

用於起迄交通量預估之車牌辨識系統區位規劃問題

邱裕鈞¹ 艾嘉銘² 范智超³

摘要

車牌辨識系統 (License plate recognition system, LRS) 隨著影像辨識技術之成熟, 已具實際應用價值。該系統可用於自動辨識車牌號碼, 並加以儲存、比對及處理。如在高速公路上部分路段加以設置, 即可比對各通過車輛之實際行駛路段, 可較路段偵測器提供更多起迄流量推估之所需資訊。為有效且精確推估起迄流量, 本文利用遺傳演算法建立一個 LRS 設置區位選擇模式, 用以求解最佳之 LRS 設置區位, 以降低路段流量反推起迄流量時所可能產生之誤差率。為驗證本模式之有效性與應用性, 本文設計一具有八座交流道之高速公路系統, 並隨機產生一組起迄流量矩陣。再利用本模式及窮舉法分別求解不同 LRS 座數下之最佳設置區位。結果顯示本模式確可求得最佳解, 顯示本模式之有效性。而誤差率也會隨著 LRS 座數之增加而遞減, 遞減幅度大約在 5.10%-11.23% 間。而即便是相同 LRS 座數下, 也會因其設置區位不同, 而導致誤差率變異甚大, 顯示 LRS 設置區位之重要性。此外, 進一步分析 LRS 之設置區位關係可知, LRS 之設置區位未必會設置於流量較大之路段, 但配對之 LRS 會分佈較為分散, 以擷取旅次長度較長之起迄對資料。

壹、前言

高速公路起迄交通量係交通管理政策研擬 (如匝道儀控、主線速率控制、通行費費率調整) 及交通設施規劃 (如匝道數、車道數、收費站區位設置) 之重要參考資訊。然在未實施匝道閉閘式收費前, 高速公路起迄交通量僅能透過龐大之人工調查方式加以取得, 耗費大量人力與時間。卓訓榮及陳信雄[7]即指出其主要困難在於: 1. 需要大量人力物力、時間及成本。2. 實地調查困難, 如需攔車及路邊訪問等。3. 大批資料之後續處理困難。4. 調查及處理資料時易發生錯誤。5. 統計抽樣上的問題。因此, 我國自民國 78 年以人工測得起迄交通量矩陣後, 即未再實施相關之調查計畫。因此, 許多研究乃轉而利用路段偵測器所測得之流量資訊來反推起迄交通量, 其演算法如卡門濾波法、數學規劃法、最大概似法, 以及最小平方法等。惟由於以路段流量反推起迄交通量矩陣時, 面臨求解變數數量 (即起迄流量) 遠超過路段流量關係式, 所以無法聯立求解, 故必須搭配用路人行為、統計貝氏理論或歷史起迄矩陣等假設資訊之輔助, 方能加以求解。

有關路段流量反推起迄矩陣的研究甚多, 廖珉鋒[4]將其分為兩大類型: 靜態起迄旅次矩陣 (static O-D matrix) 推估, 以及依時性的動態旅次起迄矩陣

¹逢甲大學交通工程與管理學系助理教授。

²逢甲大學交通工程與管理學系講師。

³逢甲大學交通工程與管理學系研究生。

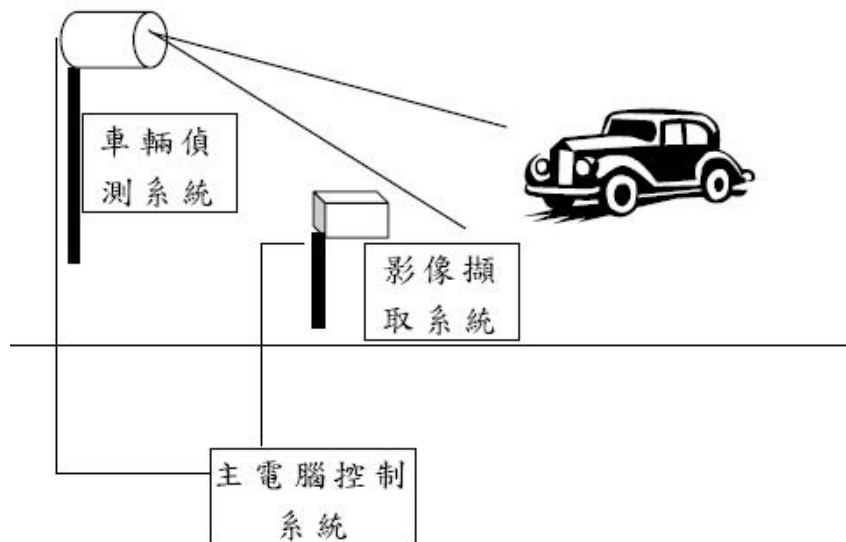
(dynamic O-D matrix)推估。而在此兩大方向下，依照各個地區及交通環境不同的情況下各自發展了許多方法使有不同的適用性。較早期的旅次起迄推估模式大部分假設旅次起迄間不需要考慮旅行時間，或是旅行時間唯一固定值，在此假設下的旅次起迄推估模式皆屬於靜態方式。靜態旅次起迄推估模式的優點為操作方便，並且在求解上較有效率，而解的品質也在可接受的範圍之內。首先由 Robillard[16]提出由路段觀測流量推估起迄旅次矩陣的觀念，並提出一般化重力模型(Generalized Gravity Model)，顯示路段流量對於旅次量的推估，可以提供有效的資訊。該模型中起迄旅次量採用比例指派(proportional assignment model)的方式(即旅次使用路段的比例與起迄旅次量互相獨立)，以得到路段流量，且不考慮路段的容量限制。採用比例指派法的相關研究還有 Willusmsen[18]、Van Zuylen and Willusmsen[19]、和 Bell[10]等，其中 Willusmsen 所採用的極大熵法跟 Van Zuylen 所採用的最小資訊法被應用的程度最廣。另外還有統計推估方法，此法是利用統計估計模式，加上交通量資料、抽樣估計、指派模式等資訊進行推估，使用此法的研究有 Mather[15]的 Bayesian 法、Cascetta[12]的一般化最小平方法及 Bell[10]的限制最小平方法等。惟這些演算法均有其假設前提與限制條件，無法適用於所有狀況，也難以保證其求解精確度。然隨著高速公路先進交通管理科技之發展，未來能獲得之交通資訊勢必逐漸增加，對於起迄流量之精確估計將更有把握。其中，車牌辨識系統(license plate recognition system, LRS)基於車牌之獨一性，利用影像辨識技術，自動記錄通過之車牌，作為自動收費或自動執法之依據。而透過兩座以上 LRS 之儲存車牌資料之比對，更可提供某一車輛之行跡，作為旅行時間(旅行速度)估計之基礎。除此之外，更重要的是，這些車牌記錄資料也能提供較路段流量更有效之交通資訊，提高起迄交通量之關係式，有助於起迄流量之精準估計。

