

公路汽車客運路線 GIS 空間資料 建置方法之研究¹

METHODOLOGY FOR GIS DATA CONSTRUCTION OF BUSES ROUTES

蘇昭銘 Jau-Ming Su²

王穆衡 Mu-Han Wang³

薛雅方 Ya-Fang Hsueh⁴

曾幸敏 Hsing-Min Tseng⁵

張志鴻 Chih-Hung Chang⁶

(97 年 1 月 23 日收稿，97 年 9 月 19 日第一次修改，98 年 2 月 12 日第二次修改，
98 年 5 月 20 日定稿)

摘 要

汽車客運路線資料為汽車客運業監督管理作業中不可或缺之資料，然以往以專案方式建置之資料，並無法滿足路線資料異動頻繁之現況。本研究運用地理資訊系統之空間分析功能，依據目前汽車客運路線資料現況，分別發展道路名稱產製、站牌名稱產製及站牌座標產製等三種演算法。經

-
1. 本文係交通部運輸研究所與中華大學運輸科技與物流管理學系合作辦理「公路汽車客運路線資訊管理系統之功能擴充及其應用」計畫案部分研究成果。
 2. 中華大學運輸科技與物流管理學系副教授（通訊地址：300 新竹市五福路 2 段 707 號；電話：03-5186595；傳真：03-5186545；E-mail：jmingsu@chu.edu.tw）。
 3. 交通部運輸研究所運輸經營管理組組長。
 4. 國立臺灣大學總務處事務組交通股副理，中華大學科技管理研究所碩士。
 5. 交通部運輸研究所運輸經營管理組研究員。
 6. 中華大學科技管理研究所運輸科技與物流管理組博士候選人。

測試評估結果發現三種演算法均可將以往約 2.5 小時之路線建置時間縮短至 5 分鐘以內，且各演算法自動產製汽車客運路線之資料正確率均可高達 96% 以上，顯示本研究運用地理資訊系統所發展之三種演算法確實能大幅提升汽車客運路線資料之建置效率。

關鍵詞：地理資訊系統；資料建置；公路客運路線

ABSTRACT

Although the route database of bus systems are indispensable in a monitor routine, the traditional methods of special process can not deal with these datum efficiently. According to route datum of bus systems, this paper used GIS to propose three deductive methods of road names, station names and station coordinates. Furthermore, this paper uses empirical cases to illustrate the proposed methods, the results show that the construction times of bus routes can be shortened within 5 minutes from 2.5 hours, and all conditions of route length and link can conform to within 96%.

Key Words: *Geographic information system (GIS); Data construction; Buses routes*

一、前言

地理資訊系統 (GIS) 近年來大量被運用於大眾運輸之分析，依據 Sutton^[1] 之研究發現：GIS 在大眾運輸之分析以規劃 (planning) 領域最多，約占 46%；其次依序為資訊技術 (information technology)、營運 (operation)、管理 (management) 及顧客服務 (customer service)。鑒於 GIS 強大空間分析功能，可有效提升大眾運輸資訊品質及提高規劃、營運管理效益，為維持資料之即時性與準確性，近年來美國各地區之大眾運輸營運機構，均以不同方式進行公車路線及站牌等 GIS 資料之管理維護工作，如紐澤西 (New Jersey)、芝加哥 (Chicago) 等地之大眾運輸機構由專門 GIS 部門負責；而波特蘭 (Portland)、邁阿密 (Miami) 等地之大眾運輸機構則由使用單位自行負責。

臺灣地區目前固定路線、固定班次之公路汽車客運依據公路法之定義，可區分為公路汽車客運業及市區汽車客運業兩種類型，其中公路汽車客運業依據路線行駛道路類別之差異，又可區分為一般客運路線及國道客運路線兩種類型，其主管機關包括交通部公路總局及其所轄之各區監理所、臺北市政府交通局監理處、高雄市政府交通局監理處及各縣市交通主管機關，分別負責路權審議、班次調整、路線調整及站牌調整等相關業務；而市區汽車客運業之主管機關則皆為各縣市交通主管機關。交通部運輸研究所鑑於公路汽車客運 GIS 資料在大眾運輸分析上之重要性，亦分別曾在民國 84 年、民國 92 年與民國 93 年規劃「公路汽車客運路線資訊管理系統」，建置臺灣地區公路汽車客運路線之 GIS 資料，然自

民國 84 年開放公路汽車客運路權以來，營運家數已成長至 80 餘家，總計營運路線已達兩千條，且近年來汽車客運業者更因為面臨內外經營環境變動，經常在現行管理制度下進行路線異動作業，汽車客運資料庫內容變動相形頻繁，以民國 97 年上半年為例，公路汽車客運路線資料變動之比例預估即達 200 條左右。現有之「公路汽車客運路線資訊管理系統」在缺乏資料維護機制情形下，目前各單位建置之 GIS 資料早已無法適用。

應用 GIS 技術進行大眾運輸分析之研究亦有多年歷史，如王秋惠^[2]、莊凱勳^[3]、朱宏祥^[4]、黃俐嘉^[5]、邱奕明^[6]、王湮筑^[7]、賀力行等人^[8]均曾利用 GIS 觀念或相關軟體進行汽車客運路線或路網之設計與評估；王晉元等人^[9]、黃國紋等人^[10]及黃湧哲等人^[11]均曾先後建置臺灣地區公路汽車客運 GIS 資料，協助進行客運審議及補貼作業之資料分析工作；陳良璋^[12]曾以 ArcView 為分析工具，建立臺北市之市區汽車客運路線查詢系統；蘇昭銘^[13]曾建立新竹區之公路汽車客運路線 GIS 資料，作為汽車客運行前旅次規劃系統之驗證基礎。然該些研究大都為以專案方式進行區域性之資料建置工作，著重於公路汽車客運之規劃、監督管理與應用層面，對於資料之建置方式則未加著墨。

近年來臺灣地區在積極發展大眾運輸系統前提下，已建立公路汽車客運之審議、營運虧損補貼及客運營運服務評鑑等相關監督管理制度，針對日益蓬勃的汽車客運市場進行有效管理。然由於汽車客運相關業務之管理層級涵蓋中央與地方層級之交通主管機關，因此目前國內客運路線資料仍舊以紙本為主，資料之儲存則仍為紙本資料經掃描後之電子圖片檔。此種資料儲存方式與國外大眾運輸營運管理機構大都以 GIS 進行汽車客運路線資料管理相較，即不易進行更有效之營運管理，如近年來部分公路汽車客運業者以提升營運效率之角度積極進行路線整併作業（包括路線停駛、路線變更），但整併計畫是否符合相關法規規定、整併後所影響之乘客層面為何，交通部公路總局等主管機關僅能透過人工作業方式逐一檢視，耗費相當多之人力、物力。另一方面，交通部近年來積極推動先進大眾運輸服務（advanced public transportation system, APTS）及先進用路人資訊服務（advanced traveler information system, ATIS），冀望透過完整之汽車客運資訊，提升民眾之大眾運輸使用率，而所提供資訊之正確性則亦有賴於完善之汽車客運路線資料。故不論從公路汽車客運路線營運管理或是大眾運輸資訊服務角度而言，建立一套完整之「公路汽車客運路線 GIS 資料庫」，即為現階段臺灣地區發展大眾運輸系統不可或缺之重要課題。

本文旨在依據交通部運輸研究所規劃之「公路汽車客運路線資訊管理系統」資料庫內容，考量目前臺灣地區汽車客運路線資料之儲存現況，發展一套簡便與快速的汽車客運路線 GIS 資料構建方法，以期協助公路總局等主管機關能有效地進行資料管理維護作業，使臺灣地區之公路汽車客運資料能確保即時性及正確性之品質要求，並將現階段單純的路線資料管理功能，進一步提升到與國外大眾運輸營運管理機構同樣的能透過 GIS 之空間分析功能，進行有效的監督管理與資訊服務。本文將先在第二節中說明臺灣地區之公路汽車客運路線資料現況；第三節則說明本研究依據目前之三種資料儲存方式所發展之資料構建方法；第四節則透過與其他研究建置方法之比較，測試本研究所提構建方法之有效性；最後提出本研究之結論與建議。

