

行政院國家科學委員會補助  
大專學生研究計畫研究成果報告

\* \*\*\*\*\* \*  
\* 計畫：整合社區民眾意識與地理資訊系統之接駁公車路線設 \*  
\* 名稱：計方法-以新竹縣新豐鄉為例 \*  
\* \*\*\*\*\* \*

執行計畫學生： 吳東怡  
學生計畫編號： NSC 101-2815-C-216-013-E  
研究期間： 101年07月01日至102年02月28日止，計8個月  
指導教授： 蘇昭銘

處理方式： 本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

執行單位： 中華大學運輸科技與物流管理學系

中華民國 102年03月23日

## 摘要

政府在建構大眾運輸無縫服務環境的過程中，如何利用符合經濟效益之服務模式，填補目前產生服務縫隙的地區將是一項重要課題。本研究透過與各村村長訪談得出各村之預設站點，希望藉由整合社區民眾意見，在路線設計過程中將民眾直接認知的運輸需求反映在路線規劃中，並運用越野尋蹤問題(Orienteering Problem, OP)特性，設計出有時時間限制條件下，能夠滿足民眾最大服務需求之接駁公車路線，本研究在得出各路線後，除了進行各路線之指標評估外，並以窮舉法得出各路線組合之方案，並以預設站點分數總分最高者及效益值最大者為最佳路線組合方案，並希望透過本研究所發展之研究方法，提供各地區設計接駁公車路線時之參考。

**關鍵字：**無縫運輸、公車路線設計、越野尋蹤問題

# 壹、前言

## 1.1 研究動機

在追求社會永續發展及建構公共運輸無縫服務環境思維下，政府近三年已積極投入一百多億新臺幣推動公共運輸服務，各縣市也開始思考如何妥善應用有限資源，提升公共運輸之服務率，以新竹縣市為例，2012年將新闢約二十條公車路線，其中有十條屬於填補服務縫隙之接駁公車(俗稱市民小巴)路線，以提供民眾最後一哩之大眾運輸服務。但是在研擬接駁公車路線的過程中常會遭遇兩個問題：第一個為民眾認為所規劃的路線無法滿足平常之需求，因而要求改變營運路線；第二個則為村里長或民意代表站在爭取當地民眾權益角度，要求服務範圍，以新竹縣竹北市之免費公車為例，由於規劃之初，缺乏完整之專業分析，各村里長要求營運路線要涵蓋其里別，最後妥協的結果則是增加許多營運里程。但由於接駁路線是以提供最後一哩路線為主，以交通分區為基礎推估旅次需求之傳統路線評估方式並無法適用在此類型之路線設計中，再者當地民眾意見也常為路線規劃帶來相當程度的干擾，故如何能在兼具民眾意見與專業規劃前提下，設計出真正能填補既有大眾運輸服務縫隙之路線將是現階段我國建構無縫公共運輸服務環境之重要課題。

以新豐鄉為例，根據本研究所持有最新之 2011 年份地理資訊圖層資料，新豐鄉境內涵蓋 17 個村里，共有 11,220 個門牌地址，總計有七條公路客運路線經過，其空間分布如圖 1.1.1 所示，圖中每一個綠色圓點為代表一個門牌位置，咖啡色範圍則代表以藍色三角形公路客運站牌位置向外做 500 公尺可涵蓋之服務範圍，而此服務範圍在新豐鄉境內總計涵蓋 77% 的門牌。

雖然既有公車服務範圍對於門牌涵蓋比率甚高，但在進行土地面積涵蓋率、道路面積涵蓋率等指標進行分析時，發現既有公車服務範圍對於總體新豐鄉之道路涵蓋率為 40%、土地面積涵蓋率 37%，相較於門牌涵蓋率而言可說差距頗大，此些數據表示公車服務範圍多主要集中分布在人口較為稠密之區域，故門牌涵蓋率高，而相對於其他人口分布較稀疏之區域則少有公車服務範圍，故對於土地面積及道路的涵蓋率頗低。

若再進一步以新豐鄉各村為範圍進行上述三項指標之分析，其結果彙整如表 1.1.1 所示，由表中資料可發現福興、青埔、瑞興、中崙、坡頭及鳳坑等六個村之公路客運服務涵蓋率均低於 50%，其中青埔及瑞興兩個村之各項指標涵蓋率更是不及 10%，發現看似公車服務範圍對於新豐鄉總體之門牌涵蓋率高，滿足了大多數居民的服務，但其實新豐鄉各村的大眾運輸服務差異甚大，也造成了有些村里之公車服務貧瘠之問題。但此些差異是因為該村村民無旅次需求，還是公路客運服務所產生之縫隙，實有賴進一步加以探究。

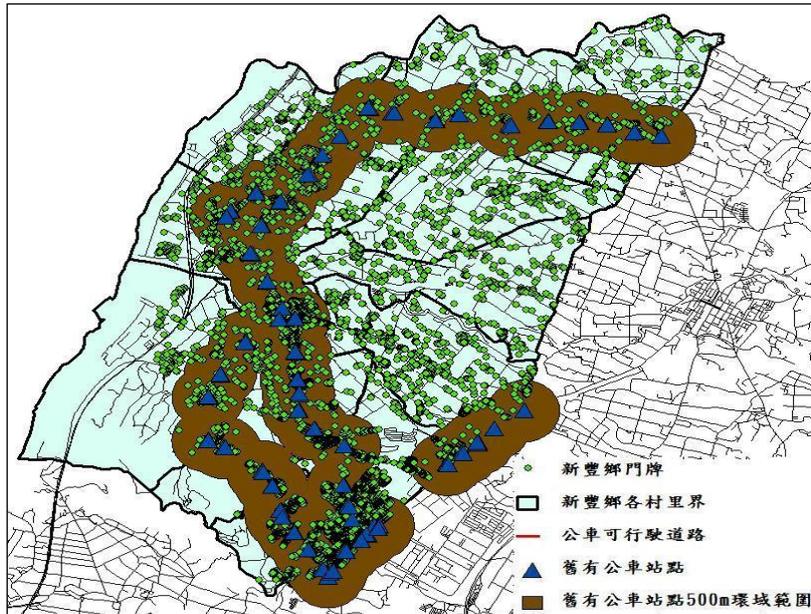


圖 1.1.1 新豐鄉門牌位址與之公路客運服務範圍分布圖

資料來源：本研究分析

表 1.1.1 新豐鄉公路客運不同類型服務範圍彙整表

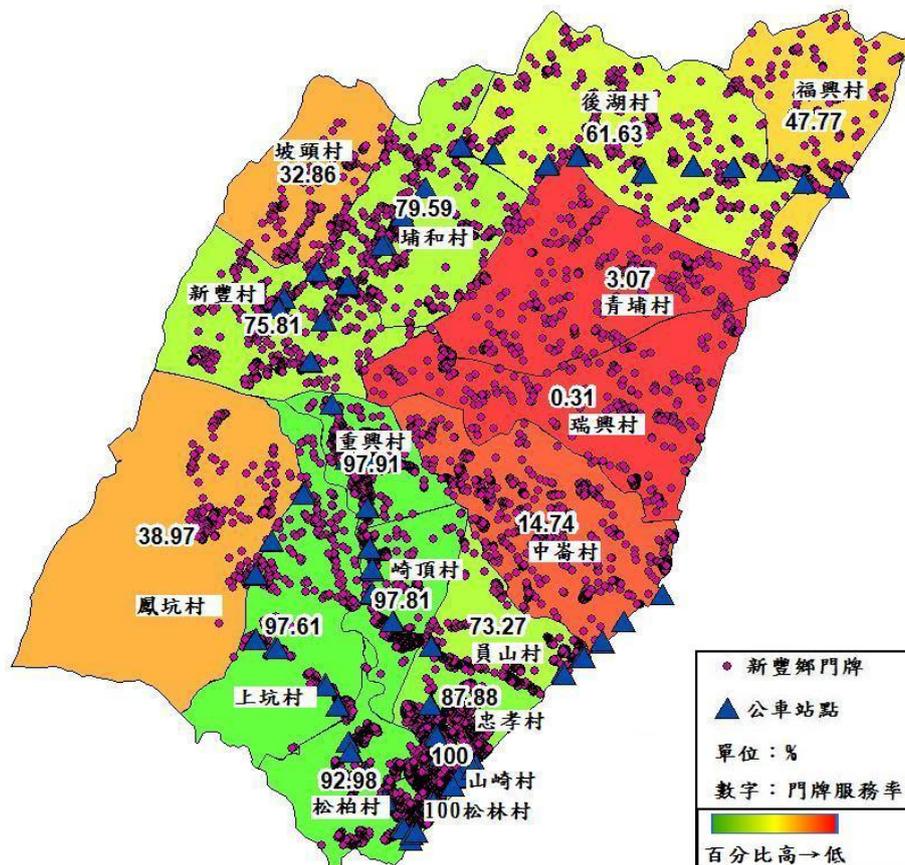
新豐鄉公路客運不同類型服務範圍 單位：%				
編號	村名	道路涵蓋率	面積涵蓋率	門牌涵蓋率
1	上坑村	81.38	72.75	97.61
2	山崎村	100.00	100.00	100.00
3	中崙村	18.24	14.73	14.74
4	坡頭村	9.01	9.98	32.86
5	忠孝村	82.61	70.54	87.88
6	松林村	100.00	100.00	100.00
7	松柏村	72.56	72.50	92.98
8	青埔村	6.53	7.45	3.07
9	後湖村	53.42	51.94	61.63
10	重興村	87.96	83.66	97.91
11	員山村	39.52	44.00	73.27
12	埔和村	66.53	63.24	79.59
13	崎頂村	74.24	70.68	97.81
14	新豐村	48.98	53.22	75.81
15	瑞興村	0.47	0.63	0.31
16	福興村	26.93	23.07	47.77
17	鳳坑村	18.46	14.21	38.97
總計		40.72	37.08	77.09

資料來源：本研究分析

## 1.2 研究問題

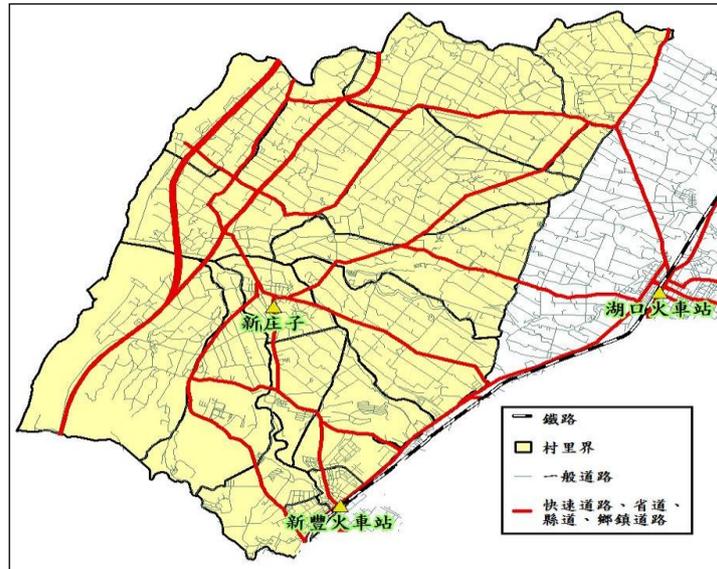
本研究進一步將表 1.1.1 中門牌涵蓋率資料利用地理資訊系統呈現其空間分布狀況如圖 1.2.1 所示，其中在各區塊中皆有標示該村里之村名，以及在村名旁的數字為該村門牌涵蓋率，單位為百分比，另在各個村里區塊皆有填滿不同的顏色，其顏色為由綠色到黃色，轉為橘黃最後為紅色之漸層，此一漸層主要為隨著門牌涵蓋率高顏色越綠，門牌涵蓋率越低則顏色越紅色，詳細顏色漸層之變化見圖 1.2.1 中之圖例。

故由圖 1.2.1 可發現，新豐鄉東南側之山崎村、松林村等區域，因包含了新豐鄉主要聯外運輸節點，如新豐客運站及新豐火車站均坐落在此，且此區為居住密度最高地區，故門牌涵蓋率最高，顏色也都為綠色。而門牌涵蓋率低於 50% 之六個村則均集中在該鄉東西兩側，其顏色多為紅色、橘紅色為代表，另從圖 1.2.2 的新豐鄉道路路網圖中可發現該六個村中仍有綿密之道路路網，故未來該如何設計出合適之接駁公車路線，將目前無法在可接受步行距離內搭乘公車民眾接送到既有公路客運路線場站即為本研究主要探討之問題。



資料來源：本研究分析

圖 1.2.1 新豐鄉公路客運服務之門牌涵蓋率



資料來源：本研究繪製

圖 1.2.2 新豐鄉道路路網

目前國內對於公車路線設計大都採取先由專家依據運輸需求資料規劃不同路線，再透過各種路線或路網評估指標進行評估，以確定最佳公車路線之方式，此種做法為人所詬病處即是可能無法實際反映之民眾需求。本研究所要探討之問題即是想導入社區民眾參與形式，讓各地區民眾先提出必須提供服務之大眾運輸節點後，再透過路線設計方法決定最適路線，茲舉圖 1.2.3 之簡例說明本研究對此問題之初步構想，圖中假設有 A、B 兩村，A 村之民意認為需在 a1、a2 及 a3 設置站牌，而認為最需連結之旅次節點為 A1、A2 及 A3，且民眾依照其重要程度分別給予 5 分、4 分及 3 分之評分，同樣在 B 村之民意認為需在 b1、b2 及 b3 設置站牌，而認為最需連結之旅次節點為 B1、B2 及 B3，且民眾依照其重要程度分別給予 5 分、4 分及 3 分之評分。由於路線規劃時除滿足民眾需求外，尚需考量投入資源後所得到的效益，假設該路線一個班次時間為 60 分鐘，故若路線之行駛時間長度較 60 分鐘長時，即需多投入一部車，將可能造成營運單位額外之成本負擔，故以行駛時間在 60 分鐘之限制條件下，該如何設計出一條讓民眾滿意度最高的路線，為本研究所欲解決之問題。如圖中紅色路線會雖然連接 B3 後會讓滿意度變成 24 分，但時間將會超過 60 分鐘，故不連接 B3 接駁公車路線雖然僅有 21 分，但因滿足 60 分鐘之時間限制即是最佳接駁公車路線。故本研究探討之問題即是將民眾所表達之運輸節點重要點轉換成分數後，設計出一種可在時間限制條件下決定經過節點總和分數最高路線之設計方法。



圖 1.2.3 研究問題說明簡例

## 1.3 研究流程

本研究之流程如圖 1.3.1 所示，針對各步驟之詳細內容說明如下：

- 一、確定研究動機與目的：針對本研究之議題進行相關問題之闡述，描述社區民眾意識與路線設計相關背景並確認研究問題。
- 二、基本資料分析：對於本研究所探討之新竹縣新豐鄉利用地理資訊系統進行各項基本資料分析，如各村基本人口資料分析、大眾運輸路線及站點分析、大眾運輸服務縫隙分析及各項服務指標之分析。
- 三、文獻回顧與整理：針對本研究相關之文獻內容進行彙整與分析，內容包括公車路線規劃、無縫運輸、越野尋蹤問題及社區民眾意識。
- 四、建構路線設計方法：透過文獻回顧了解目前有關接駁公車之研究狀況後，加入本研究之整合性構想，即利用社區民眾意識參與方式確認旅次需求點，並以越野尋蹤問題為基礎，建構一套創新接駁公車路線設計方法，以設計出符合無縫運輸與實際民眾需求之公車路線。
- 五、民眾意識(村長)訪談：因本研究資源有限，無法在新豐鄉各村舉行村民大會取得村民對於公車規劃之意見，故由於村長是地方之父母官，為最了解當地民眾需求之人，故本研究希望透過村長凝聚地方共識後，將各村希望設置之路線站牌及需求接點依照重要性給予不同權重分數，作為後續路線構建之分析基礎。
- 六、資料彙整與分析：將各村長訪談所得資料轉換成數據資料後，同時配合前述人口及大眾運輸現況資料，進行地理資訊系統各項圖資及屬性資料之建置工作。
- 七、公車路線實例分析：利用本研究所研擬之路線設計方法進行新豐鄉之接駁公車路線設計，以確認構建分析方法之適宜性，若從實例分析中發現方法有不合宜或需修正處，則重新修訂分析方法。
- 八、結論與建議：提出研究成果以及此研究方向之改善建議。