理論上，若能在高速公路的每一個路段(兩兩交流道間)或在每座上、下匝道上均設置一座 LRS，即可準確計算起迄交通量資料。然而，囿於政府經費限制及用路人隱私權之考量，LRS 之設置數量勢必有所限制。因此，有必要針對 LRS 之設置對於起迄流量推估之準確性加以研析，進而依據高速公路交流道佈設及交通量分佈狀況，求解最佳之 LRS 設置數量與地點。此外，由於區位選擇屬於 NP-hard 問題，當問題規模大時，難以有效求解，必須仰賴啟發式解法加以求解。而遺傳演算法(genetic algorithms, GAs)為巨集演算法(metaheuristics)中係最常被採用的一種求解技巧，且其在求解區位選擇等組合最佳化問題之績效已獲驗證(曾國雄等[6])。基此，本文乃嘗試利用遺傳演算法求解不同數量下，可使起迄流量推估之誤差率最低之 LRS 最佳設置區位。此外，雖然近年來在路段流量反推起迄流量之研究上，多數研究係致力於動態起迄流量推估模式之發展，即在靜態 OD 的資料上增加關於時間的資訊，以改善同起點的車輛因車速不同造成到達迄點時間不一之缺點，並且增加旅行時間資訊使得分析更為精準。但由於動態起迄流量推估模式較為複雜、所需資訊較多，而且計算也較為繁瑣，為避免模糊本研究之主要目的，本文乃以靜態起迄流量推估模式為基礎(適合一日之起迄流量之推估)，分析 LRS 之最佳地點及其對起迄流量推估誤差率之改善程度。本文安排如下：第二章簡介車牌辨識系統之基本運作原理與所需設備。第三節簡單說明靜態起迄流量之推估模型，以及遺傳演算法之基本理論。第四節及第五節分別為模式之構建與驗證。最後為本文之結論與建議。

貳、車牌辨識系統之簡介

車牌辨識系統之應用層面甚廣，包括電子收費、違規執法、車輛追蹤及旅行時間推估等。而此系統在我國之應用主要係屬於高速公路電子自動收費系統（electronic toll collection, ETC）之一項子系統。根據「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運」規劃報告所述，電子收費系統係利用多種技術，使車輛行經道路收費區或收費車道時，透過前端路側相關通訊設備/技術，與車輛上之車內設備單元（on board unit）相互運作，並加以後端之帳務處理而自動完成收費作業，車輛不必停車支付現金、減速投幣或繳交回數票。根據蔚台昌[8]完整的電子收費系統包括前端的電子、通訊等技術，如自動車輛辨識（automatic vehicle identification, AVI）、自動車輛分類（automatic vehicle classification, AVC）及影像執法系統（video enforcement system, VES）等技術，以及後端之收費帳務服務系統。而其中的車輛自動辨識技術主要針對通過車輛之車輛相關資料進行擷取並辨識其身分。車牌辨識系統依照辨識技術不同可分為直接式車牌辨識技術與電子式車牌辨識技術。

直接式車牌辨識技術為透過影像處理技術直接對車輛之車牌進行辨識。整體系統架構為影像處理系統、路側電腦系統、錄影系統與主電腦系統等。而車牌辨識的流程為偵測到車輛進入系統的範圍時，即啟動 CCTV(Close Circuit Television)監控攝影機擷取車輛影像直至離開，再根據 CCTV 監控攝影機所擷取之車輛畫面，由系統進行影像處理，以分離出影像中之車牌部分，此為車牌抽出；最後，根據前一步驟所鎖定之車牌畫面，針對車號逐一加以辨識，並將辨識出之車牌傳送至主電腦系統，以便進行後續作業，即完成車輛辨識作業。如圖一所示：



