以及騎乘機車手持電話等三項為顯著變數但為負向效果，然上述結果可以本研究之正負向討論與比較。

三、遺傳規劃法

遺傳規劃法(Genetic Programming, GP), 別於以往舊式電腦研究思考方式, 使電腦在不受提供精確詳盡的程式指令下, 自行學習解決問題。是一種自動化、領域獨立之演算法, 可以在所定義問題領域中自動規劃產生最佳解。由世代演化作為核心, 運作概念是由每一世代個體相互競爭, 以較適合生存環境形成更為適合的適應值, 但為避免遺漏些有用資料, 落入局部最佳解限制中, 因此藉由突變(Mutation)作為處理, 產生有效用之資料。

GP 以自動化方式產生解答, 其演算之結構以樹狀結構(Genotype)表示, 由定義出來之函數節點及終端節點相互組合, 稱剖析數。其中加號(+)與乘號(x)為函數節點, 其餘皆為終端節點。函數節點可使用之運算元有算術運算元(+、-、 \times 、 \div ...)、布林運算元(AND、OR、NOT...)、比較運算元(>、<、=...)、邏輯運算元(If-Then-Else...)、迴圈操作元(Do-Until...)。

用遺傳程式規劃來解決特定問題, 有運作流程, 將茲以分述說明如下:

步驟 1: 定義終端節點集合和函數集合

終端節點集合須依問題特性定義, 所包含的元素可為變數或特定常數; 而函數節點集合也必須根據問題領域需要定義。定義出的終端節點和函數集合須使剖析數滿足完整性及封閉性之原則, 封閉性是指所有經過計算後的值域須落在終端節點集合內, 完整性則是函數集合及終端節點集合能夠解決問題, 且有效解決問題之最小集合。

步驟 2: 定義適應函數

適應函數是用來衡量每個個體在問題中的表現, 而每個個體皆有不同適應值衡量此問題的解決能力, 適應值越大越不容易被淘汰, 也有較多的機會在下一代繼續演化, 反之則越容易被淘汰。適合度測試是在評估解決問題的優劣程度, 並隨著問題特性、各種方式衡量, 如: 誤差、距離或時間等。

步驟 3: 設定演化之相關參數

遺傳規劃法須以事先定義的系統參數來控制運作, 如: 族群大小、演化代數、樹的高度上限、選擇方式、交配方式與交配率、突變方式與突變率、菁英保留率等。

步驟 4: 決定指定最佳解的方式及遺傳程式規劃運作之停止條件

由於遺傳程式規劃的目的在於尋求預測效果最佳者或較高的適配解, 決定遺傳規劃運作之停止條件, 通常以演化代數、運算時間、適應函數值的收斂程度作考量, 以決定何時停止。

步驟 5: 產生初始族群

在遺傳規劃法的演化初期, 是用隨機的方式來運作, 隨機的在函數集合中挑選, 以決定每個函數節點的元素。隨機的在終端節點集合中挑選, 以決定每個終端節點的元素。

步驟 6: 演算

此步驟包含了選擇、複製、交配及突變。「選擇」是以物競天擇, 適者生存的概念, 將經過世代繁衍後將較差的個體淘汰; 「複製」是最基本子代形成的方

式，直接將母代進行複製產生新的後代。「交配」的方式有兩種，一為將不同的母代進行交配或是兩個相同的個體進行交配，產生不同的個體，稱為「有性生殖」；再者，將相同父代進行交配，使一個親代個體只有一個子代產生，稱為「無性生殖」。「突變」的目的是為了防止掉入區域最佳解的情況或避免層次無限制的膨脹，最簡單的突變就是把剖析樹的一個節點與另一個節點互作交換，稱對偶基因突變。

步驟 7：適應度評估

所有世代產生的新個體須進行適應性評估，以確保每個個體在問題中優劣程度。因為子代經過複製、交配、突變後所產生的新個體，皆取得舊母代的基因，進行適應度評估作為該個體存活的機率。