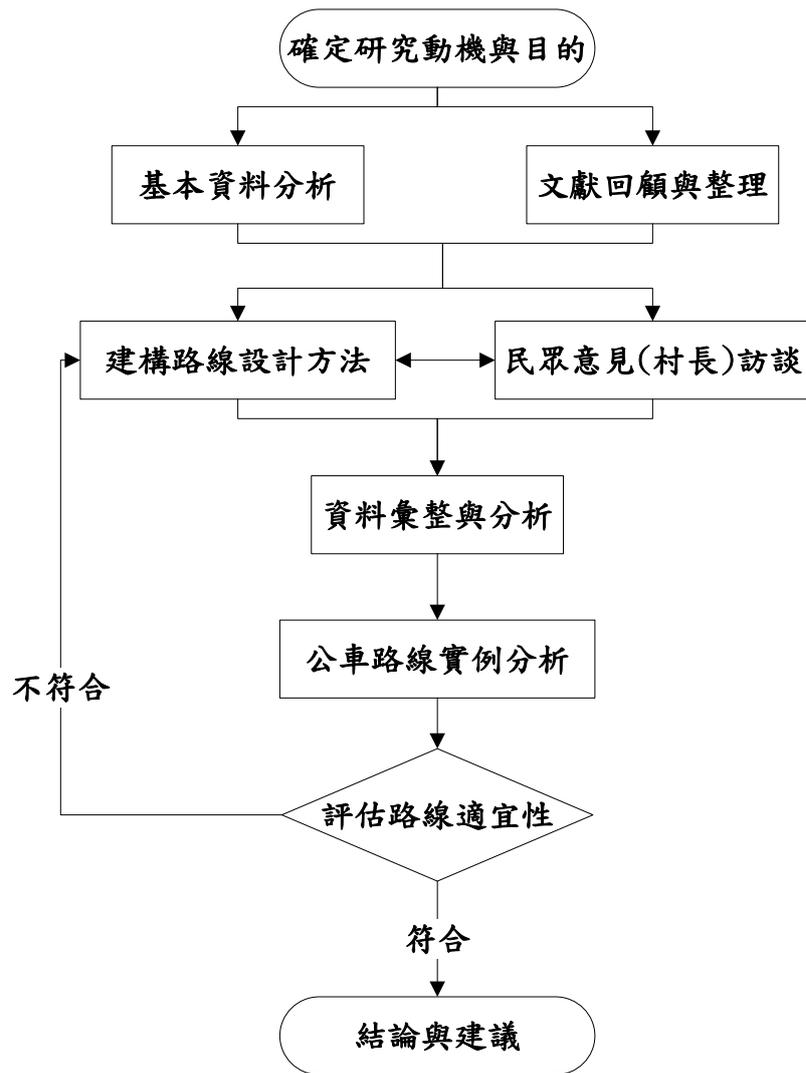


圖 1.3.1 研究流程

## 貳、文獻回顧與研究流程

本研究依據前述問題特性，回顧文獻之範疇包括：無縫運輸、公車路線規劃、社區民眾意識及越野尋蹤問題等四方面，故先就各領域文獻回顧彙整說明後，最後提出文獻之綜合探討，以作為研擬研究方法之基礎。

### 2.1 無縫運輸

近年來政府大力推動公共運輸發展，其發展計劃中則多著重在無縫運輸，依據交通部運輸研究所(2009)研究報告之定義：無縫運輸乃指使用者在旅次鏈(trip chain)中能透過步行及各類型公共運輸工具所提供之整合服務，讓使用者在可接受條件(如：可接受步行距離、可接受等待時間、可接受票價、可接受服務水準等)下達到及戶(door-to-door)運輸目標之服務方式。一般接駁運輸服務產生縫隙(gap)之可能性可歸納為下列四種：空間銜接縫隙、時間銜接縫隙、運輸資訊縫隙、運輸服務縫隙。

本研究所針對之重點為空間縫隙銜接作為主要探討，其空間縫隙銜接之定義為：因不同運具場站位置之差異或大眾運輸服務服務範圍之不足，造成使用者無法在可接受步行距離內搭乘大眾運輸工具。根據本研究所探討之新豐鄉，經初步空間縫隙分析後，發現其空間縫隙最主要改善方法為透過公車路線之改善，故本研究則以公車路線規劃做進一步文獻探討，期望找出為何經由公車路線規劃後之路線，在實際營運後卻還是無法達到真正的空間上的無縫。

### 2.2 社區民眾意識

本研究欲解決傳統路線規劃方法之共同缺點，即為無法有效分析出民眾實際旅次起迄需求點，故思考是否有何種方法，能夠達到公車路線服務是能符合民眾實際之需要，並且藉由民眾參與達到提升公共運輸使用率。本研究探討了社區民眾參與之相關文獻，但因其文獻所涉獵之範圍多為公共行政或社會鄉土範疇，在運輸領域中甚為少見。根據李繡如(2009)指出，社區意識除了會受人的認知、行為、態度因素影響外，外在環境也是一個重要影響因素。當人對所處的環境知覺感到認同時，便會影響心理層面，態度也會有所改變，當所有的態度都為正面時，此時居民便會把社區當成共同體，盡心盡力去付出與貢獻，相對的社區意識也會在無形中提升很多。

透過上述表達之理念，本研究欲藉由訪談新豐鄉各村村長，透過村長凝聚地方共識之過程，將民眾對於公車路線規劃的意識藉由表達出來成為意見，以了解民眾實際之旅次需求，透過和民間共同參與所設計出的公車路線，不僅加強民眾對於此公車之認同感，也透過此種方式，實際達到民眾之需求，以促進公共運輸服務品質之提升。

### 2.3 公車路線規劃

經過本研究整理公車路線規劃之相關文獻後，從表 2.3.1 之資料可發現目前現有之公車路線規劃方法有個共同之問題，發現都無法有效分析出民眾實際需要的旅次起迄需

求點，以作為路線規劃之參考資料，導致透過其他數據，如旅次運量、家戶資料等所分析出來之路線也不易符合民眾實際旅次需求。

表 2.3.1 公車路線規劃方法彙整

規劃方法名稱	規劃原則	優點	缺點
規劃手冊法	將個人之專業知識及主觀認知，建立在公車路網之特性及路網設計原則之基礎作為規劃公車路線之原則。	操作簡便、費用低廉	易產生無效率的公車路網型態
系統分析法	依照程式步驟建立公車路網，再加入運量數據做為評估模式時之分析依據，用此方式求得最佳公車路線。	著重於評估模式之建立	對於路網設計較缺乏明確之方法
市場分析計劃法	效仿系統分析法之系統化程式，加入乘客起迄及家戶資料數據，並輔以人工預測路網之產生及運量，進行分析。	-	複雜的都市地區顯得較不符合實際之狀況
交談式電腦繪圖輔助法	設計者透過電腦連線，利用「對話方式」直接進行公車路網的測試工作，經由不斷測試求得最佳路線。	可改善傳統的指派與評估模式	執行太慢且所產生可測試之路網方案太少
數學法	數學尋優法	利用數學規劃的方法求得最佳公車路網之解答	將問題公式化後易造成過多假設，造成與實際狀況有落差。易受電腦容量之限制。
	啟發式解法(合理求解法)	係利用合邏輯、有條理的程序來產生和改進路網，規劃者視實際問題，以數學化的方式求解，而藉著改變路網設計變數，可增加求得最佳解的機會。	適於市區公車路網設計之方法。

資料來源：本研究整理；另參考【1】、【8】、【9】、【10】。

## 2.4 越野尋蹤問題

越野尋蹤問題主要可分為單人或是團隊越野尋蹤問題(Team Orienteering Problem, TOP)兩大類，由於本研究所探討之路線設計問題可能包括多條路線，故本質上屬於 TOP 問題，TOP 係在 1996 由 Chao 等學者加以定義，問題特性為每位競賽者藉由指南針和地圖的輔助，在指定的控制點(control point)出發，盡可能在規定時間內拜訪其他許多規定的控制點，但不可拜訪與隊友重複的控制點，最後返回指定的控制點(終點)，而每個控制點都有一個得分，其目標在於最大路徑限制下，團隊總得分最高，但由於每位競賽者時間有限，可能無法拜訪所有的控制點。然而，若競賽者為一人，就將所有控制點當作為需拜訪的控制點，即在最大時間限制內將選擇得分最高的控制點去拜訪，則稱之為越野尋蹤問題(Orienteeing Problem, OP)。

TOP 本質上屬於 NP-Hard 問題，從表 2.4.1 之文獻彙整表中，可發現大多採取啟發式演算法快速求解，使其在路徑內得到近似最佳解之可行解。Chao 等人(1996)團隊越野尋蹤問題，將求解 OP 的演算法應用於 TOP 上，提出一組 353 個例題的測試題庫，利用快速啟發式演算法進行測試並提出結果。Vansteenwegen 等人(2009)將行程規劃問題視為一個有時間窗性的團隊定向越野尋蹤問題，並利用快速且有效的反覆局部搜尋啟發式方法來解決此問題，利用插入法來跳脫局部解以得到最優解。古薇涵等人(2009)利用和弦搜尋演算法(Harmony Search, HS)之概念，即模擬多名樂手即興創作而來，根據每種樂器彈奏出不同的音符，組一個和弦，並找出最契合的美妙漢聲，利用 HS 於 TOP 上，並以 353 組標準題庫之測試例題，再與其他文獻相關演算法進行比較，結果顯示 HS 求解 TOP 具有相當的潛力。

表 2.4.1 相關越野尋蹤問題文獻之研究方法彙整

作者	題目	研究方法
Chao 等人(1996)	團隊越野尋蹤問題	啟發式演算法
Vansteenwegen 等人(2009)	反覆局部搜尋運用於時間窗團隊越野尋蹤問題	反覆局部搜尋啟發式方法
古薇涵等人(2009)	應用和弦搜尋演算法於團隊越野競賽問題之研究	和弦搜尋演算法

資料來源：本研究整理

從初步文獻回顧中，發現目前並無將 TOP 概念應用在公車路線規劃之研究，故本研究整合社區民眾意識與地理資訊系統、TOP 概念於路線設計上將為學術研究之創新。

## 2.5 綜合評析

綜合上述文獻回顧內容，本研究彙整出下列三點可做為未來研究進行過程中之參考：

- 一、目前國內對於公車路線規劃設計之研究大都採用路線評估方式進行，較缺乏一套客觀的分析方法，特別更無從無縫運輸角度探討公車路線之設計。
- 二、以往公車路線設計大都以運輸需求資料為分析基礎，但由於運輸需求預測之準確性與精確度較不夠，故在路線設計結果上較無法反映民眾之實際需求，故本研究提出應用社區民眾意見做為運輸需求基準之概念，藉由訪問代表村民意見之村長，取得當地居民對於公車路線規劃之意見。
- 三、承上述所提及居民對於公車路線規劃之意見，即為當地居民對於現有公車站點之服務區域外，尚覺得哪裡存在服務縫隙，並指出哪裡應需再設置新的公車站點，該站點的服務時間為何，每日所需班次數等資料，並且給予該站點權重分數，以利後續進行路線研擬時，可利用團隊越野尋蹤問題之特性，在有限時間內串連相同目的地的站點，並且讓該路線之站點分數總分為最高。

## 參、新豐鄉之大眾運輸系統及人口現況探討

### 3.1 新豐鄉人口現況及公共運輸基本需求探討

新豐鄉行政區域形狀為南北狹長形，圖 3.1.1 中藍色圓點代表門牌位置，紅色線段為快速道路、省道、縣道及鄉鎮道路等一、二、三級道路，可觀察出人口多分布在此些主要道路沿線。而人口分布較為密集之區域則在東南側之新豐火車站一帶，見圖 3.1.1 中右下角標註新豐火車站之黃色三角形，以及從新豐火車站向西北方出發，順著竹 3 鄉鎮道路沿線經過山崎村、忠孝村、崎頂村等村里，到達新庄子地區等沿線為新豐鄉主要居民分布範圍。根據新竹縣新豐鄉戶政事務 2010 年 12 月所公布新豐鄉人口數已達 53,288 人，另各村戶數資料中，新豐火車站前一帶之村里，如山崎村、松林村、松柏村、忠孝村，以及新庄子地區之重興村，與鄰近之中崙村之門牌戶數皆以超過一千戶以上。

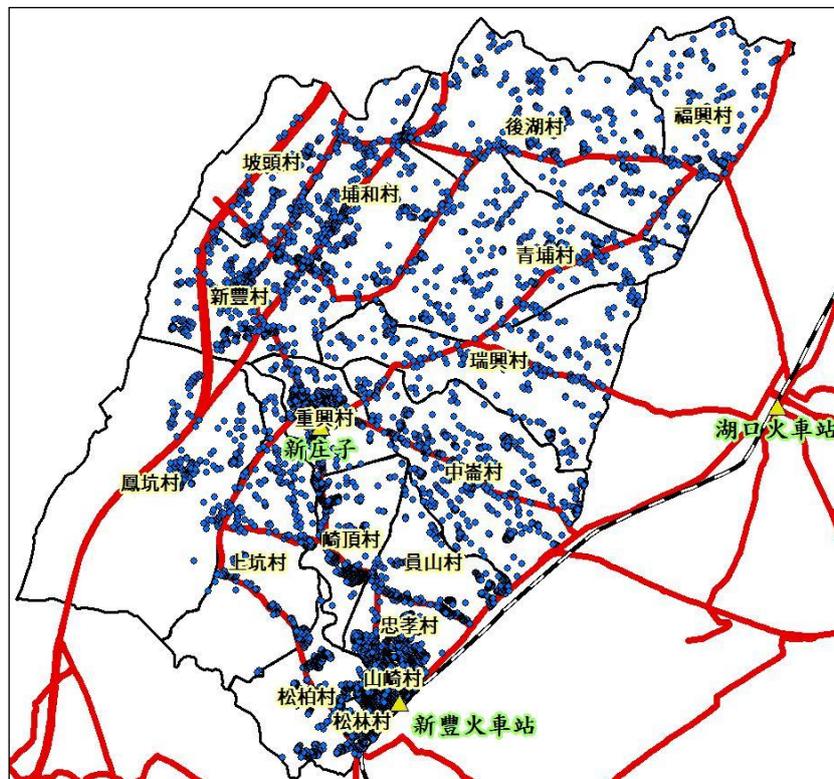


圖 3.1.1 新豐鄉門牌位置分布

根據邱裕鈞、王銘德與黃彥斐(2012)所指出，公共運輸基本需求(essential demand)主要是來自於年長者、學生、經濟弱勢、未持有機動車輛者、居住地區距市中心較遠者等族群，因此些族群多為「受限搭乘者(Captive rider)」，其替代運具之選擇性相對較少，故必須仰賴公共運輸作為主要運輸服務，以完成其基本生活之活動需求，包括通勤、就醫、就學等。其公共運輸基本需求公式如下：

$$EN_r = \sum_{i=1}^7 w_i \times SI_{ir} \quad (1)$$

其中， $EN_r$ 表地區  $r$  之公共運輸工具基本需求指標。 $SI_{1r}$  為區域  $r$  沒有持有汽車的成人總數。 $SI_{2r}$  為區域  $r$  到達鄰近中心商業區的距離。 $SI_{3r}$  為區域  $r$  中超過 60 歲的人口比例。 $SI_{4r}$  為區域  $r$  身心障礙的人口比例。 $SI_{5r}$  為區域  $r$  低收入戶之比例。 $SI_{6r}$  為區域  $r$  之 10~18 歲以下學生人口比例。 $SI_{7r}$  為區域  $r$  之 5-9 歲人口比例。 $W_1 \sim W_7$  為介於 0-1 間之權重。當區域中沒有車輛持有的成人人口越多時，為滿足各種旅次目的則必須使用公共運輸，故當此類人數越多時，公共運輸之潛在需求則相對越高。鄰近區域中心商業區為衡量地區生活機能便利性的依據，當到達鄰近中心商業區距離越大時，然為便利生活需求，則運輸需求亦隨之上升，隨運輸需求之增加，公共運輸之需求也隨之增加。10~18 歲以下學生為非持有駕照人口，而 60 歲以上人口則可視為高齡人口，上述兩類人口在自主運輸上屬於弱勢的部分，但為滿足生活所需必須仰賴公共運輸的程度，相較於其他族群有偏高的趨勢，故當此兩類人口比例越高時，公共運輸的使用需求會隨之成長。5~9 歲幼齡人口對於運輸沒有自主能力，除了私人運輸接送外，必須仰賴公共運輸，故幼齡人口比例將與公共運輸使用需求成正比。