A	B	C	D	E	F	G	H
1	路線性質	公司別	路線別	站名(含交流道)	縣市	路線區段	詳細站址
2	國道	臺北	板橋市-基隆市	南推站	板橋市	四川路	板橋市四川路2段130巷39弄3號
3	國道	臺北	板橋市-基隆市	亞東技術學院	板橋市	四川路	板橋市四川路2段55號
4	國道	臺北	板橋市-基隆市	板橋後站	板橋市	館前東路	板橋市館前東路68號
5	國道	臺北	板橋市-基隆市	板橋新站	板橋市	文化路	板橋市文化路一段133號對面
6	國道	臺北	板橋市-基隆市	政理技術學院	板橋市	文化路	板橋市文化路一段280-2號
7	國道	臺北	板橋市-基隆市	台北醫院	新莊市	中正路	新莊市中正路73號
8	國道	臺北	板橋市-基隆市	金隆女中	新莊市	重新路	三重新新路5段59號對面
9	國道	臺北	板橋市-基隆市	中興街口	新莊市	重新路	三重新新路5段543號對面
10	國道	臺北	板橋市-基隆市	五谷土廟	新莊市	重新路	三重新新路5段466號
11	國道	臺北	板橋市-基隆市	三重稅捐處	三重新	重陽路	三重新重陽路1段122號
12	國道	臺北	板橋市-基隆市	修德國小	三重新	重陽路	三重新重陽路3段43號
13	國道	臺北	板橋市-基隆市	正義北路口	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
14	國道	臺北	板橋市-基隆市	三重交流道	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
15	國道	臺北	板橋市-基隆市	基隆交流道	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
16	國道	臺北	板橋市-基隆市	忠一路	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
17	國道	臺北	板橋市-基隆市	鶯歌里	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
18	國道	臺北	板橋市-基隆市	長庚醫院	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
19	國道	臺北	板橋市-基隆市	橋郡社區	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
20	國道	臺北	板橋市-基隆市	長樂里	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
21	國道	臺北	板橋市-基隆市	國家新城	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
22	國道	臺北	板橋市-基隆市	長樂里	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
23	國道	臺北	板橋市-基隆市	橋郡社區	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號
24	國道	臺北	板橋市-基隆市	長庚醫院	三重新	重陽路	三重新重陽路4段79號

圖 2 路線資料庫站位 Excel 資料內容

依據對國內有關汽車客運管理之相關文獻回顧，歸納出目前利用 GIS 建置汽車客運路線資料之方式有下列三種：

1. 利用數化方式建置：此為地理資訊系統資料之基本建置方式，由人工以數化儀繪製汽車客運路線之新圖層，由於目前並無汽車客運路線之底圖，故需先描繪紙本路線圖，或以道路圖層為底圖再進行套繪作業，如莊凱勳^[3]、黃俐嘉^[5]、邱奕明^[6]、王湮筑^[7]及黃國紋等人^[10]為以此方式建置路線資料。然由於汽車客運路線涵蓋範圍可能跨越多個縣市區域，資料之品質常因人而異，如圖 3 即為利用此種建置方式所產生之誤差示意圖，由該圖中可發現以圈選處表示之路線資料並未與道路資料疊合，此即可能產生各項分析數據之誤差，亦無完整道路屬性資料。
2. 以道路圖層為底圖，利用線段選取方式建置：此種資料建置方式乃是以道路圖層為底圖，再由人工依據汽車客運路線資料，利用圖面點選線段方式逐一選取路線行經路段，如王晉元等人^[9]、賀力行等人^[8]之研究均採此種方式建置路線資料，此種資料建置方式可確保資料品質，但卻十分耗費人力。
3. 利用演算法進行資料建置：此種作業方式乃為改善前述以人工方式建置資料作業效率而產生，主要在利用既有營運路線許可證上所記載之路線沿線道路名稱或是站牌經緯度位置，利用演算法在有限資料下自動產生路線資料，再透過人工方式檢核正確性即可，如陳良瑋^[12]、游怡芳^[14]、黃湧哲等人^[11]均採此種資料建置方式，其中陳良瑋^[12]乃是在已知站牌資料前提下，利用 ArcView 所提供之動態路段 (dynamic segmentation) 與最短路徑 (shortest path) 功能自動產生路線資料；黃湧哲等人^[11]則是以營運路線許可證所記

載之資料為基礎，利用 ArcView 所提供之路段篩選功能，篩選出許可證上所記載有相同路名之道路路段，再利用人工方式判斷路線實際經過之路段。以圖 2 之系統操作畫面為例，當使用者輸入中山路後，系統即會將所有與中山路有關之道路路段顯示於查詢欄中，再由使用者自行篩選。然以圖 4 之例而言，系統篩選出之路段中（如圖 5）所示之系統產製路段，但實際之營運路網僅為該圖中之虛線部分，故若路線行經路段之同一路名道路範圍較大時，其後續篩選時間即會相對增加。

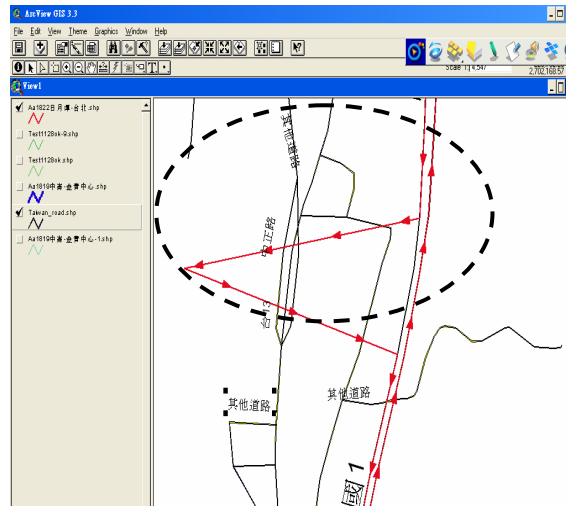
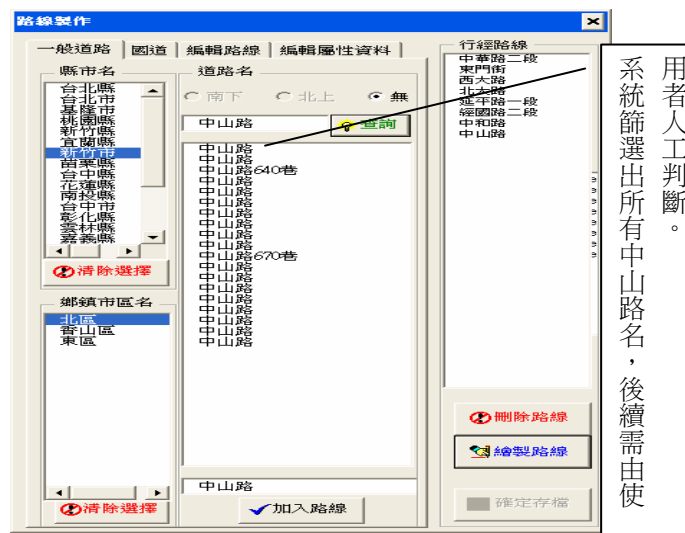
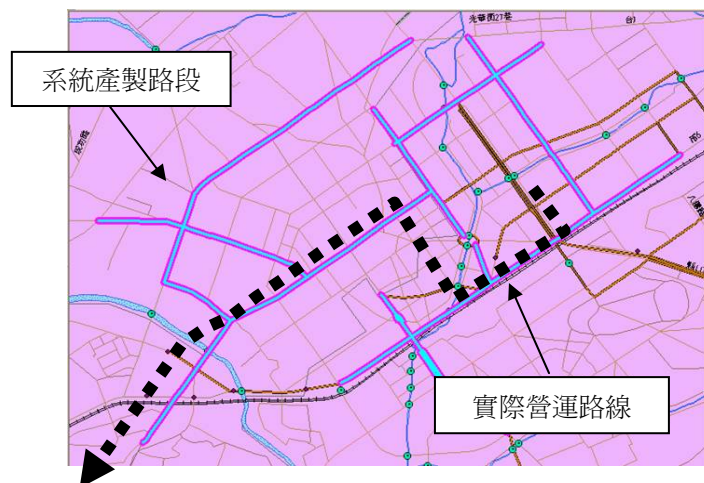