步驟 8：判斷是否符合遺傳規劃停止條件

最終，符合最佳適應值的個體為最終解。反之，則回到步驟 6 再次進行世代演化。

四、資料變數說明

資料來源為台中縣警察局員警出勤、執法等交通與事故資料。台中縣位於台灣中西部，北鄰苗栗縣和新竹縣、東鄰宜蘭縣和花蓮縣、南鄰南投縣和彰化縣包圍著台中市，依山傍水。台中縣包含了 21 個鄉鎮市區，豐原分局轄有豐原市、潭子鄉、大雅鄉及神岡鄉等 4 個區域；大甲分局轄有大甲鎮、外埔鄉、后里鄉及大安鄉等 4 個區域；清水分局轄有清水鎮、沙鹿鎮及梧棲鎮等 3 個區域；烏日分局轄有烏日鄉、大肚鄉及龍井鄉等 3 個區域；霧峰分局則轄有大里市及霧峰鄉之 2 個行政區；太平分局；東勢分局轄有東勢鎮、新社鄉及石岡鄉等 3 個區域；和平分局轄有和平鄉之 1 個區域，台中縣警察局共計有八個分局，包含各個分局資料(含 96 年 7 月成立之太平分局)。分析時程由民國 94 年 1 月至民國 97 年 12 月，共計有 48 個月之橫縱斷面資料，全部資料則共計有 354 筆資料。縣內包含之土地面積有 2051.5 平方公里，戶籍登記數為 154.3 萬人，人口密度為 752.36 人/平方公里。

由全部資料分門別類歸納出 22 種資料變數，來預測警方執法強度是否為正向或是負向，以下僅就上述所提出的 22 個變數來做解釋：

表 1 資料輸入變數內容說明表

變數	變數名稱	資料類型	單位	變數解釋
X1	人口密度	連續數值	人/km ²	為各分局轄鄉鎮市內人口總數，除上轄鄉市之土地面積
X2	派出所數	連續數值	所	台中縣各分局轄區內派出所數量
X3	配置警力數	連續數值	人	台中縣警察局所提供各分局轄區內派置之警力數
X4	可用警用車數量	連續數值	輛	以巡邏車、事故處理車、巡邏機車之相互加總
X5	砂石車違規	連續數值	件	取締砂石車之違規事項，如超載、變更車箱、不服從警察或交通稽查人員指揮

變數	變數名稱	資料類型	單位	變數解釋
				過磅者
X6	酒後駕車	連續數值	件	即呼氣酒精含量違反規定 0.25mg/L 以上者得以舉發
X7	違規停車	連續數值	件	主要對於禁止臨時停車、不緊靠道路右側停車、紅線停車、並排停車、或有妨礙他人車通行處等違規事項
X8	闖紅燈	連續數值	件	闖紅燈開單告發之件數，含惡性交通違規、紅燈右轉、迴轉與自動照相
X9	超速	連續數值	件	嚴重超速或超速所開單告發之總件數，又分為現場攔查及逕行舉發兩部分
X10	無照駕駛	連續數值	件	即在轄區內現場攔截遇無照駕駛或無適當駕照之駕駛人進行開單之總件數
X11	未繫安全帶	連續數值	件	員警巡邏、進行路檢發現駕駛人或前座乘客未繫安全帶，現場攔停舉發
X12	未戴安全帽	連續數值	件	即各分局轄區內警方對於騎機車未戴安全帽所開單告發之件數
X13	駕駛汽車手持電話	連續數值	件	各分局針對汽車駕駛人於行車時間使用手持行動電話遭員警舉發開單
X14	騎乘機車手持電話	連續數值	件	各分局針對機車駕駛人於行車時間使用手持行動電話遭員警舉發開單
X15	道路路障	連續數值	件	分別針對路障有沒入攤架、路障未沒入攤架及道路障礙三項進行違規告發
X16	其他違規	連續數值	件	未含上述違規事項，如未依規定讓車、未保持安全距離、未依規定轉彎等
X17	勸導件數	連續數值	件	指違規者未嚴重危害交通安全、秩序或發生交通事故，且情節輕微者
X18	出勤警力	連續數值	人次	即各分局正規警力之出勤次數
X19	出勤民防	連續數值	人次	即各分局民防警力之出勤次數
X20	出勤替代役	連續數值	人次	即各分局替代役之出勤次數
X21	六項大執法	二元變數	有、無	內政部警政署自 96 年 1 月 1 日起，鎖定六項惡性重大違規加強取締
X22	十項大執法	二元變數	有、無	內政部警政署自 97 年 7 月 1 日起，鎖定十項惡性交通違規加強取締

