

# 逢甲大學學生報告 ePaper

## 公路客運小車聯程轉運之路線規劃與預約系統開發研究

Research on the route planning and reservation system development of highway passenger car joint transfer

作者：張瑜庭、扈苑庭、陳藝昕、黃曉媛

系級：運管四甲、運管三乙

學號：D0716129、D0958779、D1077865、D1010781

開課老師：蘇昭銘 教授

課程名稱：專題研究

開課系所：運輸與物流學系

開課學年：111 學年度 第 2 學期



## 中文摘要

根據 109 年行政院主計處統計，彰化縣大眾運具使用比例在全臺為倒數第四的縣市。現今許多客運業者考量自身的營運情況，必須將部分營運不良之路線停駛，但停駛造成了民眾出行困難、駕駛員面臨裁員以及營運成本虧損等危機。為保障民眾「行的正義」，本研究提出「小車聯程轉運」的構想，透過建構路線規劃的數學模式，為客運業者解決目前的經營問題，將大車替換 9 人座小客車來經營該路線，使公司營運虧損降低。

本研究將以業者經營情況等問題為研究出發點，將針對彰化客運鹿港路廊的路線進行評估，最後選擇一條末端路段營運情況較不佳的路線改由小車聯程轉運的方式，協助業者降低合理成本，並且利用 Python 建構路線規劃數學式，為業者規劃合理且有效率的小車聯運路線，整合本組設計的預約系統，以民眾的需求為基礎，使業者在當日排班調度上有完善的規劃。

經過本次研究，本組選定 6902 路線水尾 - 鹿港路段為研究範圍，完成旅客預約系統介面與路線規劃之數學模式，並且假設六種情境測試預約系統，測試路線規劃模式可以給出車輛行駛的路徑，並且計算合理成本與駕駛工時，評估小車聯程轉運的方式可以有效的幫助業者改善現有問題。本組研究構思也與彰化客運進行訪談，業者給予本研究幾項建議，為後續改善系統之依據。

**關鍵字：**小車聯程轉運、車輛路徑問題、路線規劃模式、預約系統開發

## Abstract

According to statistics from the Accounting and Accounting Office of the Executive in 2020, Changhua County was the fourth-lowest county and city in Taiwan in terms of the proportion of public transportation used. Nowadays, many passenger transport operators consider their own operating conditions and must suspend some of the poorly operated routes. However, the suspension has caused difficulties for the public to travel, drivers are facing crises such as layoffs, and operating cost losses. In order to protect the public's "Justice", this study puts forward the idea of "transfer with small vehicles". Through the construction of a mathematical model for route planning, it solves the current operating problems for passenger transport operators, and replaces large vehicles with nine-seat passenger vehicles for operation. This route reduces the operating loss of the company.

This study will start from issues such as the operating conditions of the operators, evaluate the routes of the Lukang Corridor of Changhua Passenger Transport, and finally select a route with a poor operating condition at the end of the road and change it to the way of connecting trains to assist the operators Reduce reasonable costs, and use Python to construct route planning mathematical formulas, plan reasonable and efficient car intermodal routes for operators, integrate the reservation system designed by our group, and based on the needs of the public, enable operators to schedule on the same day with perfect planning.

After this research, the team selected the Shuiwei back and forth Lukang section of the 6902 route as the research area, completed the mathematical model of the passenger reservation system interface and route planning, and tested the reservation system assuming six scenarios. The test route planning model can give the vehicle driving Route, and calculate the reasonable cost and driving hours, and evaluate the way of car-transfer transfer can effectively help the industry to improve the existing problems. The research team also conducted interviews with Changhua Passenger Transport, and the industry provided several suggestions for this research, which will serve as the basis for subsequent improvement of the system.