圖一 車牌辨識系統示意圖(摘錄自：廖鴻圖[3])

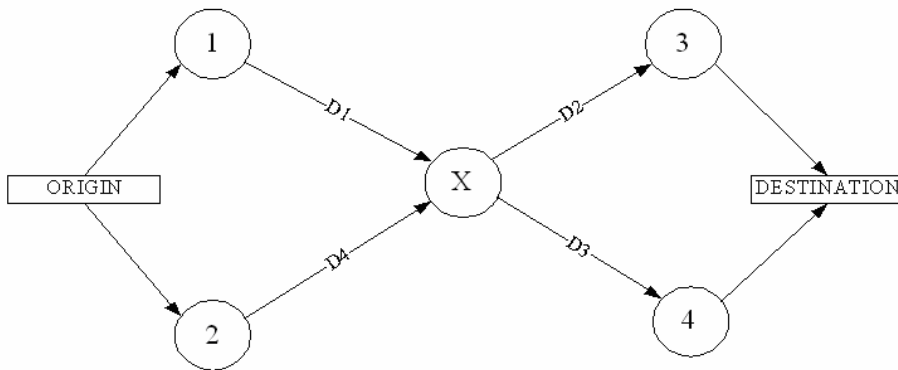
而電子式車輛辨識技術依擷取資料技術不同，分為雷射光、紅外線及無線電（微波）等三類。雷射光系統之技術原理是利用道路側邊的雷射掃瞄器發出雷射光，並掃瞄貼於擋風玻璃或車旁之條碼以取得車輛資料。不過，由於雷射光系統之條碼本身容易偽造、系統受天候與道路上灰塵的影響、再加上掃瞄器必須與車輛較為靠近等不易克服之缺點，因此目前世界各國大多採用無線電/微波(RF)系統與紅外線(IR)系統。無線電/微波(RF)系統與紅外線(IR)系統利用車上裝設於電子

標籤(tag)，當車輛行經道路側邊之讀取設施(tag reader)時，讀取車輛電子標籤內的資訊。與雷射光系統相較之下，RF系統及IR系統的優點是通信距離較長，且讀取速度較快，但缺點則為RF系統之系統設計較為複雜，而當IR系統為主動偵測且當車量密度較高時會造成信號相互干擾之現象。

參、靜態起迄流量推估模式及遺傳演算法

一、靜態起迄流量推估模式

Robillard 提出由路段流量推估起迄旅次矩陣之模式。該模式起迄旅次量係採用比例指派(proportional assignment model)的方式(即旅次使用路段的比例與起迄旅次量互相獨立)，以得到路段流量。此篇研究所採用的是都市路網，因此必須考慮路口轉向及比例指派，設定一簡單路網如下：



圖二 起迄路網圖

路段流量與起迄流量及指派比例之關係如下列四式所示：

$$D_1 = T_{13}F_{D1}^{13}(1) + T_{14}F_{D1}^{14}(1) + e_1 \quad (1)$$

$$D_2 = T_{13}F_{D2}^{13}(1) + T_{23}F_{D2}^{23}(1) + e_2 \quad (2)$$

$$D_3 = T_{14}F_{D3}^{14}(1) + T_{24}F_{D3}^{24}(1) + e_3 \quad (3)$$

$$D_4 = T_{23}F_{D4}^{23}(1) + T_{24}F_{D4}^{24}(1) + e_4 \quad (4)$$

其中， D_k ：路段 k 之流量。 T_{ij} ：起迄對 ij 流量（起點 i 至迄點 j ）。 $F_{Dkij}(1)$ ：路段 k 流量分配至起迄對 ij 流量之第 1 階段指派比例。 e_k ：路段 k 流量之分配誤差。此四式亦可利用矩陣加以表示，即：

$$\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{D1}^{13}(1) & F_{D1}^{14}(1) & 0 & 0 \\ F_{D2}^{13}(1) & 0 & F_{D2}^{23}(1) & 0 \\ 0 & F_{D3}^{14}(1) & 0 & F_{D3}^{24}(1) \\ 0 & 0 & F_{D4}^{23}(1) & F_{D4}^{24}(1) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} T_{13} \\ T_{14} \\ T_{23} \\ T_{24} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \end{bmatrix} \quad (5)$$

可簡單寫成 $D=FT+e$ ，可先求出矩陣 (DD') 的虛擬反矩陣(pseudoinverse)， $(DD')'$ ，由定理 $\hat{T}=(FF')'*F*D$ 可得之所需推估之旅次起迄矩陣。

二、遺傳演算法

傳統上許多找最佳解的方法都是在搜尋空間的某一點，利用某些轉移規則(transition rule)，決定出下一點應該往哪個方向移動，這種點對點(point to point)的搜尋法較容易陷入局部最佳解(local optima)，遺傳演算法基本上是採用一種隨