台中縣交通肇事資料，於 2006 年時每萬輛機動車肇事數為 88.45 件，比起新加坡 96.45 件、香港 245.22 件要更為嚴重【2】，資料顯示肇事比例相當高；而其他肇事數據亦相當高，如：每萬人道路交通事故死傷人數 108.74 人、每日交通事故發生件數為 34.83 件、每件交通事故死傷人數為 1.32 人、事故傷害死亡率為 38.16% 等，分析顯示應加強重視台中縣之肇事事故嚴重性與比率之問題。

針對資料所蒐集之變數分別以各分局與整體資料進行統計分析。以各分局而言，平均轄區內有 2.84 個鄉鎮市、11.25 個派出所數，配置有 283.09 位警力以及

234.19 輛警用車輛；而違規取締項目平均開單量最大則是以違規停車最多(2169.52 件)，闖紅燈次之(367.64 件)，而無照駕駛(114.40 件)則為第三多；此外動員出勤警力每月平均有 7612.55 次，明顯大過於民防(686.66 次)與替代役(306.47 次)之出勤次數；然而每月各分局平均發生 2.13 件 A1 類事故，死亡 2.22 人次，A2 事故發生 154.36 件，受傷 207.87 人次，而僅有財損損失之 A3 事故類型為 100.72 件，整體而言台中縣各分局每月平均發生 257.22 件事務。台中縣警察局整體資料分析發現，期間 48 個月平均配置警力 2087.79 人，配置車輛數為 1727.16 輛；在平均每月之違規取締部份，砂石車違規 342.81 件，酒後駕車 170.39 件，違規停車 234.19 件，闖紅燈 3342.83 件，超速行駛 12847.25 件，無照駕駛 925.93 件，未繫安全帶 238.35 件，手持電話 99.16 件，道路障礙 498.06 件，總開單數為 26547.60 件；出勤警力則每月平均出勤 58793.10 次；而在平均每月之事故傷亡部份，A1 類事故 15.75 件，死亡 16.39 人，受傷 5.20 人，A2 類事故 1138.41 件，受傷 1533.08 人，則 A3 類事故類型 742.83 件，而平均每月發生事故件數則有 1897 件。

五、模式建構

本研究將針對上述之資料變數進行模式建立與模式訓練與驗證結果分析，並將以遺傳規劃法所建立之數學函數式，自變數與應變數之對應關係式做一概述，其結果將詳述如后所示。

5.1 參數設定

因GP系統分析需將各模式設定部份參數，因此在相關參數中，本研究設定為：(1)親代個數設為500個及繁衍次數設定為500代；(2)繁殖率及突變率則分別設為0.1、0.3、0.5、0.7、0.9，並交叉組合模擬；(3)運算元為+、-、×、÷、log及exp；(4)各模式均模擬3次。每種模式共計模擬有75種情境，遺傳規劃法機制將母代與子代進行世代演化，採用較優秀的個體複製至下一代，之後將以誤差值為判斷依據，訂定最佳GP模式。然在進行模式建構與驗證前，則先將354筆資料筆數分為訓練與驗證兩組，抽取資料筆數之70%（248筆）做為訓練模式之用，再將剩餘30%資料筆數（106筆）作為驗證組，以檢驗其模式之預測效果。

5.2 模式訓練

根據5.1節所述，本研究之各類型事故件數預測共採用248筆資料進行模式訓練，其分別訓練A1事故件數、A2事故件數、A3事故件數以及總事故件數四種模式，然而每種模式依據不同的繁殖率與突變率又需模擬計有75種情境，因此共訓練出300種函數式進行討論，然詳細訓練結果之R²則彙整在表2中。然而在A1事故件數中訓練的R²介於0.327至0.193間，其預測之效果較差；另外，A2事故件數預測模式的R²則介於0.935至0.865之間，模式預測效果相當良好；此外，A3事故件數預測模式的R²則介於0.923至0.826間；最後，總事故件數預測模式的R²則介於0.955至0.915之間，其訓練預測效果是四種事故類型中最佳的模式。