然本研究因資源有限，僅取得 2010 年 12 月份之新竹縣新豐鄉各村各年齡人口資料，故在此公式上做些許修正，僅以  $SI_{3r}$ 、 $SI_{6r}$ 、 $SI_{7r}$  為考量因子。另因只有三個因子，故原本邱裕鈞等人(2012)考量為避免不同單位造成估算上的困難，而予以用正規化的方式，將此 7 個項目等化為 0 至 1 的權重數值，本研究也在此刪除。故參考以上公式並經調整後之公式如下：

$$EN = \sum_{i=1}^3 SI_i \quad (2)$$

其中， $EN$  表該村之公共運輸工具基本需求人數。 $SI_1$  為新豐鄉內超過 60 歲的人口數。 $SI_2$  為新豐鄉內 10~18 歲之人口數。 $SI_3$  為新豐鄉內 5~9 歲之人口數。另也參考新豐鄉戶政事務所網站，所提供 2010 年 12 月份之各村門牌數，以各村公共運輸工具基本需求人數除以各村門牌數，得出平均每戶之公共運輸基本需求人數，結果如表 3.1.1 所示，從表中數據可發現在 1.1 節中所提及公共運輸服務涵蓋率均低於 50% 的村里，中崙、坡頭、青埔、瑞興、福興、鳳坑村等六個村，其公共運輸基本需求人數每村至少都有三百人以上，且在中崙村更是達到一千多人，綜觀新豐鄉 17 個村，每村里平均每戶人口至少都有 3 位，而除了崎頂村之外，平均每戶 3 位人口中就有 1 位是公共運輸基本需求者，有鑒於此新豐鄉之公共運輸發展，實為刻不容緩。

表 3.1.1 新豐鄉人口及潛在公車人口

	總人口數	總門牌數	公共運輸基本需求(人)	平均每戶搭車人數	平均每戶人口
新豐鄉	53,288	15,747	17,724	1.1	3.4
上坑村	1,778	498	586	1.2	3.6
山崎村	5,250	1,536	1,781	1.2	3.4
中崙村	3,851	1,095	1,307	1.2	3.5
坡頭村	1,091	274	396	1.4	4.0
忠孝村	4,049	1,217	1,360	1.1	3.3
松林村	5,800	1,830	1,857	1.0	3.2
松柏村	4,650	1,450	1,429	1.0	3.2
青埔村	1,981	589	672	1.1	3.4
後湖村	2,276	644	840	1.3	3.5
重興村	6,110	1,833	2,070	1.1	3.3
員山村	2,471	725	786	1.1	3.4
埔和村	3,411	957	1,106	1.2	3.6
崎頂村	3,235	953	905	0.9	3.4
新豐村	2,687	752	931	1.2	3.6
瑞興村	2,009	593	715	1.2	3.4
福興村	1,281	414	462	1.1	3.1
鳳坑村	1,358	387	521	1.3	3.5

資料來源：新竹縣新豐鄉戶政事務所(2010年12月份)

### 3.2 大眾運輸系統及其服務狀況

新豐鄉的聯外大眾運輸系統，主要可分為兩種，其一為鐵路系統，其二為公路運輸。其運輸節點包括新豐客運站及新豐火車站，此兩節點均坐落在東南側之山崎村，見圖 3.2.1 中右下角標註新豐火車站之位置，為民眾居住密度最高之地區。新豐鄉之新豐火車站位於縱貫鐵路北段(基隆-竹南)沿線中，並和縱貫公路台一線並列。根據交通部臺灣鐵路管理局於中華民國一百年度所公布之車站等級表，為依照車站業務情形，如營運進款、客運業務、貨運業務、運轉及行車等因素，新豐火車站被評為三等站。新豐火車站因屬於三等站，故多只有區間車種會停靠於此，從新豐出發南下到高雄，或北上到台北的班次，一天中也僅有一班莒光號，若欲搭乘行車速度較快的車種，則需轉乘到其他鄰近車站如湖口火車站、竹北火車站等。

另公路客運部分，目前新豐鄉境內共有 7 條公車路線經過，除了僅有 5611 路是在新豐鄉西北部沿著台 15 線、竹 1 及 117 縣道行駛，往返於新庄子及湖口火車站，見圖 3.2.1 中紅色線段，其餘六條路線皆以新竹市區為路線其中之一端點。在此六條路線中，

5300 號路線及 5676 號路線係經過新豐火車站後，沿著台一線到中壢市區，見圖中深綠色及黃色線條；5612 號路線則是繞進湖口地區或沿著台一線接一般道路直行到湖口火車站，見圖中藍色線條；5605 號及 5606 號路線則在新豐火車站附近，向西沿著竹 5 或竹 3 等鄉鎮道路前往新庄子，見圖中咖啡色及淺綠色線條；5622 號路線則是沿著台一線直接行駛到湖口火車站，見圖中粉紅色線條。根據圖 3.2.1 觀察此 7 條路線實際分布位置，可發現多數路線為在新豐鄉東南側之台一線上，對於實際新豐鄉內部地區之服務狀況，也僅有兩條路線從新竹市區到新庄子，另一條為新庄子到湖口火車站，但其新豐鄉中間東部之區域，則無公車路線服務。

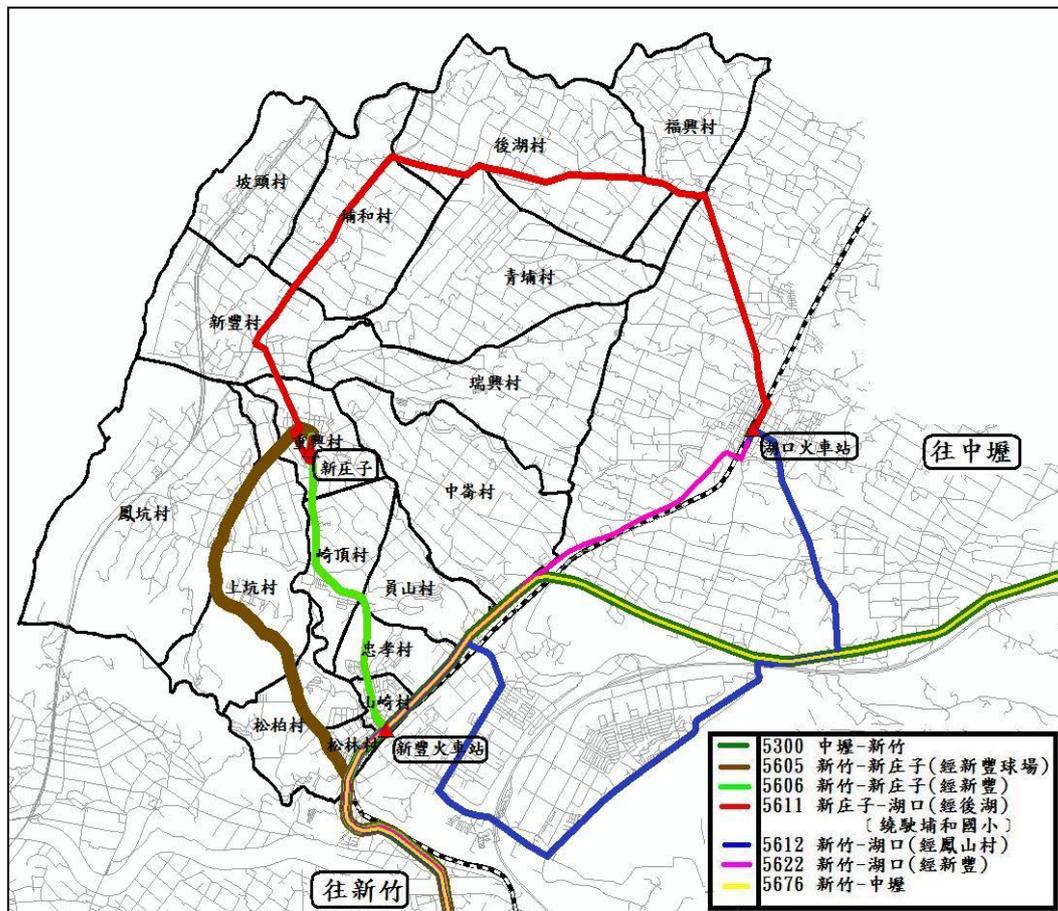


圖 3.2.1 新豐鄉鐵路及客運分布狀況

此 7 條公車路線對於新豐鄉而言，僅有 5611 路線之服務範圍主要係在新豐鄉境內，另以 5605 路線及 5606 路線是連接新庄子到新竹市區，提供新豐鄉居民到達較繁榮之市區的服務。其他 4 條路線則主要為連結新竹市區到湖口及中壢，對於新豐鄉而言只是經過其邊界，僅在台一線上有提供服務，見圖 3.2.1 中新豐火車站前有許多公車路線重疊之部分為台一線。且參考表 3.2.1 後可發現，其他路線在新豐鄉之長度及在新豐鄉之站牌數，相較於 5605、5606、5611 路線之服務，則顯得低的很多。另也計算各路線之站牌，所涵蓋到新豐鄉境內的門牌數多寡，再用被該路線所涵蓋到的門牌數，除以新豐鄉的總門牌數，得出該路線對於新豐鄉之門牌服務率，發現 5606 路線對於新豐鄉之門牌服務率也高達一半以上。

表 3.2.1 各路線對新豐鄉服務狀況

路線名稱	路線 總長度 (公里)	在新豐鄉 之路線長 度(公里)	在新豐鄉之 站牌數 (含往返站)	服務 之門 牌數	對於新豐鄉之 門牌服務率 (%)
【5300】中壢→新竹	37.3	2.2	9	2,901	25.86
【5605】新竹→新庄子 (經新豐球場)	15.2	5.7	30	3,576	31.87
【5606】新竹→新庄子 (經新豐)	14.0	4.9	26	5,879	52.40
【5611】新庄子→湖口 (經後湖)[繞駛埔和國小]	12.5	9.2	42	2,575	22.95
【5612】新竹→湖口 (經鳳山村)	23.8	1.2	8	2,923	26.05
【5622】新竹→湖口 (經新豐)	16.1	2.2	15	3,285	29.28
【5676】新竹→中壢	37.8	2.2	13	3,183	28.37

將有行經新豐鄉之 7 條公路客運路線，依據 TCRP(2003)之各項服務水準指標進行分類，其班距水準指標分析標準如表 3.2.2 所示；時間服務水準指標分析標準如表 3.2.3 所示，透過此類分析以了解新豐鄉境內之公路客運服務水準，以了解目前新豐鄉之公路客運可改善之空間。

表 3.2.2 固定路線各班距服務水準等級表

服務水準等級	平均班距( min)	每小時班次數	備註
A	<10	>6	乘客不需要時刻表
B	10~14	5~6	頻繁服務，乘客參考時刻表
C	15~20	3~4	錯過班車願意等候最久時間
D	21~30	2	服務無法吸引可選擇搭乘者
E	31~60	1	1 小時內可用服務
F	>60	<1	服務無法吸引所有搭乘者

表 3.2.3 固定路線服務時間服務水準等級表

服務水準等級	服務時間(hr)	備註
A	19~24	全日服務
B	17~18	含深夜服務
C	14~16	含傍晚服務
D	12~13	白天服務
E	4~11	只提供尖峰服務或有限制的日間服務
F	0~3	有限服務或無服務

分析結果如表 3.2.4 所示，在有行經新豐鄉的 7 條公車路線中，多半班距之服務水準皆為在 C 級或 C 級以下，其中 5622 路公車班距服務水準為 C 級，平均 15 分鐘就有一班車，為所有路線中班距最短的，且發現以直接行經新豐火車站前主要道路之路線，如 5300、5676、5622 之班距最短，其次以從新竹出發經過新豐火車站後開進新庄子之 5606 路線，此後除了 5612 路線之服務等級為 D，與 C 級路線之班距差距不大，剩下兩條 5605 及 5611 路線之班距則為超過一小時以上之最差的服務水準。

另在服務時間之服務水準方面，僅有 C 級與 E 級之兩種結果，綜合此兩項指標可發現，在此 7 條有行經新豐鄉之公車路線中，以行經較為偏遠地區之 5605、5611、5612 此三條公車路線之兩者指標皆為服務水準較差者，其餘四條路線之服務水準皆在 C 級，顯示目前新豐鄉之偏遠地區之公車服務水準仍有待改進。

表 3.2.4 行經新豐鄉公路客運路線服務績效評估

路線代碼	路線起迄	頭班車	末班車	班距 (分鐘)	班距之 服務水準	服務時間	服務時間之 服務水準
5300	中壢→新竹	05:00	20:10	19	C	15：10	C
5605	新竹→新庄子 (經新豐球場)	07:00	17:55	66	F	10：55	E
5606	新竹→新庄子(經新豐)	07:10	21:50	20	C	14：40	C
5611	新庄子→湖口(經後湖)	06:05	15:50	73	F	9：45	E
5612	新竹→湖口(經鳳山村)	06:00	17:25	29	D	11：25	E
5622	新竹→湖口(經新豐)	06:50	22:20	15	C	15：30	C
5676	新竹→中壢	06:00	22:00	17	C	16：00	C

## 肆、新豐鄉公車路線規劃

### 4.1 規劃目標及流程

新豐鄉的產業以農業和工業為主，以新竹縣的整體發展來看，仍是較不繁榮的郊區，且以目前之大眾運輸服務現況而言，都僅為以台一線之新豐鄉邊境為主要服務範圍，對於新豐鄉之郊區民眾出行，僅有 5611 路線提供服務，且其所提供的班次數也都僅有個位數，而對於新豐鄉之門牌服務率也僅有百分之 22.95，從圖 3.2.1 上可發現，對於新豐鄉中間東部村里如中崙村、瑞興村、青埔村之地區，其大眾運輸服務仍是非常缺乏的，該地區民眾出行距離儼然成為政府須關注之問題。故為達成真正能填補既有大眾運輸服務縫隙之路線之目標，且落實照顧偏遠地區民眾出行需求之公平正義，本研究將透過村長訪問了解新豐鄉各村民眾對於接駁公車路線規劃之意見，並將該意見應用在公車路線設計中，最後將設計出滿足填補最多縫隙之路線做為規劃目標。

本研究之新豐鄉公車路線設計流程步驟以及詳細內容說明如下：

- 一、設立中心(接駁)場站:考量新豐鄉之聯外便捷性，以新豐鄉火車站以及湖口火車站做為中心場站，以及以新庄子地區作為接駁場站，增加新豐鄉對外之可及性。
- 二、設立候選場站:以村長訪問之預設站點做為候選場站。
- 三、篩選候選場站:因考量到村長所提出之預設站點可能會與既有站點重疊，造成設計出的路線會影響到既有路線之效益，以及避免各村長所提出之預設站點位置有太過相近的情形，最後也將透過調整預設站點至路口以便做路線設計，詳細之篩選預設場站之流程，如圖 4.3.1。
- 四、建立路線:以 TOP 方法建立路線。
- 五、評估路線:以填補既有公車運輸縫隙為評估準則。

### 4.2 運輸需求-村長訪問結果

本研究以導入社區民眾意識之概念進行公車路線規劃，但惟因新豐鄉境內無明顯之社區住宅區域之劃分，僅為鄉下偶有某些建案所造成的群聚住戶，或在鄰近交通樞紐處有較多住戶聚集，實在難以用社區做為資料採集之單位，故本研究則採用新豐鄉現有行政區域之村里界的劃分，做為路線規劃時之交通分區。

另也因本研究資源有限，無法與新豐鄉 17 個村里，一一召開村民意見大會，進行公車路線規劃調查，故僅以最能代表村民意見之村長，當面與村長進行訪談，為主要取得民眾對於公車路線規劃意見之方式，其中 17 位村長有 14 位皆以當面拜訪方式進行訪談，另外 3 位則因公務繁忙無法安排會面時間而用電話訪問方式取得資料。透過向村長詢問以村民的需求角度來看，是否還有哪些潛在站點，以及所需之公車服務時段及班次數。訪問的結果如圖 4.2.1，圖中紅色線條為路寬足夠公車行駛之道路，主要係根據內政部營建署所公布「市區道路及附屬工程設計標準」中市區道路車道寬度規定，其中公車專用道係指供公車行駛之車道，寬度以 3.5 公尺為原則，不宜小於 3.25 公尺，於站台區之車道寬不宜小於 3.0 公尺，故本研究以此原則，挑選出新豐鄉境內路寬 6.5 公尺以