圖 3 路線圖層數化誤差示意圖



資料來源：黃湧哲等人^[11]

圖 4 國內路線建置系統輸入行駛路線畫面



資料來源：黃湧哲等人^[11]

圖 5 國內路線建置系統產製路線畫面

依據美國大眾運輸局之研究報告^[15]指出，在基本地圖 (base map) 上建置公車站牌等 GIS 資料時最常犯的兩個錯誤：一為直接在底圖之節線 (line) 資料上進行路線資料之軌跡套繪 (tracing a route)；另一為只在底圖上以經緯度座標記錄站牌資料。該報告亦指出此兩種建置方式雖可在路網資料呈現出站牌與路線資料，但因未與道路特性資料 (如路名、門牌號碼) 相連結，而無法進行更多的空間分析及 ITS 的應用。綜合前述文獻之探討，可發現以往有關汽車客運研究多為計畫導向，故較著重於營運作業之分析，並未特別針對資料建置與維護作業加以探討，故常以最單純之人工數化方式進行資料建置。此種建置方式即是美國大眾運輸局之研究報告^[15]中所指之第一類錯誤，僅能適用於個別之研究主題，而無法進行全面性的深入研究。在王晉元等人^[9]之研究中曾利用圖面線段選取方式，建立國內第一套完整之公路汽車客運路線 GIS 資料庫，本研究利用該方法進行路線構建，發現由於資料建置人員需在不同比例尺上之電子地圖上搜尋路線服務節線，但受限於建置人員對客運路線服務範圍之熟悉程度，每條路線建置時間均在 5 分鐘以上，其中國道路線由於營運範圍較大，節線搜尋不易，時間甚至長達 12 分鐘，且該資料庫因為缺乏維護機制，目前已多與現況資料不符。而陳良瑋^[12]及黃湧哲等人^[11]曾分別在站牌座標已知及營運路線許可證已知前提下，利用 GIS 之空間分析功能，進行路線之自動化建置作業，雖然陳良瑋^[12]所發展之市區公車路線構建方法具有不錯之成效，但以目前臺灣地區之汽車客運路線資料現況而言，已知站牌座標經緯度的比例仍偏低，而且該方法是否適用於站牌密度較低之城際客運，仍有探討之空間。黃湧哲等人^[11]雖以目前資料最為完整之營運路線許可證作為資料構建基礎，但利用該方法建置路線資料之時間，卻亦受路線行經路段之長度與複雜度而異，依據本研究之實際測試，該方法之資料建置時間約在 10 ~ 15 分鐘，其中國道客運路線之建置時間較圖面線段選取方式為短。整體而言，以目前常用建置方式中時間較

短者，進行臺灣地區所有汽車客運路線資料地理資料建置時間概估，約需花費 2,800 小時，若以每天 8 小時工作時間估算，約需 350 工作人天。由前述可知，雖然臺灣地區應用 GIS 進行汽車客運之研究雖已有十餘年歷史，但大都屬論文研究或是主管機關基於特殊管理目的所進行之研究計畫，在實務應用層面，仍缺乏一套完整之路線 GIS 資料建構方法。顯示未來臺灣地區若不能以更有效率方式建置及維護公路汽車客運路線資料，不僅無法提升主管機關之營運管理與規劃能力，更將影響到我國未來 APTS 與 ATIS 之發展。

三、資料構建方法

經由前述針對汽車客運路線資料現況及相關文獻資料之回顧，可歸納出目前汽車客運路線之原始資料可區分為：路線經過道路名稱、路線經過站牌名稱及路線經過站牌座標值等三種類型，此三種類型之資料主要差異在於資料來源，在道路名稱方面，主要資料來源為許可證及路線資料電子檔，其資料包含在路線起訖站間，以路名或是交流道名稱依行經順序記錄之道路名稱；站牌名稱的資料亦可從許可證、路線資料電子檔中得到，資料之描述方式為在路線起訖站間，以地址、地標、路口或交流道名稱表示該路線所行經之所有站牌名稱；在建置公車動態資訊系統過程中，透過 GPS 定位儀器所得到的各站牌經緯度座標資料。現行客運業者申請路線時，需依許可證相關規定提供行經道路名稱及站牌位置，因此可視為確定可獲得之資料；另外，站牌座標資料僅在業者提供時，才可獲得此資料，因此並非為必要條件。其各類型資料之來源及描述狀況可彙整如表 1 所示。依據目前國內三種路線資料類型及考量 GIS 軟體模組成本問題，分別提出三種不同演算法及對應之資料構建方法，使路線建置作業能在不同資料來源、資料特性及可選擇性使用 GIS 最短路徑模組以節省軟體成本之情況下順利完成，並依照交通部運輸研究所^[11]建置之公路汽車客運路線資訊管理系統資料庫規劃內容，將演算法處理後之一般路線資料與空間資料，分別儲

表 1 路線資料來源分析彙整表

類型	道路名稱	站牌名稱	站牌座標值
資料來源	許可證、路線資料電子檔		業者 GPS 定位儀器
描述方式	起站名稱＋行駛道路 (路名或交流道名稱) ＋訖站名稱	各站位名稱 (地址、地標、路口或 交流道名稱)	各站位之經緯度
構建方法	道路名稱產製演算法	站牌名稱產製演算法	站牌座標產製演算法
GIS 圖層	道路基本圖 (base map) 交流道圖層	道路基本圖 (base map) 重要地標、交流道圖層	道路基本圖 (base map)

資料來源：本研究整理

存至公路汽車客運路線資訊管理系統中，因此本研究在資料來源及輸出格式已被規範與限制下，發展三種符合資料輸出入格式之路線產製演算法，其特性為演算法與資料相互獨立，無需變更原有資料庫項目與內容，即可利用現有資料快速產製路線空間資料檔，因此資料與演算法彼此間皆相互獨立（如圖 6 所示），後續茲就三種演算法之詳細內容分別加以說明。

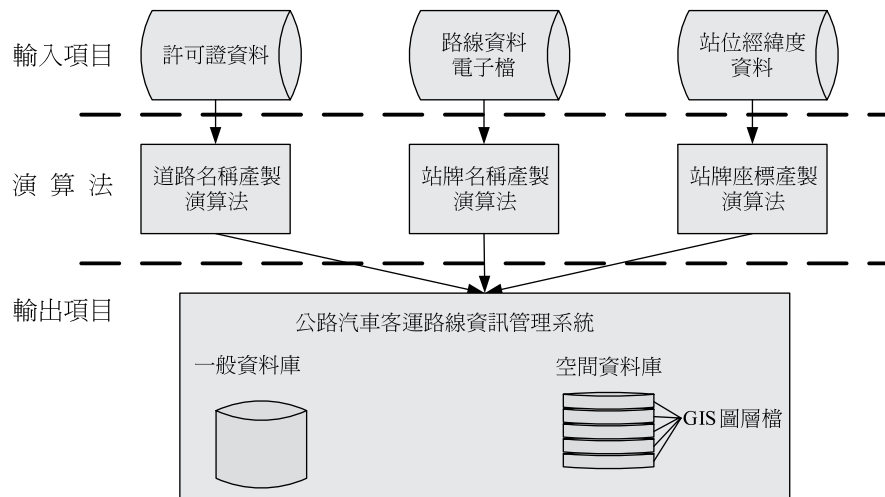


圖 6 演算法及輸出入項目示意圖

（一）道路名稱產製演算法

該演算法乃因應營運路線許可證及主管機關之文字資料庫中，有關汽車客運路線沿線所經過道路名稱資料所產生，茲舉臺北至高雄的國道客運路線之記錄方式加以說明：承德站（起站）—承德路—民權西路—重慶北路—重慶北路交流道—中山高速公路—高雄交流道—九如一路—民族一路—高雄站（訖站），如前述記載方式，可發現資料中詳細記載起訖站間，車輛所行駛之道路名稱順序，而若為國道客運路線，則將增加記錄上交流道名稱、行經高速公路名稱及下交流道名稱，當使用者利用如圖 7 之路線資料輸入畫面，以人工方式依序輸入起訖點與行經之道路名稱後，先將資料記錄於資料庫中，再利用圖 8 之分析流程產製汽車客運路線。茲就該演算法之重要步驟說明如下：