表 2 各不同類型事故件數預測模式訓練結果

類型 突變率 繁殖率	A1 事故件數					A2 事故件數					A3 事故件數					總事故件數				
	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
0.1	0.213	0.249	0.249	0.249	0.268	0.887	0.865	0.908	0.905	0.926	0.826	0.894	0.899	0.899	0.854	0.921	0.941	0.948	0.955	0.942
0.3	0.252	0.249	0.293	0.193	0.193	0.876	0.885	0.913	0.923	0.914	0.899	0.921	0.836	0.904	0.910	0.918	0.941	0.937	0.950	0.944
0.5	0.309	0.249	0.277	0.283	0.216	0.865	0.886	0.928	0.926	0.923	0.870	0.881	0.889	0.826	0.915	0.935	0.940	0.952	0.950	0.952
0.7	0.299	0.327	0.303	0.309	0.308	0.888	0.865	0.915	0.919	0.935	0.882	0.886	0.826	0.923	0.912	0.944	0.955	0.947	0.951	0.951
0.9	0.290	0.264	0.277	0.300	0.295	0.865	0.865	0.865	0.865	0.926	0.899	0.826	0.903	0.826	0.901	0.915	0.930	0.946	0.923	0.933

備註：內容中之數值代表其模式之 R²，並取至小數點後第三位。

5.3 模式驗證

然而依據四種不同模式之建立，並透過75種情境分別模擬出不同之最佳函數式，再藉由驗證資料進行模式之預測效果檢驗；而模式效果之檢驗依據則是以驗證資料在最佳函數式之預測值與實際值的R²及MAPE值為基準，但是發現資料中有A1件數以及A2件數的模式因該月份之件數為0，因此無法計算出其MAPE值。然而A1件數模式以繁殖率為0.7及突變率為0.3時驗證樣本的R²為0.3565最佳，被選取入函數式中的變數則有配置警力數、闖紅燈、出勤警力、出勤替代役以及其他違規等5項變數；此外，A2件數模式則是以繁殖率為0.7及突變率為0.7時驗證樣本的R²為0.9270最佳，而最佳函數式所選取到變數則是有配置警力數、出勤替代役、其他違規、道路路障及派出所數等5項變數；再者，A3件數模式之最佳函數式則是在繁殖率為0.3及突變率為0.9時獲得最佳之驗證R²為0.9130，其MAPE值則為28.78%屬合理預測範圍，然所選取到之變數則有出勤替代役、可用警用車數量、出勤警力、騎乘機車手持電話及配置警力數等5項變數；最後，在總事故件數方面之最佳函數式是在繁殖率為0.7及突變率為0.9時有最佳的R²與MAPE值，分別為0.9472與19.59%，該函數式所選用之變數則有人口密度、配置警力數、闖紅燈、可用警用車數量、出勤民防、酒後駕車及駕駛汽車手持電話等計有7項變數。然訓練與驗證結果詳如下表3。

表 3 各模式驗證結果最適函數之彙整表

	繁衍 比率	突變 比率	訓練樣本組		驗證樣本組		最佳函數組合模式
			R ²	MAPE 值	R ²	MAPE 值	
A1 件數	0.7	0.3	0.327	--	0.357	--	(0.34*((配置警力數/((闖紅燈+0.34)+出勤警力)))+(出勤替代役/(出勤替代役+(其他違規+0.34))))
A2 件數	0.7	0.7	0.919	--	0.927	--	(配置警力數+((配置警力數+(出勤替代役-(0.841*配置警力數))*((0.807*0.807+(其他違規-道路路障))*(0.841-派出所數))))
A3 件數	0.3	0.9	0.910	36.65%	0.913	28.78%	((exp(((出勤替代役*出勤替代役)-0.513))*(可用警用車數

							量*(出勤警力+騎乘機車手持電話)))))*配置警力數)
總件數	0.7	0.9	0.944	18.24%	0.947	19.59%	(((((人口密度-配置警力數)*0.281)+((闖紅燈*可用警用車數量)*出勤民防))+(((酒後駕車-配置警力數)*駕駛汽車手持電話)*0.281)+配置警力數))