上之足夠公車行駛之道路，以做為與村長訪談公車路線規劃之時資料基礎。粉紅色三角形為既有之公路客運站點，藍色三角形為訪問村長後所得之預設站點，在其旁邊之分數為村長給予之重要程度之權重分數，本研究給予每位村長選擇至多4個預設站點之空間，並將村長認為第一重要的站點給予最高之權重分數4分，其他依此類推，訪問村長之結果供取得18個預設站點，其分布位置如下圖所示，可發現村長所提出之預設站點能填補些許縫隙。

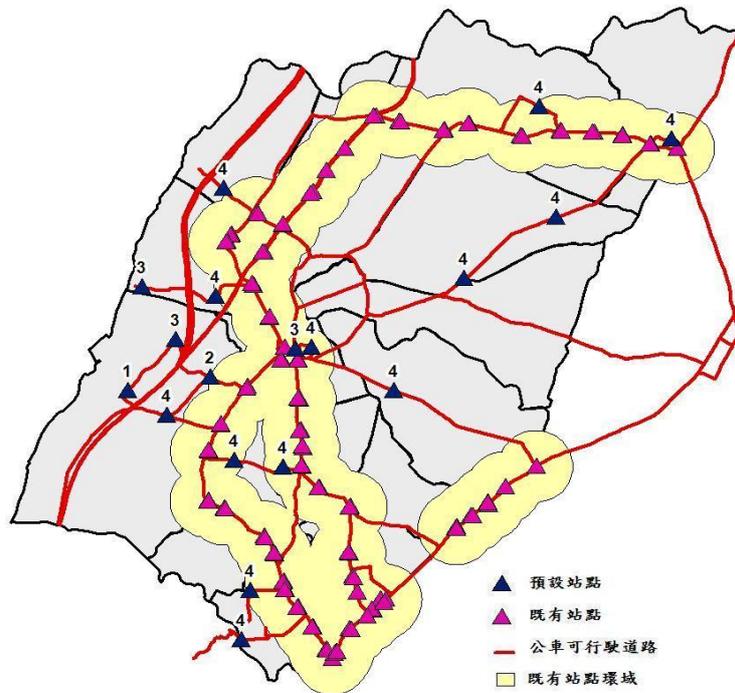


圖 4.2.1 村長訪問結果

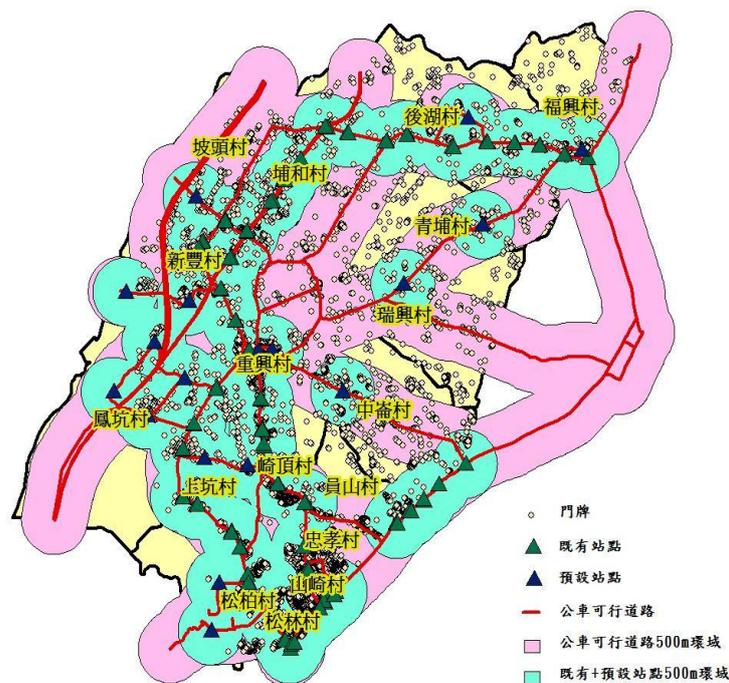


圖 4.2.2 新豐鄉之既有、預設站點及公車可行道路分析

圖 4.2.2 中藍色區域為既有站牌加上 18 個預設站點之五百公尺環域範圍，利用此範圍與門牌交集，可得出加入此 18 個預設站點後，該環域範圍內共服務到多少門牌數，與原先只有既有站點所服務到的門牌數相比，即可得出提升之門牌涵蓋率。另為取得門牌涵蓋率的極限，以了解到既有服務門牌數可改善的幅度，本研究挑選出新豐鄉境內路寬足夠公車行駛之道路，以此道路路網畫出五百公尺環域範圍，如圖 4.2.2 中粉紅色區域，並以此範圍與門牌進行交集，即可得出最高門牌涵蓋率為多少。

經由上述分析，原本於 1.1 節所提出門牌涵蓋率不及 50% 的村里，中崙、坡頭、青埔、福興、瑞興、鳳坑等六個村，經過新增預設站點之後，重新計算站點對於該村之門牌涵蓋率，發現大多都有顯著的提升。詳見表 4.2.1 中框底為灰色之部分，該六個村里之門牌涵蓋率大多都可提升到百分之 10 以上，其中以鳳坑村之門牌涵蓋率提升了 61% 為最多，但福興村其瑞興村之門牌涵蓋率則只提升了 1% 及 5%。

表 4.2.1 新豐鄉原有站點及預設站點之涵蓋率分析

村名	各村總門牌數	既有站點環域內之門牌數	加上預設站點環域內門牌數	(加上預設)門牌涵蓋率(%)	提升之門牌涵蓋率(%)	可行道路之環域內門牌數	(最高)門牌涵蓋率(%)
上坑村	377	368	376	99.73	2.12	377	100.00
山崎村	1,232	1,232	1,232	100.00	0.00	1,232	100.00
中崙村	760	112	337	44.34	29.61	647	85.13
坡頭村	213	70	100	46.95	14.08	213	100.00
忠孝村	899	790	790	87.88	0.00	899	100.00
松林村	1,458	1,458	1,458	100.00	0.00	1,458	100.00
松柏村	1,012	941	942	93.08	0.10	1,012	100.00
青埔村	424	13	177	41.75	38.68	424	100.00
後湖村	443	273	325	73.36	11.74	384	86.68
重興村	1,149	1,125	1,143	99.48	1.57	1,149	100.00
員山村	490	359	359	73.27	0.00	457	93.27
埔和村	735	585	585	79.59	0.00	734	99.86
崎頂村	732	716	720	98.36	0.55	723	98.77
新豐村	558	423	523	93.73	17.92	558	100.00
瑞興村	319	1	20	6.27	5.96	250	78.37
福興村	224	107	110	49.11	1.34	170	75.89
鳳坑村	195	76	195	100.00	61.03	195	100.00
總計	11,220	8,649	9,392	83.71	6.62	10,882	96.99

對於為何福興村及瑞興村門牌涵蓋率提升幅度較低，在本研究進行村長訪問時，透過兩村村長了解到兩項該村之狀況，一來瑞興村及瑞興村之門牌位置分布皆過於分散，二來礙於兩村之道路路寬限制。見圖 4.2.3 為福興村之村里範圍，圖中紅色線段部分為路寬足夠公車行駛之 117 縣道，此外灰色線段部分經村長告知皆為田間小路，路寬無法

提供公車行駛，因道路路寬限制，故能設置預設站點之範圍僅為紅色線段部分，另外見圖中藍色圓點為門牌位置，也可看出除了在 117 縣道旁之門牌較為集中，其餘皆過於分散，最後福興村村長僅在紅色線段上，提出圖中綠色三角形之位置為預設站點，因該站點所涵蓋之服務範圍內有較多的門牌，且有宮廟、社區活動中心、國小在此處，為民眾聚會、活動之場所，有較多的服務需求。

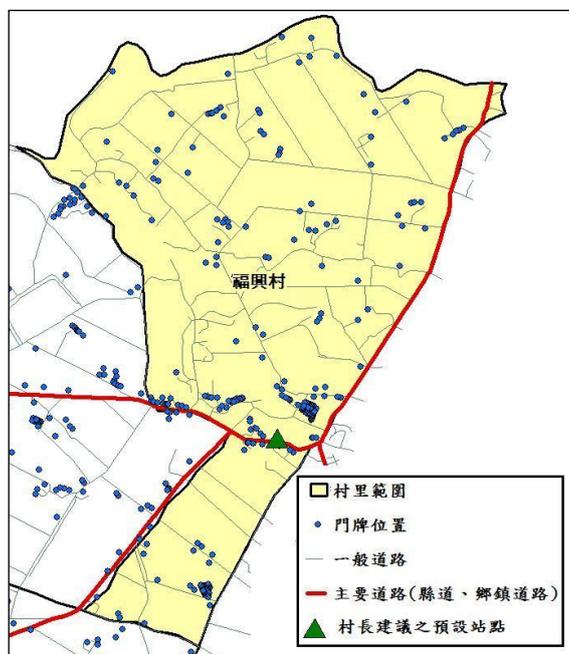


圖 4.2.3 福興村道路圖

圖 4.2.4 為瑞興村之村里範圍，其道路狀況與福興村相似，在村里範圍內除了圖中紅色線段為竹 2 鄉鎮道路經過，其餘皆為田間小路，路寬不足以提供公車行駛，瑞興村村長僅在與青埔村村界提出綠色三角形之預設站點，惟因該位置為學校，尚有學童上下學之旅運需求。雖然瑞興村右半部尚有一條東西向的鄉鎮道路，村長則解釋該區域惟因門牌過於分散，若新增站點恐不符合經濟效益。故在此兩村村長皆只提出一點預設站點需求，又加上其門牌分布皆過於分散，在進行站點服務範圍與門牌之交集時，所得出的門牌涵蓋率會有偏低的情況發生。

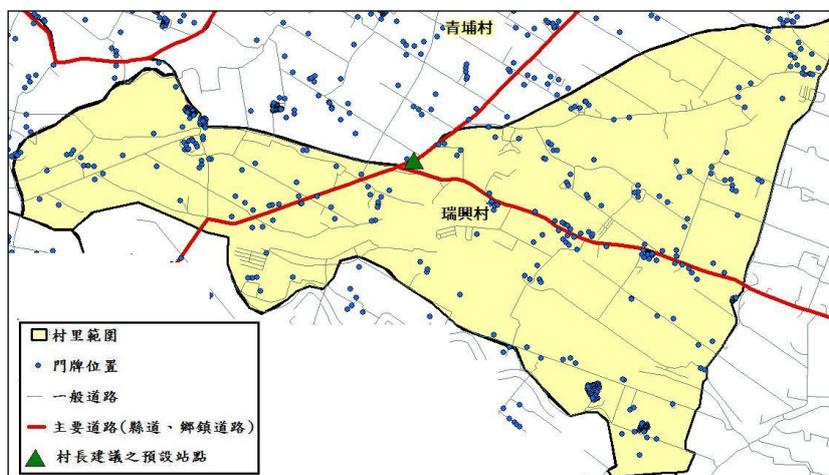


圖 4.2.4 瑞興村道路圖

### 4.3 預設站點重整

為避免在評估路線時，未重整過的站點容易與既有站點有服務範圍重疊之情況，導致設計出來的路線易與原先路線造成彼此服務效益之衝擊，故將進行以服務範圍為考量的重整。以及在路線設計時，為避免該預設站點在一路段的中央，導致在選線上容易造成過多彎繞情形，故也評估該預設站點之五百公尺環域範圍內是否有鄰近路口，若有的話則調整位置到該路口，以利於進行路線規劃。

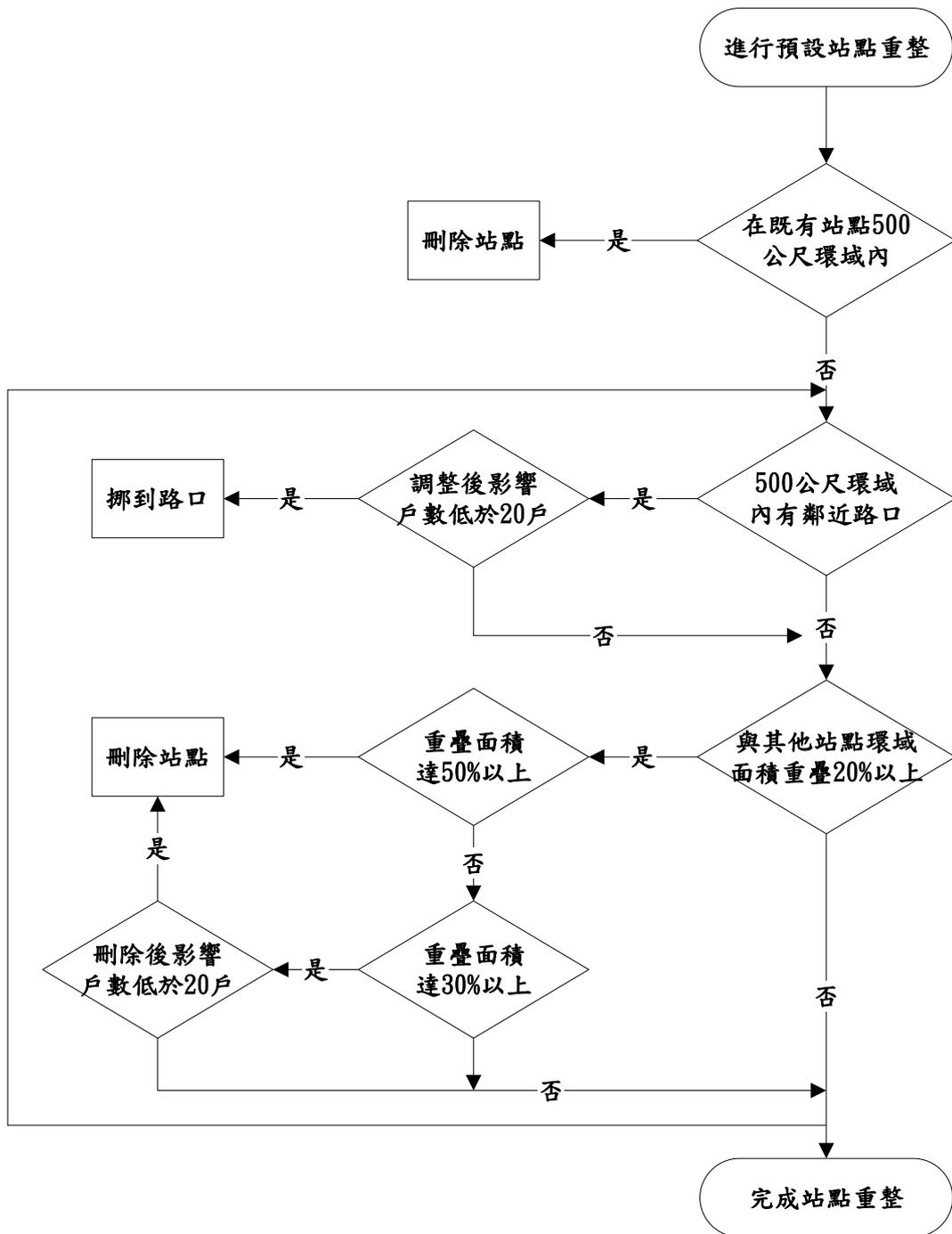


圖 4.3.1 預設站點重整之流程

在第一階段預設站點篩選中，將以既有站點為圓心向外做 500 公尺環域範圍，並將各站點之環域範圍融合所形成的圖層，見圖 4.3.2 中米色範圍，與 18 個預設站點進行交集，得出共有 7 個預設站點在此米色範圍內，見圖 4.3.2 中綠色圓圈，故為了避免與既有站點有服務範圍重疊之情況，導致設計出來的路線易與原先路線造成彼此服務效益之衝擊，故將此 7 個預設站點刪除。