1. 起訖站位空間定位：將起訖端點之場站定位至包含行政區屬性之基本道路圖層中，並將該路段設定客運路線之起訖路段。
2. 路線營運型態判別：透過對輸入資料之字串拆解，辨別資料中是否包括「交流道」、「高速公路」等國道客運路線特有之字串，若存在這些字串，即表示所建立之路線資料為國道客運路線，則需使用國道路段節線篩選模組；若非國道客運路線，則直接進行一般道路路段節線篩選模組進行資料建置作業。

圖 7 道路名稱產製法基本資料輸入畫面

3. 國道路段節線篩選模組：進行國道客運路線行駛國道路段及交流道路段節線之篩選作業如下：

- (1) 因目前臺灣地區基本道路圖層中，國道部分之道路屬性資料庫存在一個空間關聯性之道路序號 (order) 欄位，故依上／下交流道即可判斷出客運路線中之國道路段節線。以圖 9 之簡例而言，A 交流道在資料庫中之道路序號值為 20，B 交流道之道路序號值為 50，由該序號差異即可判斷國道部分的屬性資料庫道路序號欄位值介於 21 至 49 之間，即可篩選存入國道路段可行解集合。
- (2) 交流道路段節線篩選：依交流道名稱、方向性與一般道路路段之相關關係，篩選出道路圖層中候選之交流道路段。

4. 一般道路路段節線篩選模組：

- (1) 相同路名線段篩選：依據使用者所輸入各汽車客運路線之行政區與路段名稱，搜尋具有相同道路名稱之所有節線 (圖 10)，存入候選所有路名集合 br ，與交叉路口集合 cr (圖 11)。
- (2) 篩選可行解：由集合 br 中依集合 rr 之行經道路順序篩選道路，並以路段的兩端點 $x1$, $x2$ 為路段連結條件， $x1$ 或 $x2$ 其中之必需符合交叉路口集合 cr (如圖 8, $i = 2$)，以表示此路段 (如圖 8，路段 tr) 為行駛路線；若 $x1$ 與 $x2$ 其中之一不屬於 cr ，則表示此路線之路名雖符合行駛路線 rr ，但此路段並非與行駛路線同一方向，以致於此路段的另一節點無法與集合 cr 之路口相交，因此視為不正確之無效路段，需再回至原交叉路口 ($i = 2$)，再搜尋其他路段，直到集合 rr 之所有路名皆被搜尋完成。