備註：因訓練與驗證之結果變數中含有 0 的資料，則無法計算出其 MAPE 值。

5.4 分析討論

綜合上述分析成果，將其以彙整相關部分內容加以討論分析：

- (一) 整體看來各模式之解釋力以總事故件數之預測模式為最佳，其驗證 R^2 高達 0.9472，且其 MAPE 值屬合理預測的效果為 19.59%；其次預測能力則是由 A2 事故件數的預測效果 R^2 為 0.9270 排名第二；而 A3 事故件數之模式預測效果的 R^2 為 0.9130，其 MAPE 值亦為 28.78%，均屬合理預測；最後，各預測模式效果中最差的則是以 A1 事故件數之模式，其 R^2 則為 0.3565 略低。
- (二) 依據驗證之研究成果顯示，預測效果以總事故件數之預測模式為最佳，本研究研判可能是與人口密度及相關地域面積大小有關，因此納入變數有部分與代表人口數有關之變數；此外，總事故件數模式之每月每分局之案件數量較多，且較容易由不同之執法狀況與取締件數進行預測，所以具有較高之預測能力。
- (三) 根據前述之 A1 事故件數預測效果較低，本研究研判 A1 事故件數預測效果略差則是因該類型事故發生在各分局多屬隨機發生，且每月每分局的 A1 事故件數均多為個位數，甚至有許多資料均無 A1 事故發生，因此推測較難預測精準。
- (四) 依據遺傳規劃模式進行模擬與檢核之 A1 事故最佳函數式經簡化後如下式所示。可以發現函數式中，「配置警力數」是對於事故有負向之影響，推測其原因是主要 A1 事故仍然與地區人口數有關，而配置警力則是與人口數息息相關之變數。此外，「出勤替代役」之人次數則出現在同式分子與分母中，因此推測對於 A1 事故影響不大。此外，「出勤警力數」越多則可以降低 A1 事故件數，是與經驗法則相符合。另外，「闖紅燈」與「其他違規」違規數量越多則可降低 A1 事故件數，本研究研判為闖紅燈時駕駛者需要具有較高度的警戒心態，因此對於自我保護之意識較高，故推測不易造成 A1 類型事故；而其他違規部份，因該數量越多代表民眾產生違規風險較大，但是對於危險性則相對較低，因此對於其他違規而言是具有事故風險，但是較不具有危險性，因此對於 A1 事故件數為負向效果。

$$A1\text{事故件數}=0.34 \times \left[\left(\frac{\text{配置警力數}}{\text{闖紅燈}+\text{出勤警力}+0.34} \right) \times \left(\frac{\text{出勤替代役}}{\text{出勤替代役}+\text{其他違規}+0.34} \right) \right]$$

(五) 於 A2 事故件數之預測最佳函數式中，可以發現「配置警力數」、「出勤替代役」均是會影響 A2 件數之關鍵，而該變數推測應該與人口數量有直接關係，因此具有代表母體特性之意涵；此外，「其他違規」數量越多，則所產生的 A2 案件數則亦越多，推斷原因為其他違規取締數量越多，則意味著潛在違規的人數則會越多，因此違規多則就易造成事故發生，因此與經驗法則相符；而「道路障礙」部份，其取締對於 A2 事故案件是有正面幫助；最後則是在派出所數量上，越多的派出所設置則有助於降低 A2 事故件數的發生，意味著警方巡邏或警力增派的數量提昇仍對於交通事故之預防是有效的。

$$A2\text{事故件數} = \text{配置警力數} + (0.159 \times \text{配置警力數} + \text{出勤替代役}) \times (0.6512 + \text{其他違規} - \text{道路障礙}) \times (0.841 - \text{派出所數})$$

(六) 在預測 A3 事故件數之最佳函數式之變數中，發現「出勤替代役」、「可用警車數量」、「出勤警力數」以及「配置警力數」等變數均是與人口之母體代表特性有關，所以會造成該變數值越高而產生之 A3 事故件數也越多。此外，騎乘機車手持電話也是造成 A3 事故的主要變數之一，因此在騎乘機車手持電話則較容易造成 A3 事故件數，故警方執法應針對此變數再加強取締，已收提升其交通安全之效。而簡化後的最佳函數式如下式所示。

$$A3\text{事故件數} = e^{[(\text{出勤替代役}^2 - 0.513) \times \text{可用警車數量} \times (\text{出勤警力數} + \text{騎乘機車手持電話})]} \times \text{配置警力數}$$