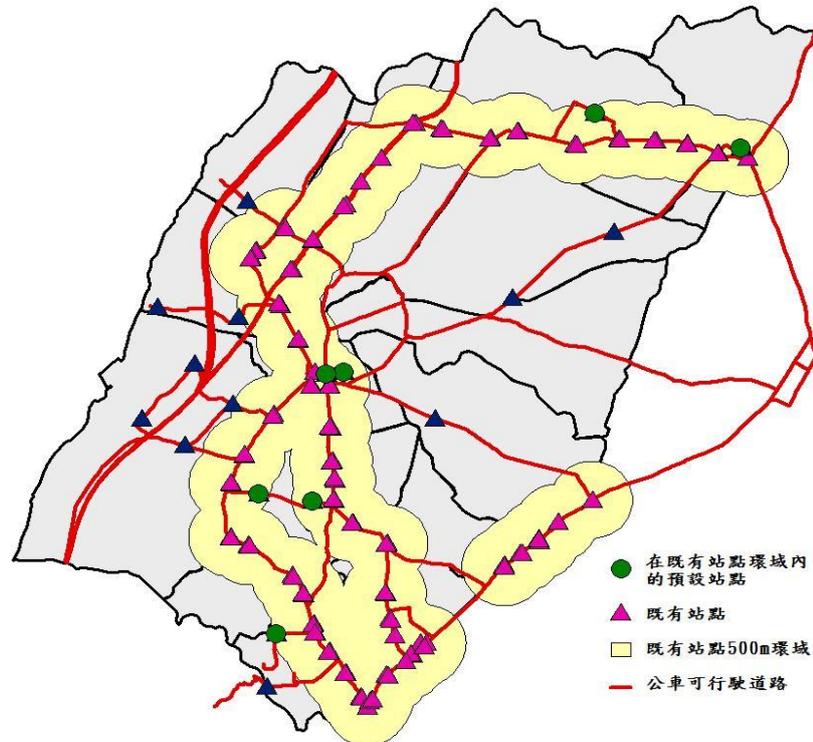


圖 4.3.2 第一階段篩選結果

進行第二階段預設站點之重整，目的是因為避免該預設站點在路段的中央，導致在選線上容易造成過多彎繞情形，故評估該預設站點之五百公尺環域範圍內是否有鄰近路口，若有鄰近路口且影響戶數不超過 20 戶門牌，則調整該預設站點到路口，以利於路線規劃；但若調整路口後，該預設站點所服務到的門牌戶數有變少，並少服務超過 20 戶以上的話，則不予調整。在此階段共有 5 個預設站點，在其 500 公尺環域範圍內有鄰近路口，其中 4 個預設站點調整位置到路口後，所影響的戶數低於 20 戶，則予以調整，但其中 3 號預設站點，見表 4.3.1 資料，若調整到路口將減少 36 戶的服務，故不調整。

表 4.3.1 第二階段篩選資料

代號	站名	調整前	調整後	差異	結果
1	瑞興國小	48	39	-9	調整
2	普元宮	101	84	-17	調整
3	新豐活動中心	172	136	-36	不調整
4	姜厝	32	35	3	調整
5	砂鐵場	8	44	36	調整

單位：戶數

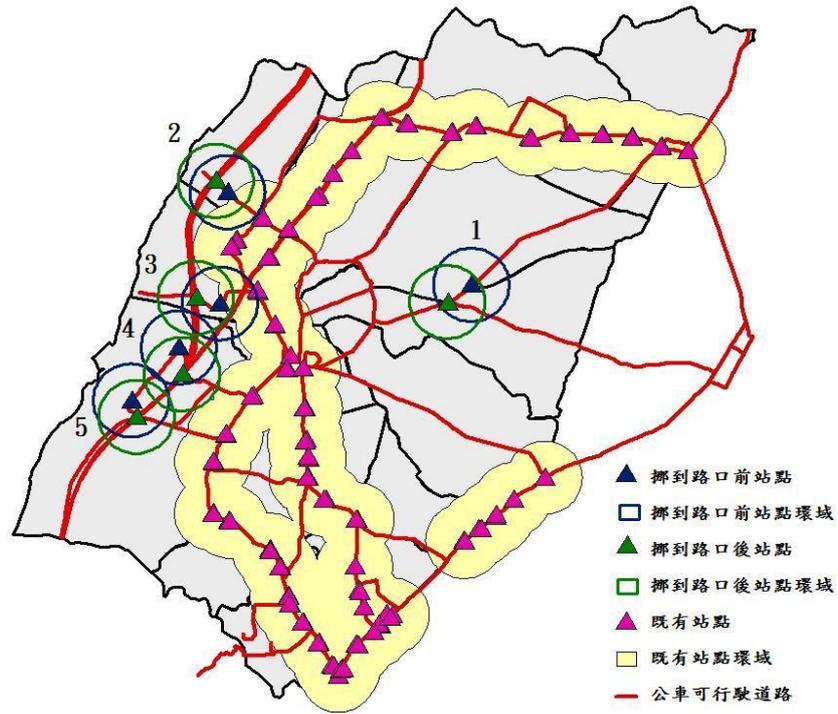


圖 4.3.3 第二階段篩選結果

以目前第一階段將有在既有站點 500 公尺環域內的預設站點刪除，及第二階段將鄰近路口的預設站點予以調整位置後，由原本的 18 個預設站點，剩下 11 個預設站點，詳細各預設站點位置見圖 4.3.4。

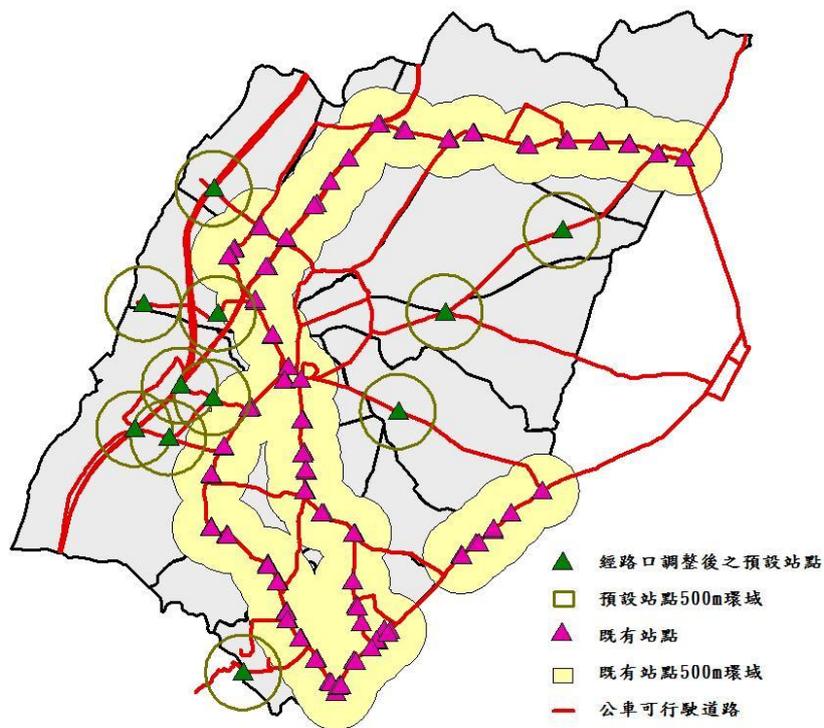


圖 4.3.4 第一及第二階段篩選結果

在第三階段的預設站點重整，為檢驗該預設站點是否與其他預設站點或既有站點，有服務面積重疊過多的情況，若該預設站點 500 公尺環域面積內，與其他站點之 500 公尺環域面積重疊達 50% 以上，則刪除該預設站點，若面積重疊達 30% 以上未達 50%，且刪除後影響的戶數低於 20 戶門牌，則也刪除該預設站點。見表 4.3.2 中，共有 7 個預設站點之環域範圍與其他站點有重疊的情況，但其中僅有 4 號預設站點，其重疊面積比率高達 91% 故予以刪除。另外，5 號預設站點重疊面積比率雖未達 50%，但也有 45% 的重疊比率，且刪除後所影響的戶數為 0 戶，則也刪除。故經過篩檢後，在第三階段共刪除 2 個預設站點，由原本 18 個預設站點剩下 9 個預設站點。

表 4.3.2 第三階段篩選資料

代號	站名	本身環域面積	與其他站點重疊面積	重疊面積比率 (%)	站點環域內門牌數	重疊範圍內的門牌數	刪掉此站點後，影響到的門牌數	調整與否
1	普元宮	784,401.69	117,899.52	15.03	84	50	34	保留
2	新豐活動中心	784,401.69	349,317.93	44.53	172	119	53	保留
3	姜厝	784,401.69	143,257.03	18.26	35	8	27	保留
4	工廠區	784,401.69	716,223.26	91.31	63	59	4	刪除
5	砂鐵場	784,401.69	355,802.26	45.36	44	44	0	刪除
6	三角公園	784,401.69	312,769.33	39.87	84	13	71	保留
7	天德堂	784,401.69	49,580.76	6.32	1	0	1	保留

面積單位：平方公尺

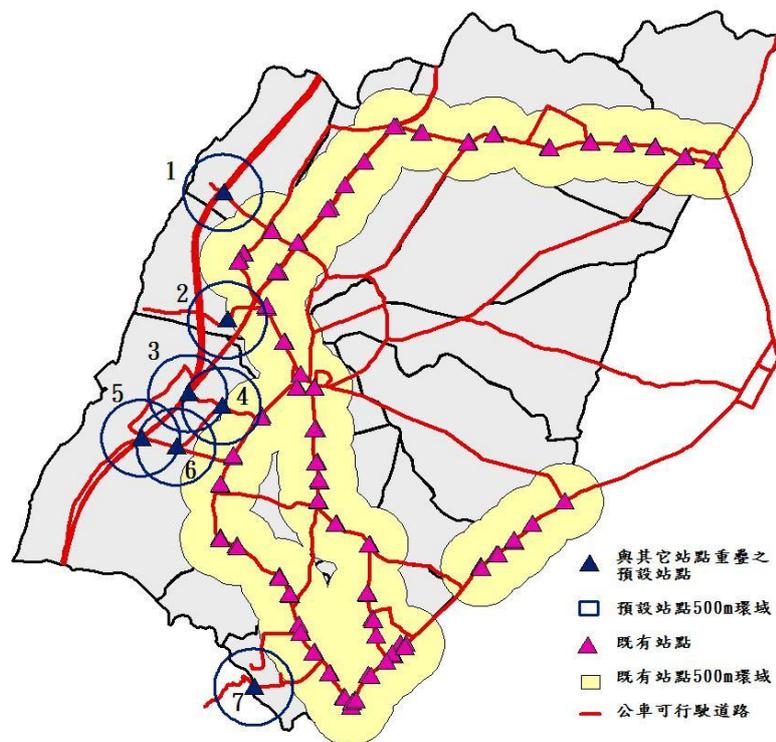


圖 4.3.5 第三階段篩選結果

最初之 18 個預設站點，經過第一階段刪除在既有站點之 500 公尺環域範圍內的 7 個站點，以及第三階段環域面積與其他站點環域面積重疊過多，在不影響過多戶數原則下，刪除了 2 個站點，最後剩下 9 個預設站點。剩餘 9 個預設站點位置見圖 4.3.6，圖中各預設站點上之藍色文字為表示，透過村長訪問得知該預設站點較可能前往之目的地。

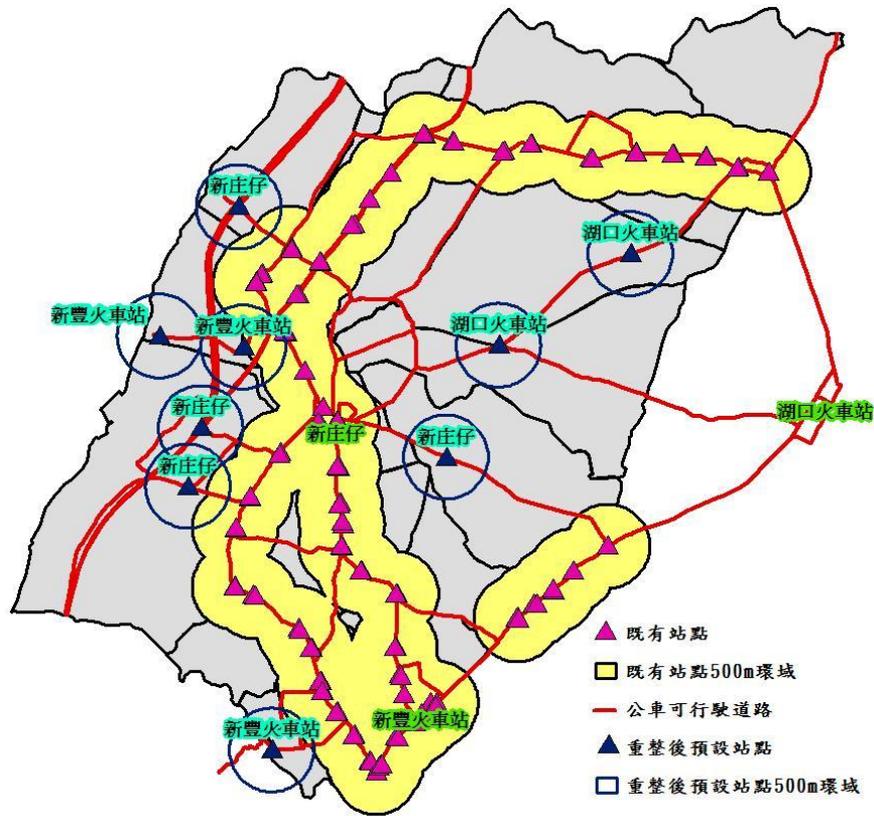


圖 4.3.6 重整後結果。

#### 4.4 路線研擬原則

基於配合我國建構無縫公共運輸服務環境之重要課題，新豐鄉之大眾運輸發展策略，以設計出真正能填補既有大眾運輸服務縫隙之路線為原則。新豐鄉之大眾運輸以七條公車路線及新豐火車站為主，公車路線以提供新豐鄉地區內的民眾送至火車站做轉乘，但因目前新豐鄉境內仍有村里之公車服務明顯不足，因此完善的公車接駁服務功能更顯其重要性。本研究公車路線規劃方案之詳細路線研擬原則如下：

- 一、 假設公車時速為 25km/hr，且設計出之路線旅次時間在 30~40 分鐘內，故路線長度限制為 12~17 公里以下。
- 二、 路線規劃範圍以新豐鄉境內路寬為 6.5 公尺以上，公車可行駛之道路為主。
- 三、 儘量避免與既有公車之路網重疊。
- 四、 在限制時間下串連預設站點分數最高之站點為佳。
- 五、 儘量配合路線具直捷性之原則規劃路線。

## 4.5 方案產生

根據越野尋蹤之問題特性為，在指定的控制點(control point)出發，盡可能在規定時間內拜訪其他許多規定的控制點，最後返回指定的控制點(終點)，而每個控制點都有一個得分，其目標在於最大路徑限制下，總得分最高。故本研究先根據村長所給予該預設站點之目的地進行預設站點分類，以利儘量將相同目的地之預設站點串連在同一條路線上，例如圖 4.5.1 中各個圓圈代表預設站點，然各圓圈內之顏色則代表該預設站點之目的地為何，例如黃色圓圈之預設站點其目的地為湖口火車站，綠色圓圈之預設站點目的地為新庄子，藍色圓圈預設站點目的地為新豐火車站。

之後本研究將路線旅次限制時間 30~40 分鐘，以一般公車行駛速率 25km/hr 換算得出，每條路線方案之長度最多不超過 12~17 公里。再分別以該三個目的地場站為起點，在限制長度下，去串連目的地所屬該場站的預設站點，並且達到總分數最高為佳，以圖 4.5.1 為例，從新庄子出發之路線，則應總路線長度不超過 12~17 公里為限，儘量去串連綠色之預設站點，並以路線總站點分數越高越好，但也需考量路線之直捷性。