5. 路線圖層產製：將所篩選之可行解集合 sr ，直接轉換成具電子地圖特性之 shp 圖層檔，以利後續管理與使用。

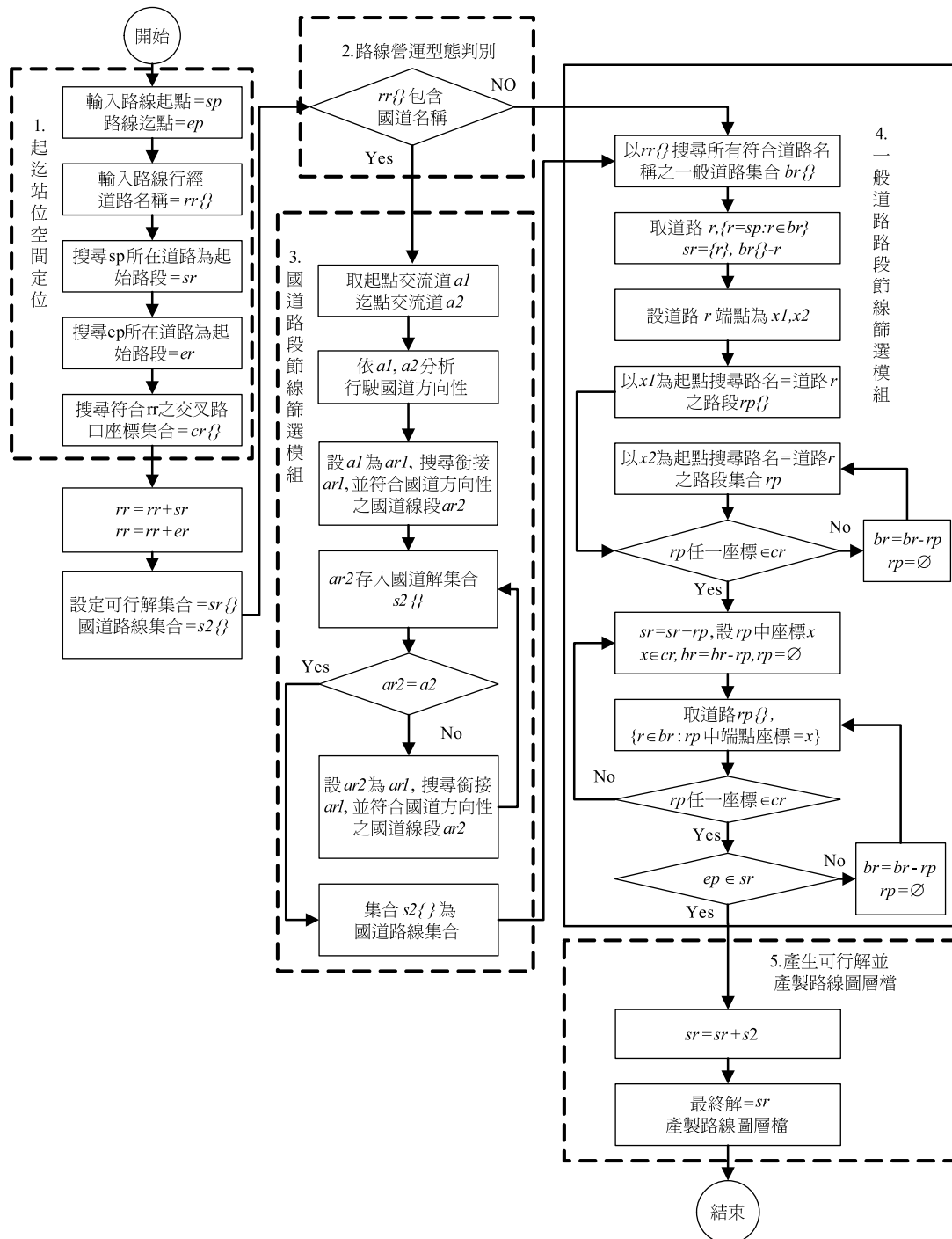


圖 8 道路名稱產製演算法分析流程

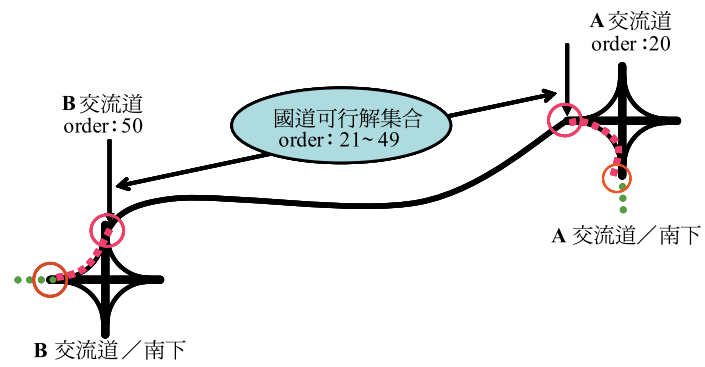


圖 9 國道路段節線篩選示意圖

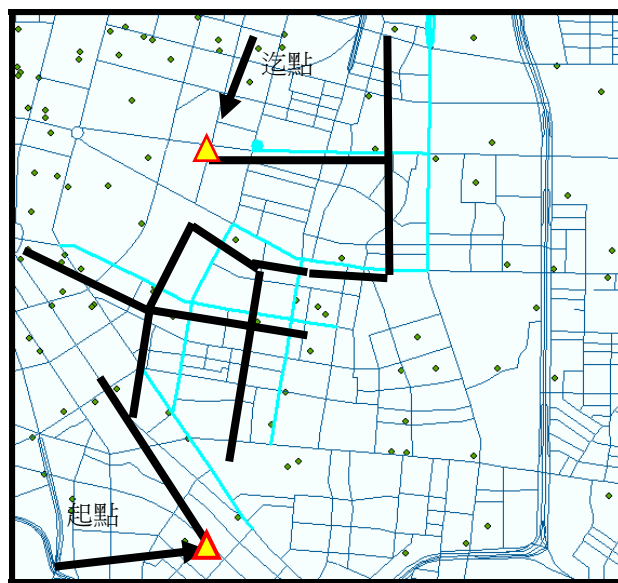


圖 10 相同路名線段篩選結果示意圖

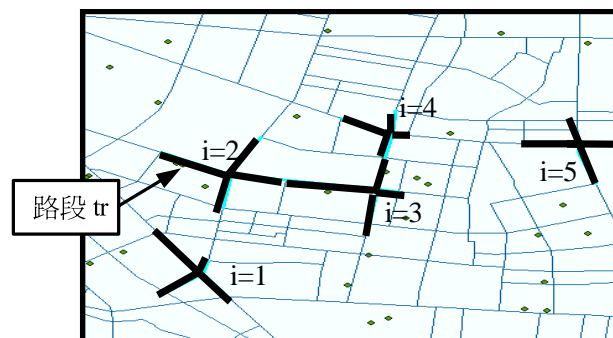


圖 11 交叉路口篩選狀況

(二) 站牌名稱產製演算法

該演算法乃因應營運路線許可證及主管機關之文字資料庫中，有關汽車客運路線沿線所停靠之站牌名稱資料而產生，而若為國道客運路線，則將增加上、下交流道名稱之記錄，站牌名稱之記錄方式通常包括地址、重要地標及交叉路口等類別。當使用者利用如圖 12 所示之路線基本資料輸入畫面，分別透過不同記錄方式記錄站牌位置後，即透過如圖 13 之演算法進行圖形資料之產製工作。茲就該演算法之重要步驟說明如下：

站牌 ID	路線 ID	站牌名稱	站牌類別
Y101	1200	台北	0
Y102	1200	新竹	1
Y103	1200	新竹	1
Y104	1200	台北	1
Y105	1200	台北	1
Y106	1200	新竹	1
Y107	1200	新竹	1
Y108	1200	桃園	1
Y109	1200	桃園	1
Y110	1200	台北	1

圖 12 站牌名稱產製法基本資料輸入畫面

1. 站牌定位分析：分別針對站牌名稱之可能輸入方式，包括重要地標、門牌地址、交叉路口及交流道等四項，進行地圖之定位作業，並將定位所得之座標資料存入站牌資料集合中，其目的在於取得站牌位置，以便於後續執行最短路徑演算法進行構建客運路線。
2. 判斷各站牌點之最近節線路段：為方便取得以公尺為單位之距離資料，本研究使用運研所 TWD97TM2 地圖資料，並由資料庫取得經緯度資料後，使用 GIS 軟體功能將其轉換成地圖點位置，進行搜尋站牌點之最近道路所屬路段。由於以交叉路口為定位點之站牌點在篩選上可能會誤判道路，或以學校為重要地標定位點時，因學校之座標值在電子地圖中均位於學校地理位置之中心點，故需判斷所篩選之站牌點最近節線路段是否為實際行駛路線，以確保所產製之路線具正確性。
3. 計算點定位於最近節線路段之比例：由點位置取其最近節線路段之比例，點位置為此站位於所屬路段之定位點。
4. 執行最短路徑模組：由於一般汽車客運路線站牌之站距約在 800 至 1,200 公尺間，故站間以最短路徑行駛之機會甚高，而在交流道間之行駛路徑則必定為高速公路路段，一般最短路徑模組所需設定之參數包括：「是否起訖同站」與「是否依站序求解」等項目，由於站牌資料中已清楚設定站牌順序，若路線必須回到原始發車站時，最後一個設定之