(七) 在預測總事故件數之最佳函數式如下式所示，該函數之選入變數中，可以發現「闖紅燈」、「駕駛汽車手持電話」及「酒後駕車」對於事故是有直接相關，其三項變數增加則造成事故數量增加與以往經驗相符合。然而「配置警力數」與「人口密度」之間為負向關係，推斷人口密度越高地區事故率則越高，但是配置警力數量越大，則可減少部分事故件數產生；另外，「酒後駕車」與「配置警力數」兩者關係亦呈現負向關係，因此酒後駕車數量也是會受到配置警力數量而減少，進而影響整體之總事故件數。此外，「可用警車數量」、「出勤民防數」及和數中最後一個「配置警力數」經本研究研判，應與樣本之代表母體數量有關，其均有整體區域人口之涵義，因此造成該變數值越大，則產生事故則越多之傾向。

$$\text{總事故件數} = 0.281 \times (\text{人口密度} - \text{配置警力數}) + (\text{闖紅燈} \times \text{可用警車數量} \times \text{出勤民防數}) + 0.281 \times \text{駕駛汽車手持電話} \times (\text{酒後駕車} - \text{配置警力數}) + \text{配置警力數}$$

(八) 然根據本研究之成果，各模式之最佳函數式中，警方於執法強度可以著手並且獲得不錯效果的部份則有取締闖紅燈、其他違規、道路障礙等取締事項，因此可以強力從該違規加強取締。另外，駕駛機車手持電話、駕駛汽車手持電話、酒醉駕車等變數，雖是取締越多則造成事故數量越多，本研究認為此並非代表警方執法不利，而是因部份違規可能無法立即取締，而

至此結果產生；另外尚有一可能為大多數事故案件無法單單從執法角度進行，因此需要從教育與工程共同改善，方可具有良好之成效。

- (九) 經由上述四種模式之結果，本研究發現執法變數對於事故發生具有正向效果的則有闖紅燈、其他違規、道路障礙等三項，因此建議警方應落實從該違規事項加強執法效能；而此外發現執法事項與事故發生呈現負向效果的則有騎乘機車手持電話、其他違規、闖紅燈、駕駛汽車手持電話、酒醉駕車等變數，本研究研判並非警方執法效果不佳，而是相對違規數量較多，進而造成執法取締件數僅抓到部份違規以致無法達到警惕效果，因此建議警方仍應加強取締以及重點執法上述被選取出之違規事項，以提升其執法成效並降低事故風險。然而亦發現闖紅燈、其他違規兩者有正向及負向影響，而闖紅燈對於 A1 是相當具有成效，但在 A3 則仍是無法將安全提升，因此仍需針對闖紅燈加強取締，不僅是將 A1 事故降低至 A3 事故類型，而是要讓闖紅燈不是事故發生主要因素，甚者，不再發生闖紅燈之狀況；此外，其他違規在 A1 是相當具有成效，但在 A2 則是負向效果，因此亦建議警方取締其它違規事項時仍應勿枉勿縱，否則易造成民眾僥倖心態則僅將 A1 事故程度降至 A2，無法確實從事故之影響因子中移除。
- (十) 從過去研究之文獻【10】中可以得知加強執法取締則具有正向作用有取締砂石車、闖紅燈、路障以及超速等事項，而本研究則是發現闖紅燈、其他違規、道路障礙等三項，其中以闖紅燈之共識較高；此外，文獻則是獲得取締酒醉駕車、違規勸導以及騎乘機車手持電話等三項為顯著變數但為負向效果，但於本研究則是發現騎乘機車手持電話、其他違規、闖紅燈、駕駛汽車手持電話、酒醉駕車等變數具有負向效果，負向效果中則是以騎乘機車手持電話與酒醉駕車為較有共識。因此，本研究研判各種分析方法有其之優缺，迴歸分析可以將顯著因子之正負關係與影響程度校估完成，但是其預測精準度卻無法像基因規劃法之預測效果佳，但雖然基因規劃法亦仍可以將選用變數估算出來，可是其變數之解釋程度較無法像迴歸分析一樣高。

六、結論與建議

本研究藉由國內外相關研究進一步找出相關執法策略，並依據目前國內執法狀況進行與事故資料之遺傳規劃法分析，並進一步建立預測模式，然而整體研究之結論與建議詳述如后。

6.1 結論

- (一) 本研究以台中縣警察局所提供之資料進行分析，資料期間從 94 年 1 月至 97 年 12 月，共 48 個月可進行分析討論，而僅成立 18 個月之太平分局也納入分析，轄區分局是以警察局分區制度之八個分局為主，而其中蒐集資料不包括保安隊與交通隊之取締資料，所蒐集資料共計有 354 筆資料。
- (二) 在模式結果方面，以訓練組模式中 R^2 總事故件數最高為 0.955，而 A2 事故