機平行式的搜尋方式 (randomized parallel search)，利用基因學的特性，經過不斷演化後在搜尋空間找到一個最佳或近似的解答，這種搜尋最佳解的方式，可用在求解如最佳化這類擁有龐大求解空間的問題上。

遺傳演算法乃透過模擬自然界演化的過程，將問題轉變為類似基因的型態，其中包含了染色體中基因的架構方式、編碼，其次則依各個可行解的優劣程度給予不同的適存函數，適合度函數愈高則所選擇出來的基因就愈多，再依照適合度函數進行基因的選擇，以及複製 (reproduction)、交配 (crossover) 及突變 (mutation) 來產生新的群組，如此反覆進行世代進化的過程並產生新的物種。透過這種演進方式，其可保證得到較前次未進化前較好的染色體基因。而以下就簡單遺傳演算法之三法則運作方式分述如下：

(一) 複製或選擇

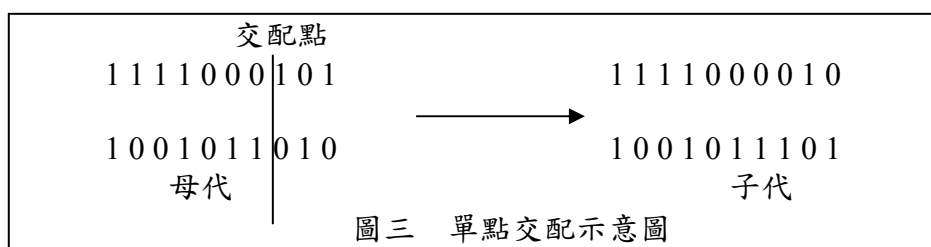
複製是依照每一染色體的適應程度高低來決定其在下一子代中應被淘汰或複製且保留個數多寡的機制，適合度高的染色體在下一子代中將被大量複製，反之則被淘汰。適合度的測量則由適應程度來規劃，而複製的過程可以蒙地卡羅轉盤 (Monte Carlo wheel) 之觀念加以篩選，亦即每一染色體之適應函數值越大，則在轉盤上所佔有的面積也越大，佔有面積比例的計算方式為：

$$P(M_j \text{ 被選中}) = \frac{f_j}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (6)$$

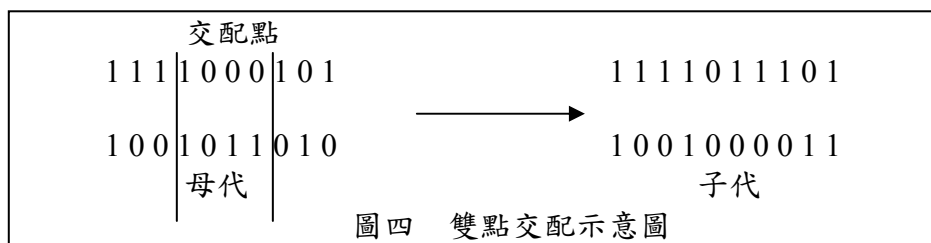
意即若是染色體在轉盤上佔有面積越大，被選中之機率越高，較優良之遺傳因數得以流傳與繼承。

(二) 交配

交配過程乃是隨機的將複製過程所產生的染色體加以配對，再經由彼此間所進行之基因交換行為產生子代，因此子代可藉著累積母代的優秀位元資訊，合組成更具適應能力之染色體。交配方式有數種，但較常用之方法有三：單點交配、雙點交配及均勻交配。其中單點交配為隨機產生一交配點，母代保留配對點前之基因，互換後之基因而產生子代，如圖三。



而雙點交配則是產生兩配對點，母代交換兩點間之基因，而保留其他部分，如圖四。



雙點交配之擴充即成為多點交配。

(三)突變

突變的過程乃是隨機的選取一染色體上之字串，並且隨機的選取突變點並更動其中之基因值(0→1 或 1→0)，以防染色體在複製及交配過程中落入局部最佳解，亦即防止族群內染色體之僵化。一般來說，突變之方式有二：(1)基因突變，當產生之亂數低於設定之突變率時，即隨機更動某一基因值；(2)轉移突變，即變動同一染色體內各基因之位置，而其值不改變。突變率之設定對於尋優的影響很大，突變率過小，將無法發揮突變之功能；反之若是過大，將破壞子代繼承母代之優良基因。

自遺傳演算法的概念提出以來，已被廣泛的應用在各領域中。Conway and Venkataramanan[11]應用遺傳演算法因其有大量平行運算能力以及能解決非線性目標和多限制式的目標函數問題，並能整合至決策支援系統(DSS)中，因此非常適合應用於求解設施佈置問題。Tate and Smith[18]利用遺傳演算法來處理不同面積的區塊佈置問題，並提出了懲罰函數來建構適合度函數及消除一般佈置模式的限制，並也說明遺傳演算法可以應用在不同型態的問題。