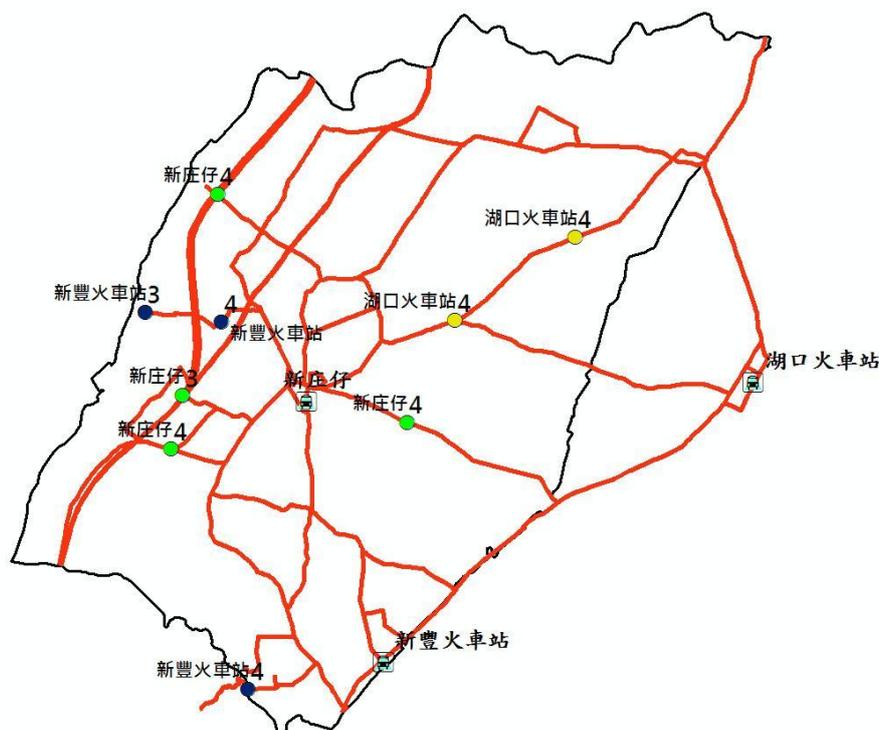


圖 4.5.1 路線產生說明

經由上述研擬原則，並儘量將相同目的地之預設站點規劃在同一路線中，共得出六條候選路線，其各候選路線之詳細基本資料如路線長度、每日所需班次、經過預設站點之個數及分數總分請參見表 4.5.1，另路線規劃示意圖請見圖 4.5.2，其中各預設站點上之藍色框底色文字表示該預設站點之目的地，共有湖口火車站、新豐火車站、新庄子三個目的地場站，另預設站點旁之數字表示該預設站點之分數。

表 4.5.1 候選路線基本資料

路線編號	候選路線名稱	路線長度(km)	經過預設站點個數	站點分數總分	每日所需班次
1	小湖口線	11.7	2	8	4
2	大湖口線	15.8	3	12	4
3	新豐直達線	6.8	2	7	6
4	新豐直達副線	10.9	3	11	6
5	新豐接駁線	5.35	3	11	12
6	小新莊子線	9.4	3	11	4

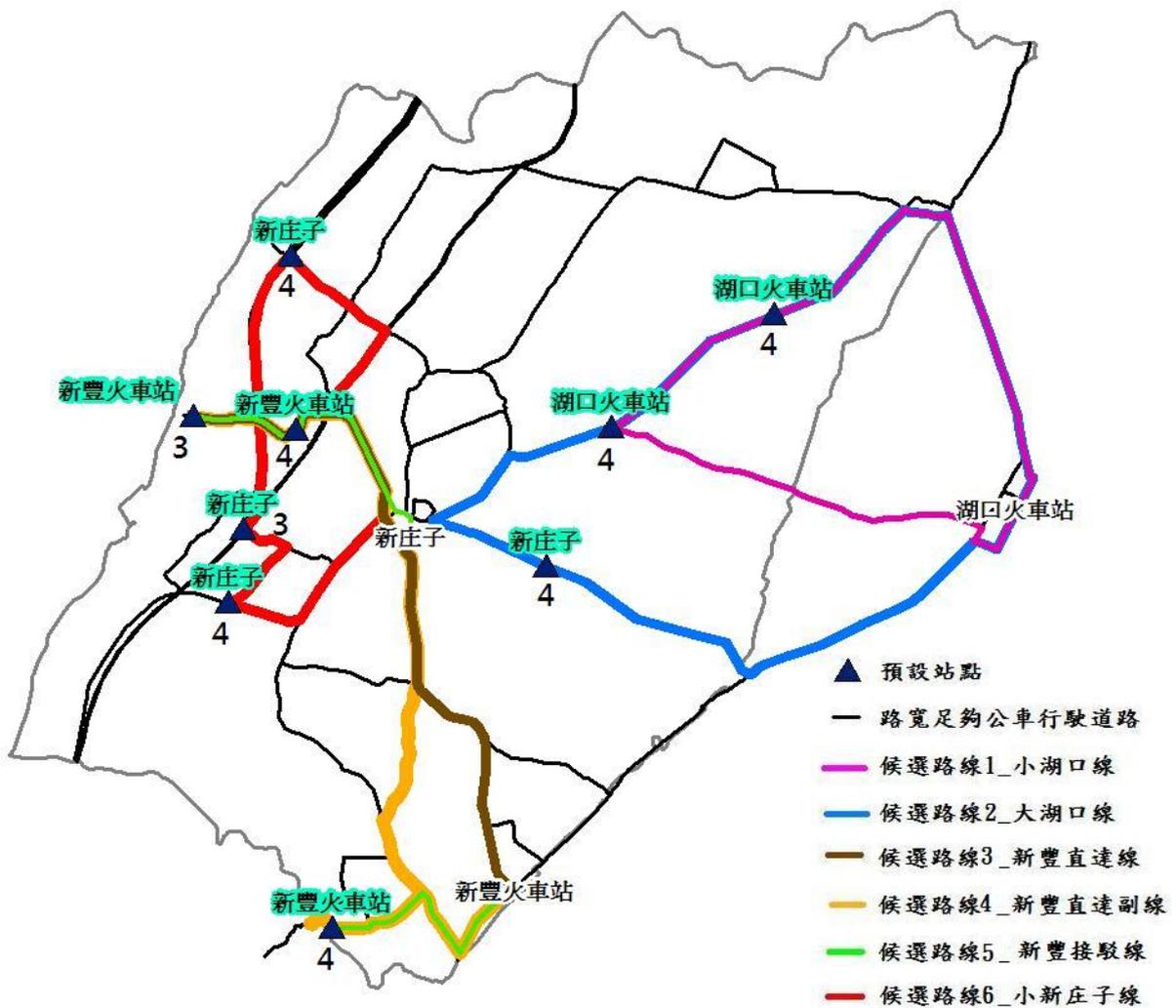


圖 4.5.2 候選路線示意圖

其中新豐接駁線之路線規劃，係以兩條路線所組成。其中一條路線為圖 4.5.3 中新豐鄉西邊之綠色線段，此段路線共串連兩個預設站點，而此段路線係以接駁路線之概念進行設計，主要為該路線兩個預設站點之目的地為新豐火車站，此路線並不如新豐直達線，直接將其站點乘客送達至新豐火車站，而是以串連至新庄子區域中 5606 號路線之公車站點(見圖 4.5.3 中粉紅色圓點為 5606 號公車路線之站點)，使乘客轉乘新竹客運既有 5606 號路線【新庄子-新竹(經新豐)】(見圖 4.5.3 中紫色線段部分)，將乘客由新庄子送達到新豐火車站，此一接駁路線之概念，主要是為避免設計出的路線與既有路線有重疊的情況，導致降低整體公共運輸路網之效益。則位於新豐鄉南邊之路線，僅有一個預設站點，且若將此站點乘客也送至 5606 號路線公車站點進行轉乘，也只相距兩個站距，考量其路線重疊後之影響不大，故在設計上則直接將此站點之乘客送至新豐火車站。考量到此兩條路線皆為短程接駁型之路線，且在規劃上係以需轉乘但行車成本較低之新豐接駁線，與雖然係為直達，但路線成本高的新豐直達、新豐直達副線做為效益評估之比較對象，故將此兩條路線放在同一方案中，即為選擇了西邊之路線，則也必選擇南邊之路線。另外，惟因此方案之路線為兩條路線所組成，故在表 4.5.1 之每日所需班次上，從兩條路線每日需各六個班次，經過相加後變成十二個班次。

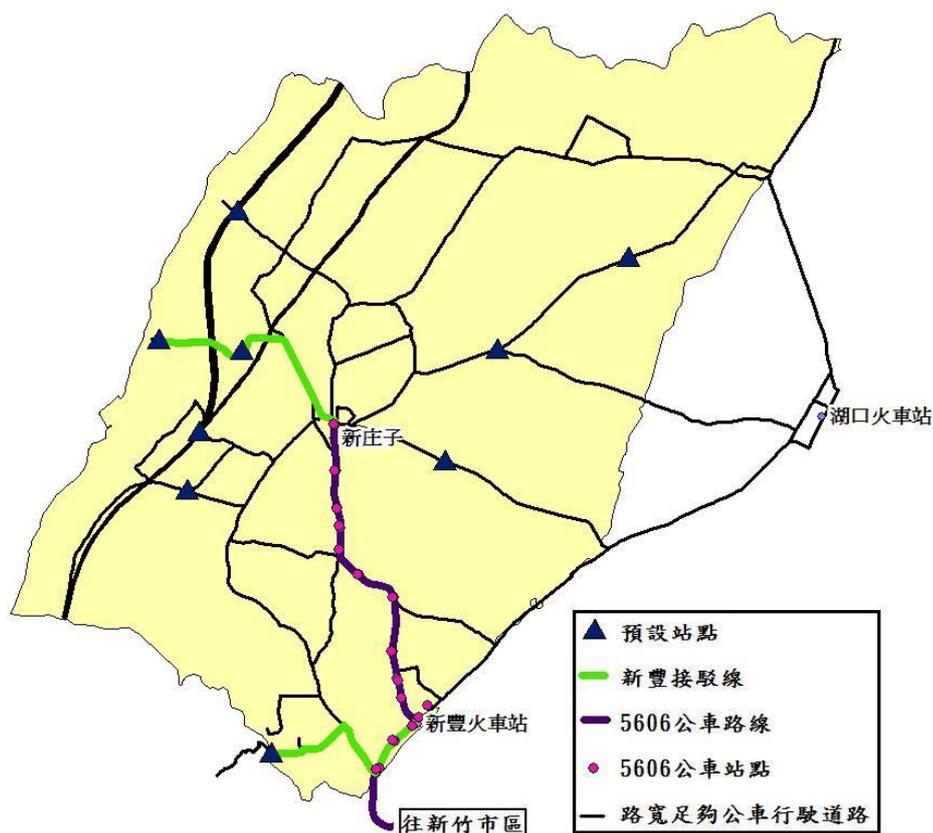


圖 4.5.3 新豐接駁線示意圖

## 伍、路線評估及結果

### 5.1 評估指標

本研究在進行路線評選時，為配合本研究採行整合社區民眾意見做為路線設計之方法，故首要條件為著重在該路線所串連之預設站點之分數總分，希望藉由選擇預設站點分數總分最高之路線，以滿足最多民眾之實際出行需求。另也以時間效益來探討，民眾從各路線之預設站點搭乘既有之大眾運輸，到達該預設站點之目的地之時間，再改成選擇經由本研究規劃出之路線後，可節省之時間。再利用該時間效益，去乘上目前最低基本工資之時薪，得出較為具體之量化數據，以及利用該路線之預設站點所涵蓋之門牌數做為假設潛在搭乘公車之人口，將此人口數以百分之五搭乘率而言的人數，乘上該路線之經濟效益，即可得該路線之總體經濟效益，再與開設該候選路線所需之每日成本做比值，即可得該路線之效益值。

在算出各路線之指標分數後，本研究為求解出選擇哪幾條路線做為最佳方案，故將此六條候選路線，以窮舉法之方式，列出 63 種組合，並將此 63 種組合進行各組合之指標評估，最後以預設站點分數最高者中，效益值最大者做為最佳路線方案組合。評估指標如下：

$$T = \mu - \gamma \quad (1)$$

$$B = S \times T \quad (2)$$

$$DC = C \times \omega \times \sigma \quad (3)$$

$$\rho = \sum \varphi \quad (4)$$

$$\eta = \sum \Phi \quad (5)$$

式(1)中， $T$ 為時間效益，為與既有的大眾運輸比較，搭乘該候選路線所節省的時間， $\mu$ 為搭乘大眾運輸所花的時間， $\gamma$ 為搭乘候選路線所花的時間，單位皆為小時；式(2)中， $B$ 為經濟效益，係將經由計算時間效益得出每位搭乘此候選路線所節省下的時間，再乘上基本工資之時薪，即可將此時間效益轉成具體量化的指標，單位為「元/每人」， $S$ 為目前基本工資之時薪 103 元， $T$ 為時間效益；式(3)中， $DC$ 為每日行車成本，其中 $C$ 表示每車公里成本，本研究參考 2011 年臺北市聯營公車之每車公里成本 53.2303 元，其中包含燃料、員工薪資、車輛折舊、行車附支項目等， $\omega$ 為該候選路線長度，長度單位為公里， $\sigma$ 為該候選路線每日班次數；式(4)中， $\rho$ 為該候選路線預設站點之總分， $\varphi$ 為各預設站點分數；式(5)中， $\eta$ 為該候選路線所行經預設站點服務之門牌總數， $\Phi$ 為該預設站點向外做五百公尺環域範圍所涵蓋之門牌數。

## 5.2 評估流程

圖 5.2.1 為評估各候選路線方案之流程圖，針對各步驟之詳細內容說明如下：

- 一、評估各候選路線方案：針對本研究所研擬出的六條候選路線進行相關指標之分析，再經由得出各路線指標數據後，以窮舉法之方式得出 63 種路線組合方案，再將此 63 個分案，進行總分數及效益值之評估，以得出最佳路線組合方案。
- 二、計算各候選路線之指標分數：對此六條候選路線進行各項指標之分析，如時間效益、經濟效益、每日行車成本、該候選路線預設站點之總分、該候選路線所行經預設站點服務之門牌總數等五項指標，詳細指標之計算方式如 5.1 節之指標說明。
- 三、以門牌數計算 5% 搭乘率下，搭乘該候選路線之人數：以該候選路線所經過各預設站點為中心，向外做五百公尺環域範圍，並與門牌進行交集，得出該候選路線所能服務到的門牌總數。另在 3.1 節所分析之公共運輸基本需求數，新豐鄉各村中平均每戶中有 3 人需使用公共運輸做為出行方式，為求謹慎以免造成結果與現實落差過大，本研究將此需求降為每門牌中至少會有 1 人搭乘。故假設在每一門牌均至少會有一人搭車，且該人也會選擇搭車做為回程之交通方式，故門牌數需乘 2。
- 四、將該人數乘上候選路線之經濟效益，得出總經濟效益：將上述之人數，乘上該候選路線之經濟效益，得出該候選路線之總經濟效益。
- 五、將總經濟效益除以每日行車成本，得出效益值：利用總經濟效益值，除以該候選路線之每日行車，以得出該候選路線之效益值。
- 六、將各候選路線，利用窮舉法得出路線組合方案：本研究共研擬出六條候選路線，將此六條候選路線以窮取法之方式，共得出 63 種路線組合方案。
- 七、計算各種組合下，其站點總分數及效益值：計算各候選路線組合方案之站點總分數時，考量到不同候選路線會有經過相同預設站點之情況，故在計算站點總分時，會扣除重複計算的分數。且在計算候選路線組合方案之效益值時，對於該組合內可能有候選路線經過相同站點，故在行經門牌總數之計算，對於預設站點而言，若同時提供兩條以上候選路線，該站點會選擇對其到達目的地之彎繞度最小的路線作為搭乘選擇，故則會將此預設站點之門牌數歸類到該路線，再重新計算該候選路線在此路線組合方案中之效益值。
- 八、挑選出站點總分數最高，且效益值最大者：經由以上分析，將排列出站點總分數最高，且效益值為最高者。
- 九、得出最佳候選路線組合方案：以站點總分數最高，且效益值最大者為最佳方案。