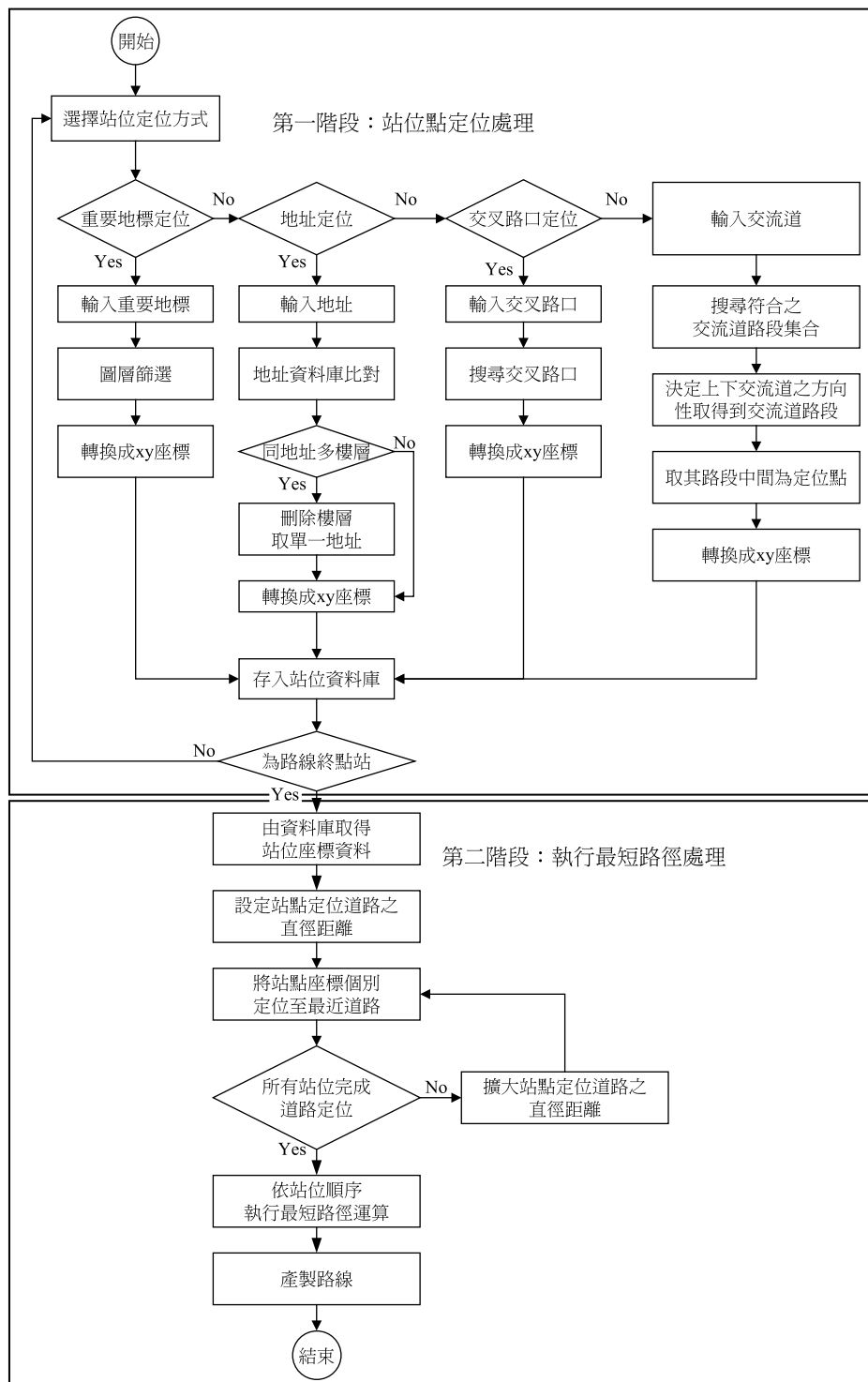


圖 13 站牌名稱產製演算法分析流程

站牌即為原始發車站；若路線不需回到發車站時，即以最後之站牌為終點；另一方面，最短路徑模組亦設定依站點次序求解或不需依站序求解，若為不需依站序求解，將會發生雖路線為最短路徑，但行駛站序可能錯置的情況。因此在執行最短路徑模組時，即不必作回到原始發車站與需依站序求解之設定。另外，阻抗值為是否行經此路段之重要依據，若阻抗值愈大，表示此路段所需行駛之距離愈長，因此愈不易行駛此路段。因此在設定阻抗值時，可將某些路段設為無限大，如大客車無法正常行駛之五米寬巷道或其它特殊路段。最後，再執行最短路徑模組，以求其站位之行駛路徑。當設定完成後，即以最短旅行時間進行客運營運行駛路線之分析與篩選作業。

5. 完成建置路線：產生路線結果完成建置路線，產製此路線圖檔。

(三) 站牌座標產製演算法

此類型資料通常乃利用 GPS 定位儀加以蒐集並記錄，後續本研究構建之演算法，在使用者進行如圖 14 所示之路線基本資料與所經過站牌座標之匯入後，即可自動產生汽車客運路線資料，茲將針對此種資料類型所設計之路線構建方法，稱為「站牌座標產製演算法」，該演算法之分析流程如圖 15 所示，以下就該演算法之重要步驟進行說明：

1. 建置站位點資料：先由全球定位系統或相關定位科技取得站位之座標資料，另建置站位屬性基本資料。
2. 各點經緯度存入站位資料庫：將經緯度資料、屬性資料匯入資料庫中。
3. 判斷各定位點之最近節線路段：程式讀取資料庫經緯度座標後，為方便取得以公尺為單位之距離資料，因此使用運研所 TWD97TM2 地圖資料，並由資料庫取得經緯度資料後

站牌 ID	站牌名稱	站牌經度	站牌緯度	站牌序
569549	亞細亞客運	台北-新竹	市府站	1
569549	亞細亞客運	台北-新竹	聯合街	2
569549	亞細亞客運	台北-新竹	延吉街口	3
569549	亞細亞客運	台北-新竹	湖邊路口	4
569549	亞細亞客運	台北-新竹	安和路口	5
569549	亞細亞客運	台北-新竹	新北路口	6
569549	亞細亞客運	台北-新竹	復興路口	7
569549	亞細亞客運	台北-新竹	復興路口	8
569549	亞細亞客運	台北-新竹	金華街口	9
569549	亞細亞客運	台北-新竹	和平路口	10
569549	亞細亞客運	台北-新竹	和平路口	11
569549	亞細亞客運	台北-新竹	臺南站	12

圖 14 站牌座標產製法基本資料輸入畫面

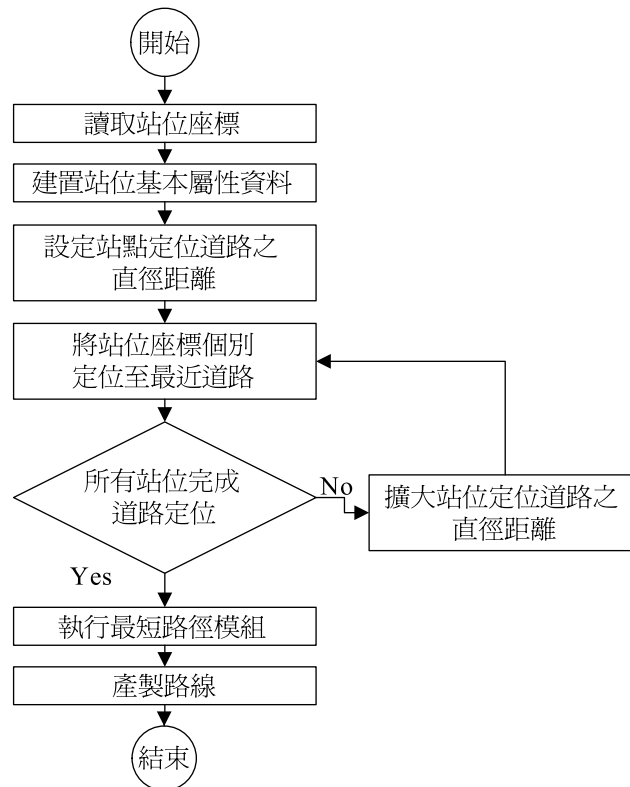


圖 15 站牌座標產製演算法分析流程

使用 GIS 軟體功能將其轉換成地圖點位置，如圖 16 所示。個別搜尋距離定位點最近之道路路段，以作做為此定位點所行經之路段，後續執行最短路徑模組時，須含有此路段必要條件。

4. 執行最短路徑模組：運用與站牌名稱產製演算法相同之最短路徑模組，進行最短路徑分析。
5. 完成建置路線：產生路線結果完成建置路線，產製此路線圖檔，如圖 17 所示。

四、測試與評估

汽車客運路線資料的建置，需在正確而快速之前提下完成，否則兩千多條之路線建置與編修，將耗費大量人力與物力，為了解本研究依據目前汽車客運路線資料所發展之三種演算法，是否較以往文獻採用之建置方式具有較高之準確性與效率性，本研究選取市區汽車客運路線、公路汽車客運一般路線及公路汽車客運國道路線共 109 條進行資料建置作業，進行比較之資料建置方式包括黃湧哲^[11]所發展之資料建置方式（後續簡稱方案 I）、直