近年來基因演算法已慢慢應用在設施區位選擇的研究上。曾國雄等[6]認為區位選擇本質上係屬 NP-hard 問題，逐步尋優方法(stepwise algorithm, SA)即針對規模較大之問題建立的一套具高精確度且高效率性之尋優模式，然其程式上較為複雜，且尚無法保證能求得整體最佳解。遺傳演算法求解 NP-hard 問題之適用性強，因此應用遺傳演算法，構建收費站區位元元之評選模式，證明遺傳演算法之求解效率均優於逐步尋優法。林楨家[5]研究在構建規劃者所期望擁有的分析工具，它是由一個多目標數學規劃模式與一套遺傳演算法所組成；前者將配置問題提綱挈領地規範成數學規劃模式，後者則負責為這個模式找出近似非劣解集做為替選方案，分析結果為接近柏拉圖最適化的替選方案，整體而言，這個分析工具應該符合規劃者的需要。

肆、模式建構

一、問題說明

理論上，若能於兩兩交流道間均設置一座 LRS 即可獲得正確之起迄流量矩陣，但由於設置成本與用路人隱私之考量，僅能選擇性地加以裝設。惟每多設一座 LRS 即可額外提供推估起迄流量矩陣之所需資訊，進而降低該矩陣推估之誤差率。不過，因為起迄流量之未必均勻分佈，因此，設置於不同區位之 LRS 所能降低之誤差率，也不儘相同，故有必要建立有效率之 LRS 區位選擇模式，選定最佳設置區位。

至於 LRS 所提供車牌資訊，如何應用於起迄流量矩陣之推估模式中。茲以圖五兩座 LRS 為例，來加以說明。由圖知，此為六座交流道之高速公路，各路段假設均設有路段偵測器，兩座 LRS 則分別設於交流道 2、3 及交流道 4、5 間。由路段流量資訊(由路段偵測器所測得)，可產生 5 條關係式，即：

$$D_1=T_{12}+T_{13}+T_{14}+T_{15}+T_{16} \quad (7)$$

$$D_2=T_{13}+T_{14}+T_{15}+T_{16}+T_{23}+T_{24}+T_{25}+T_{26} \quad (8)$$

$$D_3=T_{14}+T_{15}+T_{16} +T_{24}+T_{25}+T_{26}+T_{34}+T_{35}+T_{36} \quad (9)$$

$$D_4=T_{15}+T_{16}+T_{25}+T_{26}+T_{35}+T_{36}+ T_{45}+T_{46} \quad (10)$$

$$D_5 = T_{16} + T_{26} + T_{36} + T_{46} + T_{56} \quad (11)$$

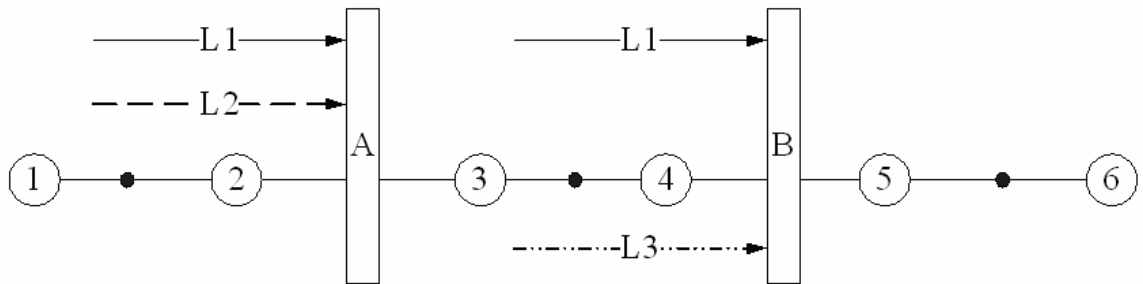
再透過兩座 LRS 所記錄車牌資料之比對，可得到三類車牌之總輛數，即 L1、L2 及 L3 等三類。其中，L1 為同時通過 LRSA 及 LRSB 之車流量，表示這些流量之起點一定是交流道 1 或 2，迄點則是交流道 5 或 6。L2 為僅通過 LRSA，但未通過 LRSB 之車流量，表示這些流量一定起於交流道 1 或 2，迄於交流道 3 或 4。L3 為未通過 LRSA，但通過 LRSB 之車流量，表示這些流量一定起於交流道 3 或 4，迄於交流道 5 或 6。因此，可額外增加下列 3 條關係式：