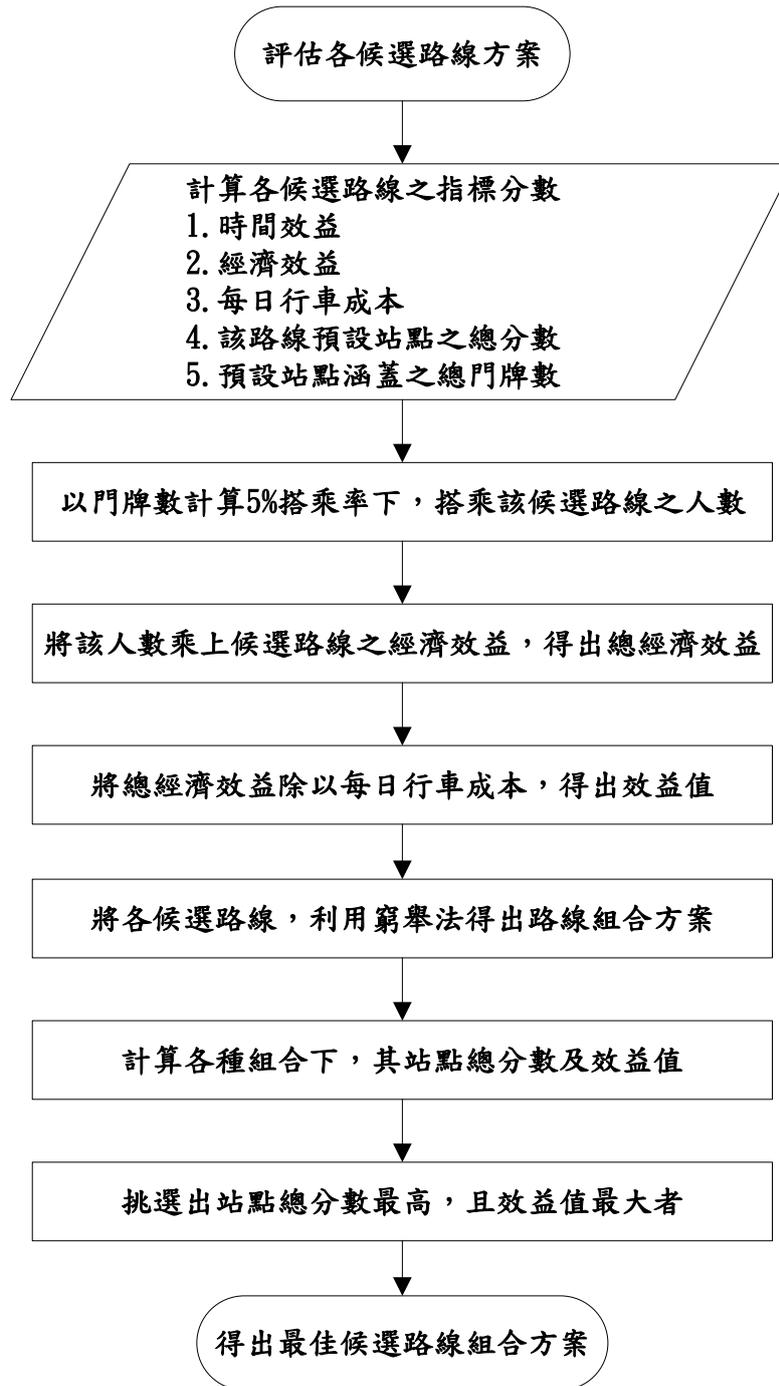


圖 5.2.1 最佳路線方案組合研擬流程

### 5.3 評估結果

經由指標評估後，得出最佳路線組合方案為第 38 號組合，該組合中之路線組合為大湖口線、小新莊子線、新豐接駁線之三條路線組合，在 63 種組合方案中，有 12 個組合之站點分數總分同為 34 分，但因第 38 號組合方案之效益除以成本之比值為最高，故選擇第 38 個組合方案為最佳方案。

表 5.3.1 候選路線方案組合評估結果

組合代號	組合路線	每日行車成本(元)	站點分數總分	總經濟效益(元)	效益值
1	1+2+3+4+5+6	16,927	34	11,969	0.71
2	1+2+3+4+5	14,926	23	9,040	0.61
3	2+3+4+5+6	14,436	34	12,065	0.84
4	3+4+5+6+1	13,563	30	7,980	0.59
5	4+5+6+1+2	14,755	34	12,786	0.87
6	5+6+1+2+3	13,446	34	11,970	0.89
7	6+1+2+3+4	13,510	34	11,969	0.89
8	1+2+3+4	11,508	23	9,039	0.79
9	1+2+3+5	11,445	23	9,040	0.79
10	1+2+3+6	10,029	30	11,954	1.19
11	1+2+4+5	12,754	23	9,856	0.77
12	1+2+4+6	11,338	34	12,680	1.12
13	1+3+4+5	11,562	19	5,051	0.44
14	1+3+4+6	10,146	30	7,980	0.79
15	1+3+5+6	10,082	30	7,981	0.79
16	1+4+5+6	11,391	30	8,796	0.77
17	2+3+4+5	12,435	23	9,135	0.73
18	2+3+4+6	11,019	34	12,064	1.09
19	3+4+5+6	11,072	22	5,402	0.49
20	2+3+5+6	10,955	34	12,065	1.10
21	1+2+5+6	11,274	34	12,891	1.14
22	2+4+5+6	12,264	34	12,881	1.05
23	1+2+3	8,027	19	9,024	1.12
24	1+2+4	9,337	23	9,751	1.04
25	1+2+5	9,273	23	9,961	1.07
26	1+2+6	7,857	23	9,497	1.21
27	1+3+4	8,144	19	5,050	0.62
28	1+3+5	8,080	19	5,051	0.63

組合代號	組合路線	每日行車成本(元)	站點分數總分	總經濟效益(元)	效益值
29	1+3+6	6,664	26	7,965	1.20
30	1+4+5	9,390	19	5,867	0.62
31	1+4+6	7,974	30	8,691	1.09
32	1+5+6	7,910	30	8,902	1.13
33	2+3+4	9,017	23	9,135	1.01
34	2+3+5	8,953	23	9,136	1.02
35	2+3+6	7,537	30	12,049	1.60
36	2+4+5	10,263	23	9,951	0.97
37	2+4+6	8,847	34	12,776	1.44
38	2+5+6	8,783	34	12,986	1.48
39	3+4+5	9,070	11	2,473	0.27
40	3+4+6	7,655	22	5,402	0.71
41	3+5+6	7,591	22	5,403	0.71
42	4+5+6	8,900	22	6,218	0.70
43	1+2	5,855	12	6,567	1.12
44	1+3	4,663	15	5,035	1.08
45	1+4	5,972	19	5,761	0.96
46	1+5	5,909	19	5,972	1.01
47	1+6	4,493	19	5,508	1.23
48	2+3	5,536	19	9,120	1.65
49	2+4	6,845	23	9,846	1.44
50	2+5	6,782	23	10,057	1.48
51	2+6	5,366	23	9,592	1.79
52	3+4	5,653	11	2,472	0.44
53	3+5	5,589	11	2,473	0.44
54	3+6	4,173	18	5,387	1.29
55	4+5	6,899	11	3,289	0.48
56	4+6	5,483	22	6,113	1.11
57	5+6	5,419	22	6,324	1.17
58	1	2,491	8	2,578	1.03
59	2	3,364	12	6,663	1.98
60	3	2,172	7	2,457	1.13
61	4	3,481	11	3,183	0.91
62	5	3,417	11	3,394	0.99
63	6	2,001	11	2,930	1.46

其中，本研究將站點分數總分同為 34 分的 12 個候選路線方案組合，將此 12 個方案的每日行車成本以及效益值以直條圖方式列出如圖 5.3.1，其中橫座標之數字代表候選路線組合方案之代號，紅色直條圖為每日行車成本，藍色直條圖為效益值，在本研究以站點總分為最佳方案選擇之第一標準，其次則為效益值最大者，由圖中可看出效益值最大者為 38 號組合方案，可看出最佳方案之次序為從左至右，另也可觀察出各方案之效益值與每日行車成本呈現反比。

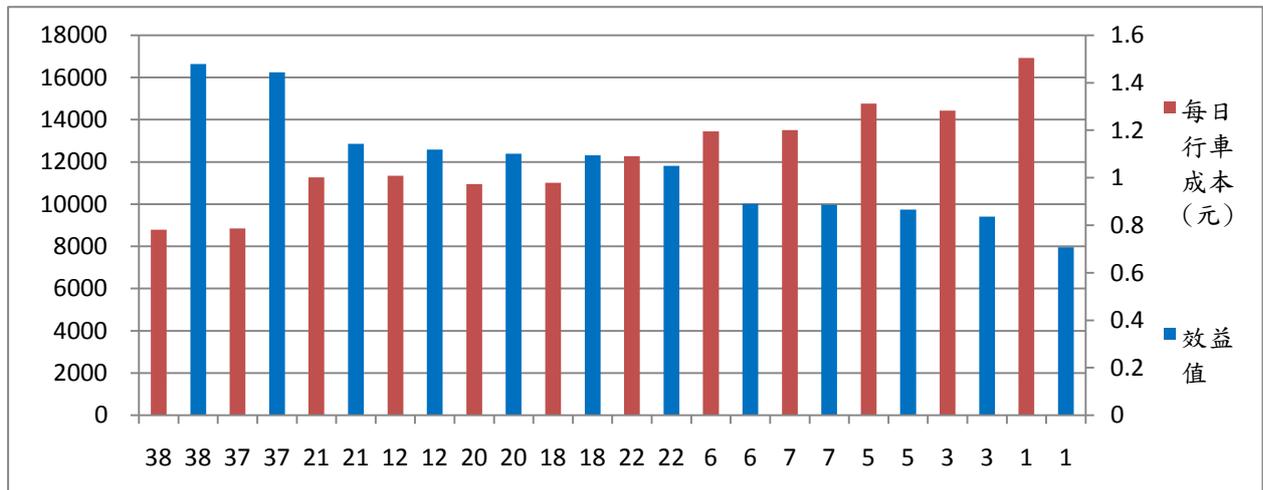


圖 5.3.1 十二個 34 分站點總分數之候選路線方案

### 5.3.1 不同情境之最佳方案分析

因本研究以團隊越野尋蹤問題為研擬公車路線之方法，故在求解最佳方案時係以取得最大之預設站點分數為主要目標，但在實際推行公車路線時，可能會以政府單位所能投入之經費限制做為選擇考量，也或許政府單位會以所投入的成本，能得到最大效益者做為實施路線之選擇。本研究整理出在不同情境下之最佳方案，各情境之說明如下。

如果係以不同成本限制做為作為最佳方案之考量，例如某政府所能投入的每日行車成本有限，最多以不超過 4 千元為準，故在此限制下之最佳方案，係以在 63 個候選路線方案組合中，挑選出成本低於 4 千者。其中每日行車成本低於 5 千元者共有 6 個方案，又在此 6 個方案中效益值最大者為候選路線 2 號，故得出最佳方案為候選路線 2 號。

表 5.3.1.1 每日行車成本限制下之最佳方案

組合代號	組合路線	每日行車成本(元)	站點分數總分	總經濟效益(元)	效益值
63	6	2,001	11	2,930	1.46
60	3	2,172	7	2,457	1.13
58	1	2,491	8	2,578	1.03
59	2	3,364	12	6,663	1.98
62	5	3,417	11	3,394	0.99
61	4	3,481	11	3,183	0.91

若某政府不考慮每日行車成本，僅希望所投入的資金能得到最大的效益值為最佳方案做為考量，則將表 5.1.1 候選路線方案組合評估結果，以效益值從大到小做為排序後，依照表 5.1.1 列出前 5 個次序，其中最佳方案為候選路線 2 號，為大湖口線。大湖口線雖為在前 5 個最高效益值內，每日行車成本為第三高者，但因其所服務之門牌數為最多，再以門牌數做為搭乘人數計算所得出的經濟效益相對也較高，故再以總經濟效益除以每日行車成本時，大湖口線之效益值為最高。

表 5.3.1.2 最高效益值之最佳方案

組合代號	組合路線	每日行車成本(元)	站點分數總分	總經濟效益(元)	效益值
59	2	3,364	12	6,663	1.98
51	2+6	5,366	23	9,592	1.79
48	2+3	5,536	19	9,120	1.65
35	2+3+6	7,537	30	12,049	1.60
50	2+5	6,782	23	10,057	1.48

#### 5.4 最佳方案績效評估

本研究另計算各預設站點從原本尚無新方案時，只能依賴既有公車路網到達其目的地所需花費的時間，與加上新方案後的路網，該預設站點到達其目的地所可節省之時間，另因此最佳方案為三條路線所組合而成，其可及性提升幅度(節省之時間)值為加總各預設站點之節省時間之平均值，並以各預設站點所涵蓋之門牌數做為加權，而得出此加權平均值。以及計算既有公車路網加上此三條路線後，服務到的門牌戶數增加多少；及將此三條路線與既有公車路網做聯集，與公車可行駛道路相除，得出公車可行駛道路涵蓋提升率，另算出此三條路線與既有公車路網之重疊率。

表 5.4.1 最佳路線組合方案之各項數據

指標	現況	加上最佳方案後	改善程度
平均可及性(分)	37	11	26
門牌涵蓋數(戶)	8,607	9,223	616
可行駛道路涵蓋率(%)	30.64	54.24	23.61
與既有公車路網重疊率	-	42.35	-

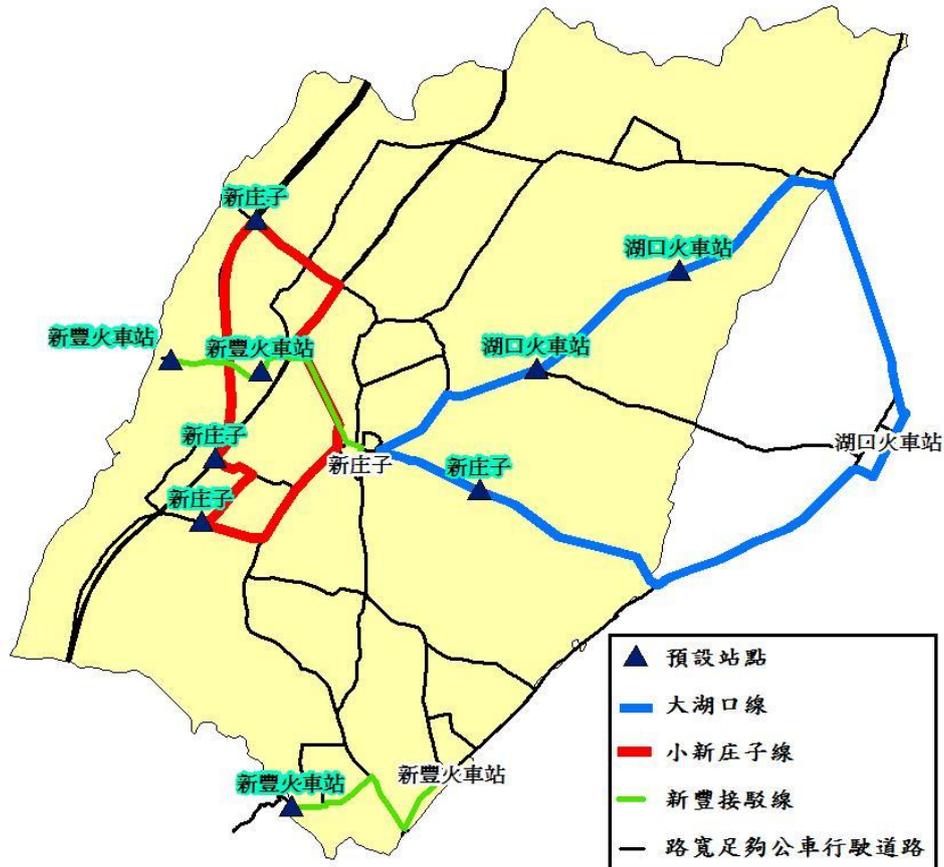


圖 5.4.1 最佳方案組合示意圖

### 5.4.1 最佳方案敏感度分析

敏感度分析係指在線性規劃中，使模型的變數在某特定範圍內變動，以觀察模型行為或變化情形的一種分析方式，一般而言，如果變數異動時，模型的變化不大，代表模型為可靠的；反之，則代表模型可能存在著風險或不確定性。本研究在計算出最佳方案時，有根據兩項假設做為分析時的基準，其一為假設搭乘率至少有百分之五，其二為每車公車成本為 53.2303 元，但在現實生活中搭乘率及每車公里成本卻有可能浮動，搭乘率可能比本研究所假設的更低、每車公里成本也可能比本研究假設得更高，故本研究以不同搭乘率以及不同每車公里成本，評估最佳方案之效益值是否仍維持正值，以衡量該最佳方案之可靠度。

將不同搭乘率做為參數，重新計算各種搭乘率下最佳方案之效益值，其中每車公里成本之假設條件仍為在 53.2303 元的情況下再原本假設搭乘率為 5% 的情況下，搭乘人數共有 80 人，此 80 人是表示在一個來回趟次的班次中此三條路線的搭乘人數共有 80 人，然經由效益除以行車成本後得出效益值為 1.48，其值大於 1，表示具有效益，但當效益值低於 1 時，表示此方案已不具有效益，見圖 5.4.1.1 中可發現，若搭乘率低於 3.35% 時，其效益值為 0.99，表示不具有效益，更具體的說法為，當在一個來回趟次的班次中此三條路線的搭乘人數加總後低於 54 人時，此方案就不具有經濟效益，則不建議行駛此方案之公車路線，否則都具有經濟效益。