件數次之，再者為 A3 事故次數，以 A1 事故件數為 0.327 最低；驗證部分，也以總事故件數 R^2 最高為 0.948，而 A2 事故件數次之，再者為 A3 事故次數，最低為 A1 事故件數 0.373。因此模式間預測能力相差極大，為此推測是因 A1 事故主要為隨機方式產生加上件數較少，而造成此結果。然而總事故件數效果最佳，推測其效果應是變數多為與人口數量有關外，亦加入部分執法效果影響，且每月每分局的資料相對的較多，因此具有較佳的預測效果。

- (三) 根據研究成果顯示，警方可以加強警力於取締闖紅燈、其他違規、道路障礙等取締事項，是可以藉由警方執法加強獲得不錯的成效；然在駕駛機車手持電話、駕駛汽車手持電話、酒醉駕車等取締項目上，並非代表警方執法不利，而是因部份違規可能不易取締，況且許多事故因素發生確實無法單單從執法角度進行，因此需要從教育與工程共同改善，才可以獲得較佳成效。
- (四) 本研究發現執法項目與事故發生之正向變數有闖紅燈、其他違規、道路障礙三項，與文獻中所發現之取締砂石車、闖紅燈、路障以及超速等較有不同；此外負向效果變數本研究則發現有騎乘機車手持電話、其他違規、闖紅燈、駕駛汽車手持電話、酒醉駕車等五項，而文獻中則發現取締酒醉駕車、違規勸導以及騎乘機車手持電話等三項，也亦有些許出入，因此不同研究方法其所用之目的不同與演算過程不同，而所獲得之結果也會不同。

6.2 建議

本研究礙於資料限制故僅能採用台中縣警察局及轄區內所屬各分局之資料，由於台中縣多屬於鄉鎮型式之轄區，且大多數地區地處偏僻或人口稀少之處(如：和平鄉)，相對執法內容以及發生事故資料均相對較少，建議未來納入台灣地區各縣市之資料進行分析，有助於說明各項變數與事故變化情形及檢定相關性質。此外，因執法強度增強後所產生的安全效果可能具有延遲(Lag)之現象，因此建議後續可以針對執法與事故之此種狀況的資料，進行具有延遲效果的模式建立，如模式完成後將可提供警政單位每月需針對取締件數進行的目標值，加以管理其執法績效，近一步提升交通安全之目標。

參考文獻

1. 王得志，「道路交通事故肇事潛因之調查研究」，中央警察大學交通管理研究所碩士論文，2005 年。
2. 交通部網站之交通統計，<http://www.motc.gov.tw/>
3. 林志和，「都市地區肇事嚴重程度預測模式之研究」，國立成功大學交通管理學系碩士論文，2000 年。
4. 林郁志，「都市地區肇事嚴重程度之分析研究—以台南市為例」，國立成功大學交通管理學系碩士論文，1998 年。

5. 林淑琴，「臺北市重大交通違規影響因素分析」，國立交通大學管理學院碩士在職專班運輸物流組論文，2003 年。
6. 邱裕鈞、藍武王，「應用遺傳演算法建構適應性模糊邏輯控制系統-以跟車行為為例」，中華民國運輸學會第 16 屆論文研討會，2001 年 11 月。
7. 許正文，「交通事故筆錄專家系統之研究」，中央警察大學交通管理研究所碩士論文，2000 年。
8. 曾平毅、林豐裕，「高速公路巡邏警察人力配置之課題分析」，中華民國運輸學會第 14 屆論文研討會，1999 年 12 月。
9. 蔡宗益，「高速公路交通執法強度與策略評估之研究」，中央警察大學警政研究所碩士論文，1990 年。
10. 鍾文獻，「交通事故發生率與執法強度關聯性研究-以臺中縣為例」，逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文，2009 年。
11. Carol A. Holland and Mark T. Conner (1996), "Exceeding the Speed Limit : An Evaluation of the Effectiveness of a Police Intervention," Accident Analysis and Prevention, Vol.28, pp.587-597
12. Truls Vaa(1997), "Increased Police Enforcement : Effects on Speed," Accident Analysis and Prevention, Vol.29, pp. 373-385