$$L_1 = T_{15} + T_{16} + T_{25} + T_{26} \quad (12)$$

$$L_2 = T_{13} + T_{14} + T_{23} + T_{24} \quad (13)$$

$$L_3 = T_{35} + T_{36} + T_{45} + T_{46} \quad (14)$$

依據此 8 條關係式，即可利用 Robillard [16] 所提出之起迄流量推估模式，求得各起迄旅次量之推估值，並據以計算誤差率。



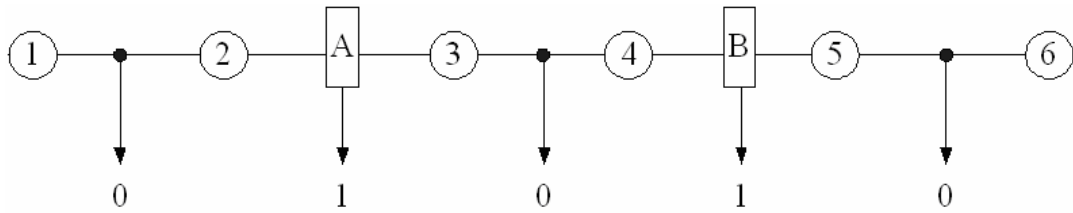
圖五 LRS 之配置與資訊之提供

當然，隨著 LRS 設置數量與區位之變化，所增加之關係式的內容與數量也會隨之變化。例如，若全線僅設置一座 LRS，則由於無法與其他 LRS 比對所記錄之車牌，無法發揮追蹤效果，故其功能則與路段偵測器相同，僅能提供 1 條關係式。設置兩座 LRS 時，可增加 3 條關係式，設置三座 LRS 時，可增加 6 條關係式，設置四座 LRS 時，則可增加 10 條關係式，設置五座 LRS 時，則可增加 15 條關係式。增加關係式數量與 LRS 座數間之關係，恰等於上一座數 LRS 所能增加之關係式總數，再加上目前 LRS 座數，即其所能增加關係式總數。例如，4 座 LRS 可以增加 6 (3 座 LRS 可以增加之關係式數量) + 4 (LRS 座數) = 10 條關係式。

惟以圖五之規模而言，共有 15 個起迄流量變數需要求解。因此，如果能產生 15 條關係式，即可聯立求解。故以原路段流量之 5 條關係式，再加以 4 座 LRS 所額外增加之 10 條關係式，即可聯立求得正解。但若少於 4 座 LRS 時，則起迄流量僅能推估。

二、編碼及解碼方式

由於遺傳演算法之染色體即代表問題之可行解，因此必須計算染色體的可行程度必須以適合度值來計算。以高速公路兩兩交流道間設置車牌辨識系統的問題來說，若是在同一區位設置兩座 LRS 並無意義。因此在兩兩交流道間之路段可視為 LRS 之候選區位，即為一 0,1 整數規劃問題，0 表示該區位不設置 LRS，1 表示該區位設置 LRS。以圖五之高速公路及 LRS 設置區位而言，可以圖六方式加以編碼，即其染色體為 (0 1 0 1 0)，染色體長度為 5。



圖註：○表交流道位置，圈內數字為交流道之編號；□表設置車牌辨識系統之位置；{0,1}表染色體之基因。

圖六 LRS設置區位之編碼方式

三、適合度值之計算方式

為利於遺傳演算法之演化求解，必須定義染色體之適合度值 (F)。本文旨在求解使起迄流量推估誤差率 (E) 最低之 LRS 設置區位，故適合度值設定為誤差率之倒數，即 $F=1/E$ 。至於誤差率則定義如下：

$$E = \frac{\sum_i \sum_j |T_{ij} - \hat{T}_{ij}|}{\sum_i \sum_j T_{ij}} \quad (15)$$

其中， T_{ij} ：實際之起迄對 ij 流量。 \hat{T}_{ij} ：推估之起迄對 ij 流量。

伍、模式驗證

一、資料說明及參數設定

為驗證本模式之精確性與可用性，本文假設一條設有八座交流道之高速公路，共計七個可供選擇設置 LRS 之區位，並隨機產生一組起迄流量矩陣，如表一所示。由表知，此問題共有 30 個起迄流量變數待解。假設此一高速公路每一路段均設置車輛偵測器，以提供路段流量資訊（利用表一之起迄流量矩陣，產生各路段流量資訊）。至於遺傳演算法之相關參數設定如下：染色體長度為 7，族群數設定為 50，採雙點交配及基因突變，突變率設定為 0.01。

表一 起迄流量矩陣

迄 \ 起	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2	32							
3	61	15						
4	44	39	23					
5	52	55	54	32				
6	46	47	66	51	33			
7	37	62	21	47	46	52		
8	21	31	48	61	49	49	20	

二、結果分析

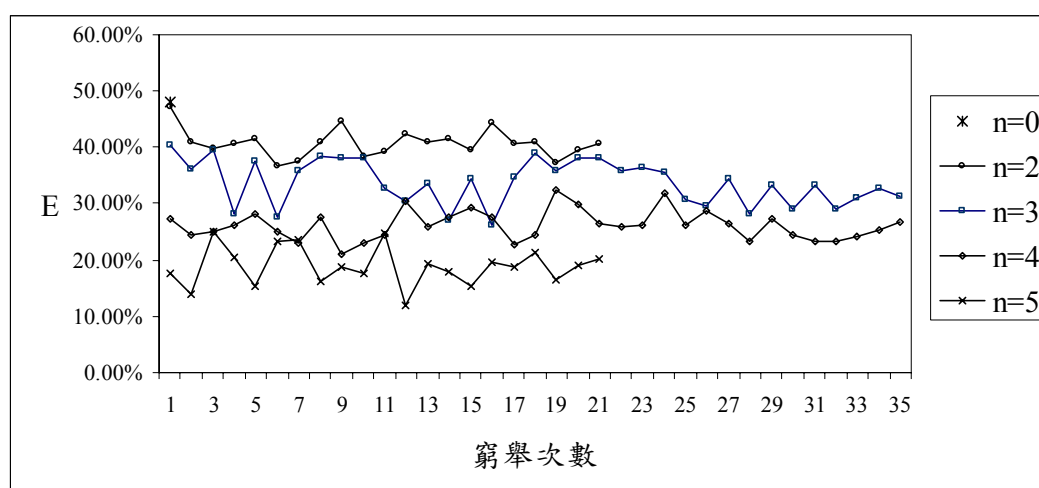
由於全線至多可設置七座 LRS，故染色體長度設定為 7，所有可行解之數量為 $2^7=128$ 組。由於本文擬同時利用窮舉法找出最佳解，用以驗證遺傳演算法之求解績效，故特設計此一小規模路網。為探討不同座數 LRS 對起迄流量矩陣推估誤差率之影響，本文分別變化 LRS 之座數（由零座至五座），進行求解。由於本問題規模甚小，故遺傳演算法均約只需 3-4 代即達收斂。求解結果彙整如表二所