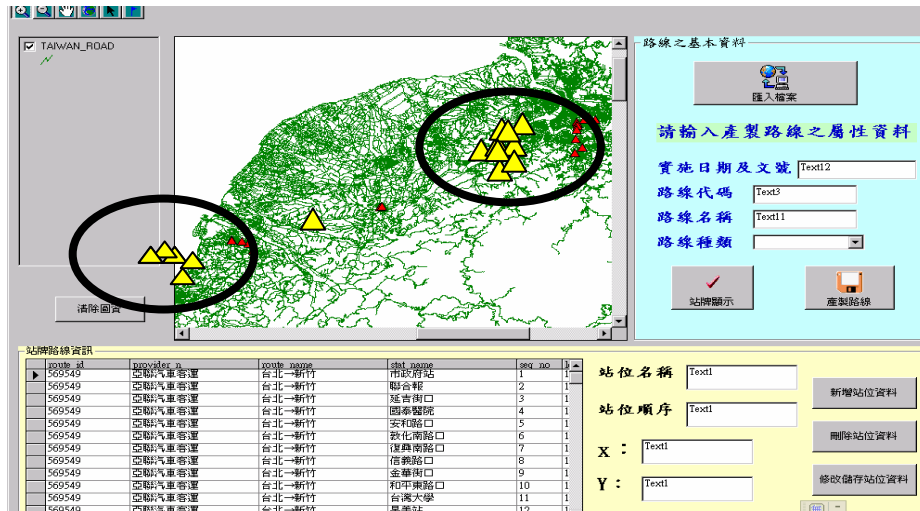


圖 16 站位座標轉換示意畫面

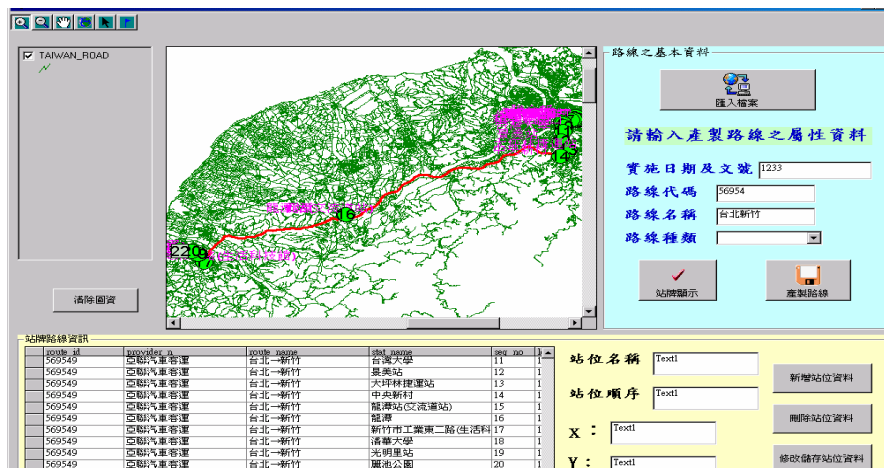


圖 17 利用最短路徑演算法產製路線畫面

接在圖面點選路線之資料建置方式（後續簡稱方案 II），及本研究所構建之道路名稱產製演算法（後續簡稱路名方案）、站牌名稱產製演算法（後續簡稱站名方案）及站牌座標產製種演算法（後續簡稱座標方案）等五種。方案評估所採取之指標，則包括衡量資料建置效率的總建置時間指標，及衡量資料正確性之路段節線正確率及路線長度正確率兩項指標，茲就各指標之具體內容說明如下：

1. 總建置時間（單位為秒）：該時間之計算，乃指從路線原始資料備齊後到產製路線圖檔資料為止，其中本研究所發展之三項方案則將再記錄資料輸入、演算法計算及資料編修等

三階段之作業時間。

2. 路段節線正確率 (單位為%)：該指標乃為衡量利用不同建置方案所產製之路線資料，與實際汽車客運路線資料中路段節線之符合比例，若該指標值越高，表示該方案所建置之路線資料所需進行局部編修之路段節線越少，亦即越接近實際之營運路線。
3. 路線長度正確率 (單位為%)：該指標乃為衡量利用不同建置方案所產製之路線資料，與實際汽車客運路線資料中路線長度之符合比例，若該指標值越高，表示該方案所建置路線之精確度越高，所需進行局部編修之內容越少，亦即越接近實際之營運路線。

經利用各汽車客運路線資料建置方案，分別就 109 條不同類型路線資料進行建置後，本研究針對資料建置效率及資料正確性兩類型指標之評估結果，綜合說明如以下內容。

(一) 資料建置效率指標

各不同方案資料建置總時間比較可彙整如表 1 所示，由表中資料可知，方案 I 之路線建置時間平均為 7,484 秒，其主要乃因該方法僅依據路線經過之路名進行判斷，而在同一個縣市內相同路名之路段可能很多，常會產生許多多餘之路段節線，故需由人工經過大量資料編修作業方能完成，特別在一般公路路線中，因為行經行政區域較多，相同路名之影響程度較大，在編修過程中常需轉換不同比例尺以確認正確之路段，故時間達 9,572 秒；而方案 II 乃由人工方式逐一選取路段節線，故平均建置時間亦達 5,741 秒，其中由於國道路線之營運路線長度較長，其資料建置時間較方案 I 之建置時間為長；而本研究所發展之三種路線產製演算法，以座標方案之資料建置時間最短，平均僅為 114 秒，可大幅節省作業時間達 98%，若再進一步由表 2 資料分析其作業時間，則可發現由於座標方案之站牌座標均為已知，僅需透過轉檔功能寫入資料庫中，故時間可減少至 3 秒，而演算法之計算時間僅需 17 秒，資料編修時間亦僅有 94 秒；其次為路名方案的 185 秒，其作業時間之節省比例在 96% 以上，其中主要以資料建置所花費時間最多，達 114 秒，而演算法之計算時間亦達 71 秒，為三個演算法中計算時間最長者，但由於該方案之資料正確率高，故在案例中均不需進行編修作業；時間花費最長之路線產製演算法為站名方案，平均作業時間雖達 591 秒，但與現行最快之建置方式相較，仍可節省作業時間達 89% 以上，進一步分析其作業時間可發現，雖然該方案之演算法計算時間僅為 41 秒，資料編修時間亦僅需 88 秒，但在建置站牌資料方面卻需花費 462 秒，導致整個方案之路線建置時間最長。

(二) 資料正確性指標

針對各方案利用不同類型路線資料所建置資料之正確性指標比較表可彙整如表 3 所示，由表中資料可發現，由於方案 II 乃由人工方式逐一選取路段，故其節線正確率均可達 100%，但在長度正確率指標方面，因為部分路線之起訖點並不一定為電子地圖之節點，故無法完全符合實際營運路線，但亦均在 96% 以上；而方案 I 因為資料建置方式僅依據路線經過之路名進行判斷，而在同一個縣市內相同路名之路段可能很多，常會產生許多多餘之

表 1 各方案建置時間比較彙整表

單位：秒

方案別 路線 類型	方案 I	方案 II	本研究		
			路名方案	站名方案	座標方案
國道	6,848*	7,650	218 (-96.8%)**	749 (-89.1%)	152 (-97.8%)
市區	6,032	4,532*	176 (-96.1%)	460 (-89.8%)	89 (-98.0%)
公路	9,572	5,040*	162 (-96.8%)	563 (-88.8%)	101 (-98.0%)
平均	7,484	5,741*	185 (-96.8%)	591 (-89.7%)	114 (-98.0%)

註：*表方案 I 與 II 中建置時間較短者；

**() 中數字表示本研究發展方案之建置時間與方案 I、II 中時間較短方案之時間節省比例。

表 2 本研究三種建置方案資料各階段平均作業時間彙整表

單位：秒

時間別 方案別	資料輸入	演算法計算	資料編修	總建置時間
路名方案	114	71	0	185
站名方案	462	41	88	591
座標方案	3	17	94	114

表 3 本研究與文獻採用方法之建置資料符合率比較表

單位：%

方案別 比較項目		方案 I	方案 II	本研究		
				路名方案	站名方案	座標方案
節線正確率 (%)	國道	86.75	100.00*	100.00 (0.0)**	99.37 (-0.6)	98.47 (-1.5)
	市區	84.00	100.00*	100.00 (0.0)	100.00 (0.0)	96.38 (-3.6)
	公路	37.50	100.00*	100.00 (0.0)	97.41 (-2.6)	97.30 (-2.7)
	平均	69.42	100.00*	100.00 (0.0)	98.92 (-1.1)	97.38 (-2.6)
長度正確率 (%)	國道	68.45	98.20*	100.00 (1.8)	99.97 (1.8)	98.30 (1.0)
	市區	70.80	96.85*	100.00 (3.1)	100.00 (3.1)	96.25 (-0.6)
	公路	58.70	97.60*	100.00 (2.4)	98.55 (1.0)	94.50 (-3.1)
	平均	65.98	96.57*	100.00 (3.4)	99.5 (2.9)	96.35 (-0.2)

註：*表現行方案 I 與方案 II 中資料符合率最高者；

**() 中數字表示本研究發展方案與方案 I、II 中正確率最高之差異值。

路段節線，故其節線正確率最高雖可達 87%，但在一般公路路線中，因為行經行政區域較多，相同路名之影響程度較大，故節線正確率僅有約 38%，而長度正確率則平均在 66% 左右，故後續之比較基準，將以現行建置方案中資料符合率較高之圖面選取方案作為比較基準。本研究所構建之三種路線產製方案中，以路名方案之符合率最高，均可達 100%；其次為站名方案，其節線正確率平均在 98% 以上，而不同類型之公路客運路線型態均可在 97% 以上，長度正確率平均可達 99%，不同類型之公路客運路線型態均可在 98% 以上，若與圖面選取方案相較，節線正確率略低 1%，但長度正確率卻較高出約 3%；而座標方案之資料符合率雖均較圖面點選方案差，但平均差距僅約 4%，顯示本研究所發展之三種路線產製方案在節線正確率及長度正確率之平均值均在 96% 以上。