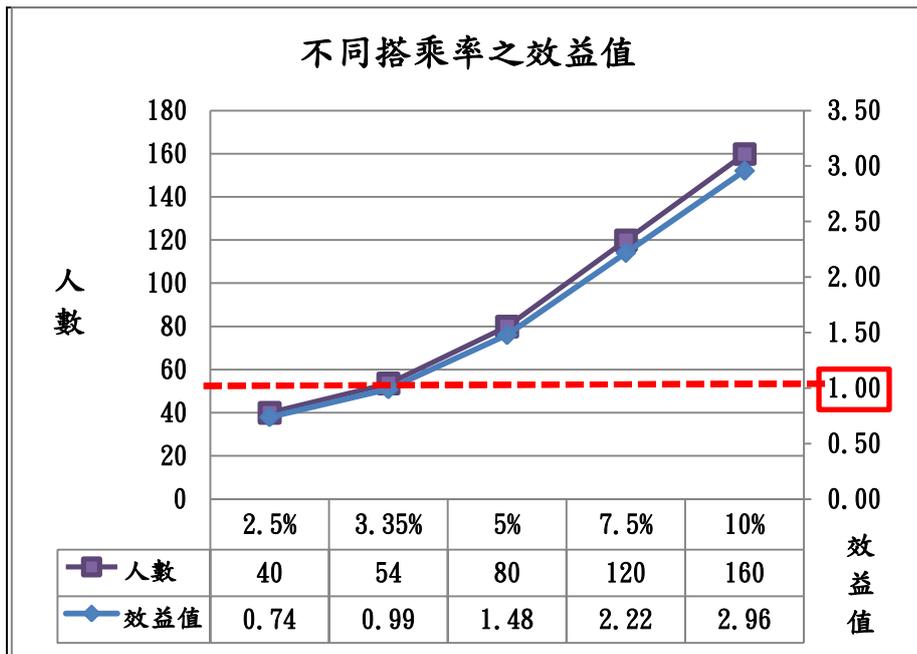


圖 5.4.1.1 不同搭乘率之效益值

另在每車公里行車成本上，也將不同成本做為參數，重新計算各種搭乘率下最佳方案之效益值，其中搭乘率之假設條件仍為在 5% 搭乘率的情況下。再原本藉由參考 2011 年臺北市聯營公車之每車公里成本(53.2303 元)所假設的條件，其效益值為 1.48，其值大於 1 表示具有效益，但倘若每車公里成本中燃料、員工薪資、車輛折舊、行車附支等項目，有漲價之情況，導致每車公里成本上升到 79 元時，見圖 5.4.1.2 可發現，其效益值曲線則剛好落在 1，意思即為，若每車公里成本超過 79 元時，則此方案之公車路線則不具有經濟效益，可能會導致營運虧損，故不建議行駛此方案之公車路線。

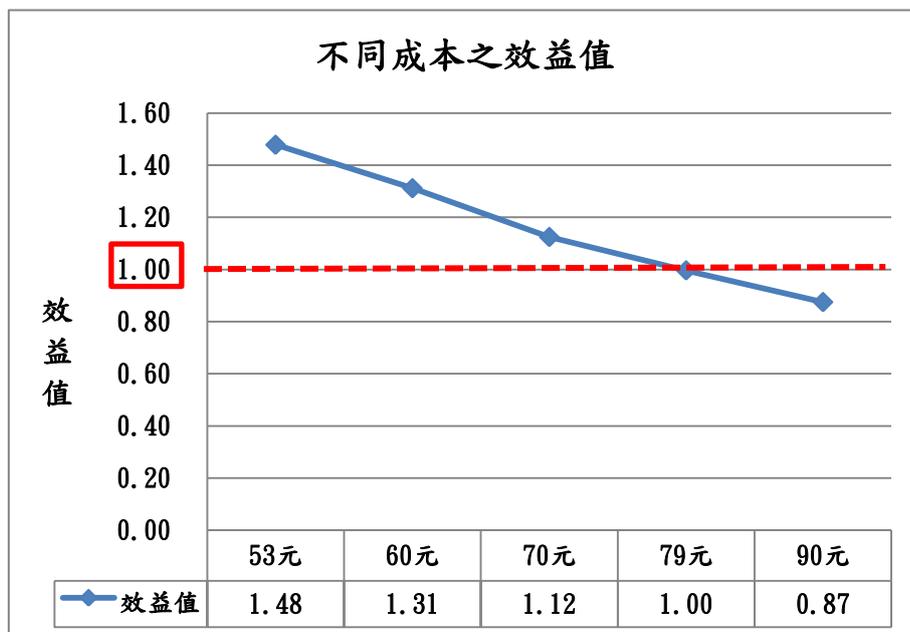


圖 5.4.1.2 不同每車公里成本之效益值

經由以上分析可發現，本研究所研擬出以大湖口線、小新庄子線、新豐接駁線等三條路線所組成之最佳方案，只要維持基本之 3.35% 搭乘率，即在一個來回趟次的班次中此三條路線的搭乘人數共有 54 人，且每車公里成本不超過 79 元，則此方案之實行仍為具有經濟效益之可行方案。且此經濟效益為在此 6 條路線、63 種路線組合方案中，不僅達到滿足民眾最多需求，也最具有經濟效益者，且只要搭乘率越高、成本越低，該方案之經濟效益則會越高。

#### 5.4.2 最佳方案可及性等時圈

本研究以繪製目前既有公車站點以及加入最佳方案預設站點後之等時圈圖，來探討在開闢最佳組合方案路線前後之可及性改善程度。等時圈圖係在時間限制下從場站以搭乘該路線公車，出發到達該預設站點後，從該預設站點以步行方式能夠行走多少距離，以及該距離範圍內可涵蓋多少門牌，其中公車行駛速率為一般公車速率 25 公里/小時為參數，步行速率係以內政部營建署之市區道路人行道設計手冊中，以正常步行速率 75 公尺/分鐘為參數。等時圈繪製說明如下：假設從 A 場站出發到達 B 站點需要 12 分鐘的公車行駛時間，在第一級 10 分鐘之等時圈下，則因在 10 分鐘內從 A 場站並無法到達 B 站點，故無法進行步行範圍距離之分析，但在第二級 15 分鐘等時圈下，則可從 A 場站出發花費 12 分鐘後到達 B 站點，且還剩餘 3 分鐘的步行時間，則可進行 225 公尺步行距離範圍的分析。另在既有站點之等時圈繪製，見圖 5.4.2.1，各既有站點以選擇該既有站點位置有提供的公車路線到達場站為準，但若某一既有站點同時提供兩條或兩條以上之公車路線均可到達不同場站(新豐火車站及湖口火車站)，則選擇距離最近的場站前往，並選擇行駛距離最短的路線搭乘。而在加入最佳合方案預設站點後之等時圈繪製，見圖 5.4.2.2，在既有站牌等時圈之分析標準不變，而此九個預設站點則設定為選擇該候選路線為搭乘選擇，此九個預設站點歸屬之候選路線情況請見圖 5.4.1。

在進行既有站牌與加入最佳方案站點後之等時圈效益評估後，詳細結果見表 5.4.2.1，可觀察出在最小 10 分鐘等時圈下，加入最佳方案後的分析，對於新豐鄉總門牌也有 43% 的涵蓋率，在最大 30 分鐘等時圈時，門牌涵蓋率竟高達 93%，總言之，基本上隨著等時圈的級數越高，其改善程度越高。

表 5.4.2.1 既有站牌與加入最佳方案站點後之等時圈效益評估

等時圈 涵蓋等級 門牌數 及比率(%)	(1)10 分鐘 等時圈	(2)15 分鐘 等時圈	(3)20 分鐘 等時圈	(4)25 分鐘 等時圈	(5)30 分鐘 等時圈
現況 (既有站牌)	4,766 (42.48)	6,794 (60.55)	7,671 (68.37)	8,660 (77.18)	9,898 (88.22)
加入最佳 方案後	4,768 (42.50)	6,888 (61.39)	8,095 (72.15)	9,371 (83.52)	10,392 (92.62)
改善程度	2 (0.02)	94 (0.84)	424 (3.78)	711 (6.34)	494 (4.40)

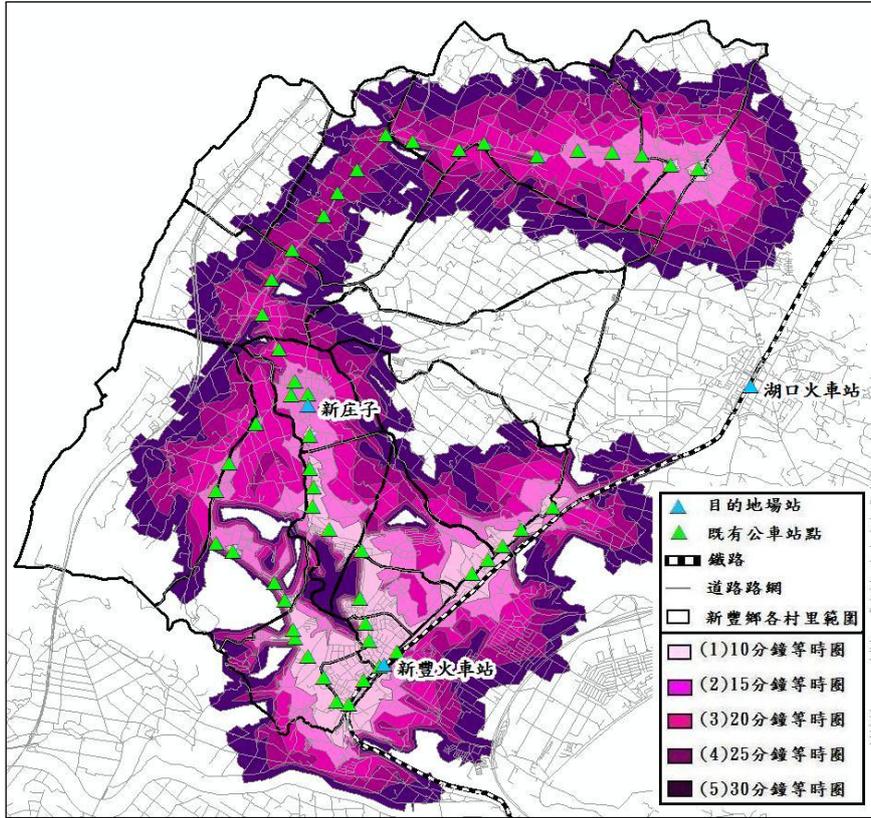


圖 5.4.2.1 既有站牌之等時圈

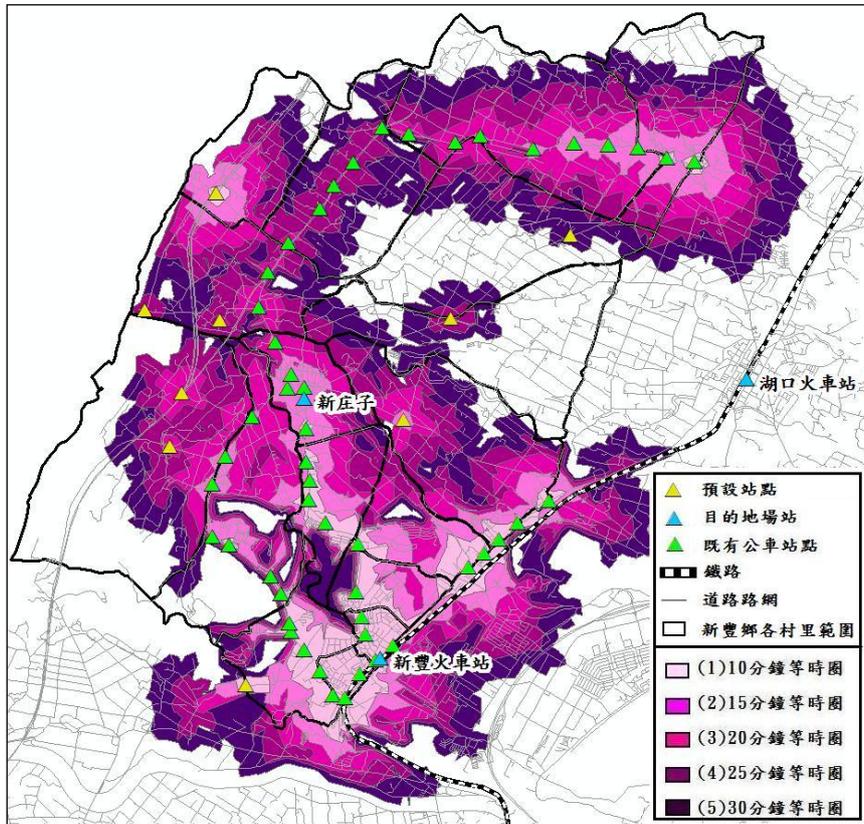


圖 5.4.2.2 既有站牌加入最佳方案後之等時圈

## 陸、結論與建議

### 6.1 結論

本研究透過地理資訊系統，分析出新豐鄉之大眾運輸服務之空間縫隙，並配合新豐鄉大眾運輸服務之現況資料，與村長進行訪談，了解新豐鄉各村民眾對於接駁公車路線規劃之意見，並取得村長給予之預設站點、權重分數、班次數。本研究亦透過實地勘查新豐鄉之道路，取得於新豐鄉境內公車可行駛之六米寬以上之道路路網，再以此路寬足夠公車行駛之路網為路線規劃之範圍，將預設站點分數轉化成 TOP 問題概念，進行公車路線設計。在此過程中不僅研擬出村長給予之預設站點之重整原則及流程，亦建立路線評估方法，最後得出之最佳方案，不僅達到最高站點分數，滿足民意需求，且其在效益值、可及性提升、門牌數提升皆有顯著效果，在實地走訪最佳方案之路線，也確認了該路線之實際可行性。

故規劃公車路線時，並非僅能旅運需求資料或幾何資料等角度進行數學模式來規劃，尚可加入當地民眾意見，以專業角度分析為主，民眾意見為輔，設計出的公車路線不僅能符合經濟效益，也能滿足民眾實際需求。符合民眾期望的公車路線，也能提升民眾搭乘意願，促進公共運輸發展，達到節能減碳的效果、降低公共運輸資源浪費。

### 6.2 建議

- 一、目前因本研究之研究規模較少，尚可以窮舉法挑選出最佳路線方案，若後續相關課題範圍較大時，則可研擬相關演算法進行較有效率之分析。
- 二、再進行取得社區民眾意見時，僅以村長作為代表，後續可改用家戶的抽樣問卷，或進行鄉民大會，取得更具客觀性之資料。
- 三、在進行預設站點重整時，建議可先經由專家問卷取得具客觀性、專業性之數據，以做為調整之標準依據。

## 柒、參考文獻

1. Chua, T. A., D. T. Silcodk (1982), "The Practice of British Bus Operations in Planning Urban Bus Service," Traffic Engineering and control, Vol. 23, pp. 66-70.
2. Chao, I-M., B. Golden and E.A. Wasil, (1996) "Theory and methodology: The team orienteering problem." European Journal of Operational Research, 88, 464-474.
3. Vansteenwegen, P.& Van Oudheusden, D. (2007), "The mobile tourist guide: An OR opportunity. " OR Insight, 20(3), 21-27.
4. Vansteenwegen, P.& Souffriau, W. & Vanden Berghe, G.&Van Oudheusden, D.(2009), "Iterated local search for the team orienteering problem with time windows. Computers&Operation Research",pp.3281-3290.
5. 邱裕鈞、王銘德、黃彥裴(2012),「臺灣地區公路客運供給與補貼之區域資源分配差異分析」,運輸計劃季刊,第四十一卷第四期,頁 399~頁 434。
6. 梁韻嘉、羅敏華、古薇涵(2009),「應用和弦搜尋演算法於團隊越野競賽問題之研究」,中國工業工程學會九十八年度年會暨學術研討會論文集,逢甲大學。
7. 沈美慧(2011),「建構大眾運輸服務時空縫隙分析系統之研究」,碩士論文,中華大學運輸科技與物流管理學系。
8. 張淑詩(2006),「通勤交通車路線問題之研究」,碩士論文,國立交通大學運輸科技與管理學系。
9. 黃韻(2000),「市區公車高潛力需求路線之研究」,碩士論文,國立交通大學交通運輸研究所。
10. 邱榮川(1986),「配合捷運系統公車路網設計方法之研究」,碩士論文,國立交通大學交通運輸研究所。
11. 李繡如(2009),「居民之社區意識、休閒參與與社區凝聚力關係之研究」,碩士論文,朝陽科技大學休閒事業管理系。
12. 李宗隆(2006),「運用地理資訊系統於道路指示標設置之研究」,碩士論文,逢甲大學交通工程與管理系。