示。由表知，不同 LRS 座數下，遺傳演算法均能求得與窮舉法相同之結果。其中，若不設置 LRS，完全利用路段流量推估起迄流量，則誤差率高達 47.96%，設置 2 座 LRS 時，則誤差率可降至 36.73%，3 座 LRS 時，降至 26.03%，4 座 LRS 時，降至 20.93%，5 座 LRS 則可將誤差率降至 11.85%。每增設一座 LRS 可降低之誤差率約為 5.10%-11.23% 間。惟即使是相同座數之 LRS，若設置於不同區位，則所求解之誤差率變異仍甚大。圖七將窮舉法在窮舉過程中在不同 LRS 座數下，不同區位組合時，所求得起迄流量誤差率值。以 3 座 LRS 為例 ($n=3$)，共有 $C_3^7=35$ 種區位組合。由圖知，其誤差率最高仍達 40.25%，但最低卻只有 26.03%，相差達 14.22%，足見 LRS 設置區位之重要性。

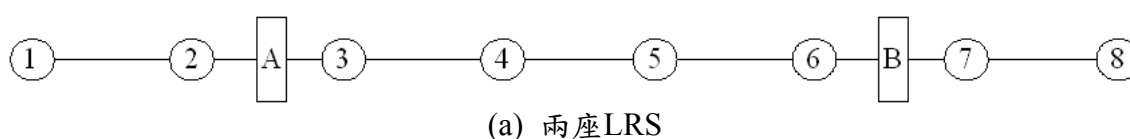
進一步分析不同 LRS 座數下之最佳設置區位 (如圖八所示)，可發現 LRS 之設置區位大致具有兩大特性：第一係未必設置於路段流量較大處。此點頗令人意外，一般認為 LRS 應設置於流量較多處，方能掌握 (記錄) 較多之車牌資料。但根據區位求解結果 (以兩座 LRS 為例，即圖八(a))，LRS 分別設於交流道 2、3 及交流道 6、7 間，該路段流量各僅 510 輛及 494 輛 (如圖九)，並非最高流量之路段。第二是不論設置多少座 LRS，會儘量分散至高速公路之首尾處，以掌握較長之起迄對資料。

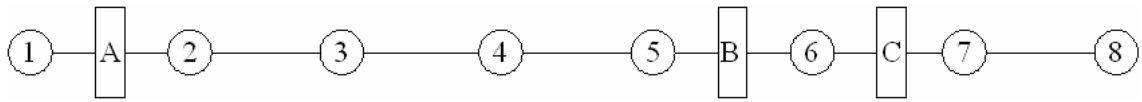
表二 不同LRS座數下之最低誤差率

最低誤差率	LRS座數				
	0	2	3	4	5
遺傳演算法	47.96%	36.73%	26.03%	20.93%	11.85%
窮舉法	47.96%	36.73%	26.03%	20.93%	11.85%
每增設一座LRS之誤差率降低數值	-	11.23%	10.70%	5.10%	9.08%