綜合前述兩類指標之分析，可發現本研究所發展之三種汽車客運路線產製演算法，在自動產置 GIS 資料之正確性方面，雖然其路段節線正確率未必較方案 II 為高，但仍可達 97% 以上之正確率；在路線長度正確率方面，除座標方案略低於方案 II 外，其餘兩種方案均較方案 I 及 II 為佳，其中路名方案之正確率更可達 100%。顯示本研究依據不同資料特性所構建演算法，其自動建置汽車客運路線 GIS 資料與實際路線資料之差異程度，可控制在 4% 以內，造成此一差異之原因，大都源自於原始資料所記錄之站牌經緯度座標誤差或地址紀錄不完整所致，此可透過對站牌資料的微調，在短時間內提升資料之正確性。而在資料建置效率方面，經考量資料輸入、演算法計算及資料編修等步驟之整體作業時間後，可發現本研究三種演算法，均可將以往平均達 96 分鐘之資料建置時間縮短在 10 分鐘以內，效率之提升幅度可達 90% 以上。若扣除每一種方案均需花費的人工資料輸入作業，更可發現本研究所發展之三種演算法，可將建置每一條汽車客運路線 GIS 資料所花費的時間縮短到約 2 分鐘，亦即可把目前以人工為主之資料建置方式，提升到半自動化程度。若將此一測試結果擴大到目前國內約 2,000 條汽車客運路線規模，可將原本約需花一年才能建置完成之時程縮短到約 8 天，而且在後續資料維護上，更可快速修正異動資料，使資料能確保即時性與正確性。

五、結論與建議

國內約兩千筆的汽車客運路線資料，雖然曾多次利用專案方式加以建置，但近年來汽車客運內、外在經營環境的激烈變化，路線資料異動頻繁，先前所建置之資料庫內容早已不符合實際情形，而由於國內一直缺乏一套完整之路線資料建置方法，因此傳統資料建置方式讓主管機關無法提供人力及物力重新更新資料。本研究依據目前資料現況與特性，分別發展道路名稱產製演算法、站牌名稱產製演算法及站牌座標產製演算法，以減少傳統人工化之作業比例，提升資料建置效率。綜合前述探討，本研究獲致之結論與建議如下：

1. 本研究針對汽車客運路線資料所構建之道路名稱產製演算法，乃運用地理資訊系統空間拓樸關係所發展之路段搜尋方法，當使用者依據營運許可證所記載資料，輸入汽車客運

- 路線沿線所經過之路段名稱後，該演算法即可自動產製路線資料。依據本研究所進行之實例測試結果顯示，該演算法平均在 71 秒內即可迅速產製方案，且其產製方案之路段符合率及長度正確率均可達 100%。若包括輸入資料在內，道路名稱產製演算法可將以往高達 5,741 秒之資料建置時間縮短至 185 秒。
2. 本研究所構建之站牌名稱產製演算法，乃結合地理資訊系統之地址對位功能及自行構建之 Dijkstra 最短路徑演算法，當使用者依據營運許可證所記載資料，輸入汽車客運路線沿線所經過之站牌名稱後，該演算法即可自動產製路線資料。依據本研究所進行之實例測試結果顯示，該演算法平均在 41 秒內即可迅速產製方案，且其產製方案之路段符合率達 98.92%、長度正確率可達 99.5%。若包括輸入資料在內，道路名稱產製演算法可縮短至 591 秒，其中最耗費人工的資料編修作業僅需 88 秒即可完成，對於作業效率的提升有顯著的幫助。
 3. 本研究所構建之站牌座標產製演算法，乃以 GIS 軟體所提供之最短路徑模組為基礎，當使用者由 GPS 定位儀所得之站牌經緯度座標匯入後，該演算法即可自動產製路線資料，依據本研究所進行之實例測試結果顯示，該演算法平均在 17 秒內即可迅速產製方案，且其產製方案之路段符合率達 97.38%、長度正確率可達 96.35%。若包括輸入資料在內，站牌座標產製演算法可縮短至 114 秒，為本研究所提之演算法中，資料建置速度較快者，其演算法雖在資料編修上需花費較多時間，但因在資料建置作業過程中，不需再做任何人工輸入作業，故能大幅節省資料建置時間。惟在選擇求解演算法時，需衡量資料調查及編修時所需人力時間及資料建置作業所需人力時間，依實際情況選擇符合成本之求解演算法。
 4. 本研究依據資料儲存現況所發展之三種路線資料建置演算法，經過實際測試，均可在短時間內產製 Shape 圖檔，且其自動產製之資料正確率均可達 96% 以上，大幅縮短人工投入比例，因此可降低主管機關進行路線資料更新之工作負荷，確保資料之即時性與準確性，未來將可作為公路審議、營運虧損補貼及客運營運服務評鑑等各項管理作業之分析基礎。
 5. 目前臺灣地區汽車客運路線資料之主管機關眾多，包括主管市區汽車客運業之各縣市交通局，及主管公路汽車客運業之公路總局各區監理所及北高兩市之交通局，營運許可證上對於營運路線的記載方式多所不同，而電子資料之欄位格式、維護方式亦不相同，建議後續宜建立標準化之資料格式與維護機制，同時統一營運許可證上之記載方式，以提升資料品質。

參考文獻

1. Sutton, J. C., "Geographic Information System Application in Transit", TCRP Synthesis 55, 2004.

2. 王秋惠，「公車路網設計方法之研究與電腦查詢系統之建立」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國七十八年。
3. 莊凱勳，「公車路線調整決策支援系統建立之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國七十八年。
4. 朱宏祥，「臺北市棋盤式公車路網與現況公車路網之效益評估比較」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十四年。
5. 黃俐嘉，「公車路網績效評估模式之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十六年。
6. 邱奕明，「公車路線調整準則與評估方法之研究」，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國八十七年。
7. 王湮筑，「市區公車之即有路線調整與新闢路線規劃程序之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十九年。
8. 賀力行、蘇昭銘、李陳國，「新竹市低污染公車營運研究計畫」，新竹市環境保護局研究報告，民國八十九年。
9. 王晉元、卓訓榮、李春茂、謝其政、陳志鶴、朱良浩、林誌銘，「運輸地理資訊系統在公路汽車客運管理上之應用」，交通部運輸研究所研究報告，民國八十四年。
10. 黃國紋、胡大瀛、鄭嘉盈、梁高華、黃淑敏、李達僮、柯景文、林繼國、王銘德、史習平，「汽車客運管理決策支援系統維護及擴充發展之研究（一）——大眾運輸營運評鑑之應用」，交通部運輸研究所研究報告，民國九十一年。
11. 黃湧哲、蘇昭銘、王穆衡、姚懷生、蔡志強、張彥然、曾幸敏、王銘德，「汽車客運管理決策支援系統維護及擴充發展之研究（二）——路線資訊管理系統之建置」，交通部運輸研究所研究報告，民國九十三年。
12. 陳良璋，「都市公車路網圖層架構改善之研究——以臺北市聯營公車資訊查詢系統」，國立臺灣大學地理學研究所碩士論文，民國八十七年。
13. 蘇昭銘、王穆衡、劉偉賢、黃立欽，「先進大眾運輸系統（APTS）整體研究發展計畫：臺灣地區汽車客運行前旅次規劃決策支援系統之規劃與示範計畫（一）」，交通部運輸研究所研究報告，民國九十三年。
14. 游怡芳，「以自然語言為基礎的交通路網通阻系統之研究」，國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士論文，民國九十年。
15. Okunieff, P. et al., "Best Practices for Using Geographic Data in Transit: A Location Referencing Guidebook", Research Report FTA-NJ-26-7044-2003.1, Federal Transit Administration, U. S. Department of Transportation, 2005.