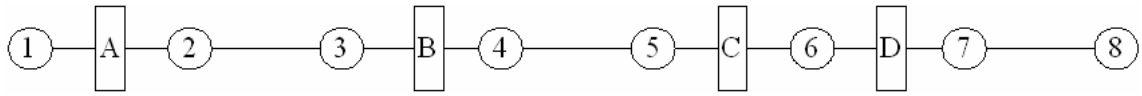


圖七 不同LRS座數下不同LRS區位組合之誤差率分佈圖

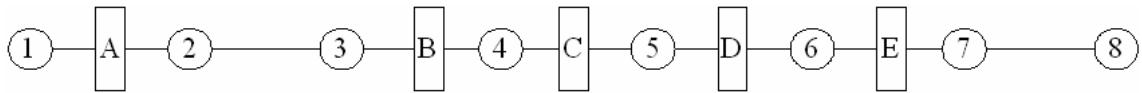




(b) 三座LRS

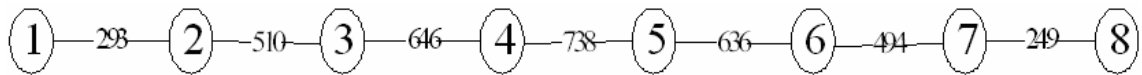


(c) 四座LRS



(d) 五座LRS

圖八 LRS之最佳設置區位



圖九 路段流量統計

陸、結論與建議

為有效且精確推估起迄流量，本文利用遺傳演算法建立一個車牌辨識系統(LRS)設置區位選擇模式，用以求解最佳之 LRS 設置區位，以降低路段流量反推起迄流量時所可能產生之誤差率。為驗證本模式之有效性與應用性，本文設計一具有八座交流道之高速公路系統，並隨機產生一組起迄流量矩陣。再利用本模式及窮舉法分別求解不同 LRS 座數下之最佳設置區位。結果顯示本模式確可求得最佳解，顯示本模式之有效性。而誤差率也會隨著 LRS 座數之增加而遞減，遞減幅度大約在 5.10%-11.23% 間。而即便是相同 LRS 座數下，也會因其設置區位不同，而導致誤差率變異甚大，顯示 LRS 設置區位之重要性。此外，進一步分析 LRS 之設置區位關係可知，LRS 之設置區位未必會設置於流量較大之路段，但配對之 LRS 會分佈較為分散，以擷取旅次長度較長之起迄對資料。

由於缺乏我國高速公路之實際起迄資料，故無法進行實例應用，以提出 LRS 設置區位之具體建議，提供高速公路主管機關參考。未來如能獲得實際起迄資料，即可應用本模式求解最佳 LRS 設置區位。此外，如能掌握 LRS 之設置、維護成本資料，再將用路人隱私權加以量化，即可利用多目標規劃模式，同時求解最適 LRS 設置數量及其區位。另外，本文為簡化問題，藉以凸顯 LRS 對起迄流量推估之貢獻，故採用靜態起迄流量推估模式，未來可進一步結合動態推估模式，進行動態預測。最後，由於偵測器所測得流量及 LRS 所辨識、記錄及比對之車牌仍具有一定程度之誤差，因此，如何將此一誤差加以考量，以確實反映起迄流量推估之正確性，亦值得加以探討。

參考文獻

1. 陳齊邦，「高速公路動態旅行時間與旅次起迄推估之研究」，淡江大學運輸科學研究所碩士論文，民國 93 年。
2. 林宏晉，「不確定因素考量下之都市鄰里公園區位選擇研究」，朝陽科技大學建築及都市設計研究所碩士論文，民國 92 年。
3. 廖鴻圖、邱孟佑、陳詩雅，「動態車牌辨識系統之研究」，*Journal of Information, Technology and Society*, p75-p86，民國 90 年。
4. 廖珉鋒，「動態起迄旅次矩陣推估模型之研究」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，民國 89 年。
5. 林楨家、馮正民，「都市計畫草圖替選方案分析模式之實例研究」，*交通運輸*第十七卷，p193-p162，民國 87 年。
6. 曾國雄、邱裕鈞、許書耕，「主線柵欄式收費站最佳區位遺傳演算尋優法與逐步搜尋法之比較分析」，*中國土木水利學刊*，第九卷第一期，第 171~178 頁，民國 86 年。
7. 卓訓榮、陳信雄，「使用路網資訊於 FISK 旅次矩陣估計模式之研究」，*運輸計畫季刊*，第二十一卷第四期，頁 432-436，民國 81 年。
8. 蔚台昌，「專題報導」，航港EDI網站，<http://www.mtedi.org.tw/index.htm>。
9. 許平和、林從遠、龍天立、張學孔，「高速公路旅次起迄矩陣推估模式適用性分析」，*中華民國運輸學會第七屆論文研討會*，第 707-721 頁，民國 81 年。
10. Bell, M.G.H., "The Estimation of an Origin-Destination Matrix from Traffic Counts", *Transportation Science* 17, NO.2, pp.198-217, 1983.
11. Conway, D.G., and M.A. Venkataramanan, "Genetic search and the dynamic facility layout problem," *Computer and operation Research*, Vol.21, No.8 pp.955-960, 1994.
12. Cascetta, E., "Estimation of Trip Matrices from Traffic counts Data and Survey Data: a Generalized Least Square Estimator", *Transportation Research* 18B. No. 4/5. pp.289-299,1984.
13. Jaramillo, J.H., Bhadury, J. and Batta, R., "On the Use of Genetic Algorithms to Solve Location Problem," *Computers and Operations Research*, Vol. 29, pp.761~779, 2002.
14. Jasmit, S.K., Bryce T.F. and Sunderesh, S.H., "Hope: A Genetic Algorithm for the Unequal Area Facility Layout Problem," *Computers and Operations Research*, Vol. 25, pp.583~594, 1998.
15. Maher M. J., "Inferences on Trip Matrices from Observations on Link Volumes : a Bayesian Statical Approach", *Transportation Research* 17B, No.6, pp.435-447,1983.
16. Robillard, P., "Estimating the O-D Matrix from Observed Link Volumes," *Transportation Research*, Vol.9, pp.123-128, 1975.
17. Tate, D.M. and Smith, A.E., "Unequal-Area Facility Layout by Genetic Search", *IIE Transactions*, Vol.27, No.4, pp.465-472, 1995.
18. Willusmsen L.G., "Estimating the Most Likely O-D Matrix from Traffic counts", 11th Ann. Conf. Universities Transport Studies Group, University of Southampton, 1979.
19. Van Zuylen J.H. and Willusmsen, L.G., "The Most Likely Trip Matrix from Traffic Counts", *Transportation Research* 14B, pp. 281-293, 1980.