**Keyword :** Car Intermodal, Routing Planning Model, Reserve System Development, Vehicle Routing Problem

## 目次

圖目錄.....	5
表目錄.....	7
第一章 緒論.....	8
1.1 研究背景與動機.....	8
1.2 研究目的.....	9
1.3 研究範圍.....	9
1.4 研究流程.....	10
第二章 文獻回顧.....	12
2.1 車輛調度規劃方法回顧.....	12
2.2 建立車輛路線規劃數學模式回顧.....	13
2.3 預約系統.....	15
2.4 綜合探討.....	16
第三章 路線營運現況探討.....	18
3.1 彰化縣鹿港線路線目前營運情況.....	18
3.2 路線 6902 現況分析.....	22
3.3 業者訪談建議與看法.....	29
第四章 創新服務系統.....	30
4.1 大小車聯程轉運服務定義.....	31
4.2 服務設計.....	31
4.2.1 服務設計之系統設計目的.....	31
4.2.2 服務設計之顧客、業者、系統關係說明.....	32
4.3 旅客預約系統.....	34
4.4 數學模式 Lingo 測試.....	36
4.5 路線規劃模式.....	39
第五章 系統情境模擬.....	44
5.1 情境模擬.....	44
情境一：2 人預約.....	44
情境二：4 人預約.....	45
情境三：8 人預約.....	46
情境四：12 人預約.....	47
情境五：16 人預約.....	49
情境六：20 人預約.....	50
5.2 情境評估.....	51
5.2.1 補助後之合理成本下降.....	51
5.2.2 駕駛工時下降.....	52
第六章 結論與建議.....	52

6.1 結論.....	53
6.2 建議.....	53
參考書目.....	55
附錄.....	56



## 圖目錄

圖 1 研究流程圖.....	11
圖 2 彰化縣鹿港線彰化客運服務所有路線圖.....	18
圖 3 6901 路線 108~110 年每日每站點平均旅次量.....	20
圖 4 6902 路線 108~110 年每日每站點平均旅次量.....	20
圖 5 6909 路線 108~110 年每日每站點平均旅次量.....	21
圖 6 6933 路線 108~110 年每日每站點平均旅次量.....	21
圖 7 6936 路線 108~110 年每日每站點平均旅次量.....	22
圖 8 6900 路線 108~110 年每日平均旅次量.....	23
圖 9 6902 路線 108~110 年每日平均旅次量.....	23
圖 10 6902 路線 108~110 年平均每日班次旅次量.....	24
圖 11 備選轉運站位置圖.....	25
圖 12 柯厝站周圍土地使用情況(2022/09).....	26
圖 13 柯厝站街景服務圖(2022/09).....	26
圖 14 柯厝加油站周圍土地使用情況(2022/09).....	27
圖 15 柯厝加油站街景服務圖(2022/09).....	27
圖 16 水尾場站空拍圖.....	28
圖 17 水尾(伸港轉運站)街景圖.....	28
圖 18 與彰化客運長官合影.....	30
圖 19 政府補助合理成本下大小車總成本效益圖.....	30
圖 20 預約系統服務設計圖.....	33
圖 21 預約系統歡迎頁.....	34
圖 22 旅客資料介面.....	35
圖 23 搜尋個人資料範例.....	35
圖 24 預約搭乘時間介面.....	36
圖 25 預約成功畫面.....	36
圖 26 旅行推銷員問題-分割現象示意圖.....	38
圖 27 Lingo 數學模式程式碼.....	39
圖 28 Python 數學模式執行流程圖.....	40
圖 29 站點座標資料.....	42
圖 30 預約站點資料.....	42
圖 31 站點座標距離矩陣.....	43
圖 32 模式參數設定.....	43
圖 33 距離矩陣結果.....	43
圖 34 模式結果.....	44
圖 35 情境一預約資料.....	45
圖 36 情境一最佳路線結果圖.....	45

圖 37 情境二預約資料.....	46
圖 38 情境二最佳路線行駛結果.....	46
圖 39 情境三預約資料.....	47
圖 40 情境三最佳路線行駛結果.....	47
圖 41 情境四預約資料.....	48
圖 42 情境四最佳路線行駛結果 1.....	48
圖 43 情境四最佳路線行駛結果 2.....	49
圖 44 情境五預約資料.....	49
圖 45 情境五最佳路線結果圖 1.....	50
圖 46 情境五最佳路線結果圖 2.....	50
圖 47 情境六預約資料.....	51
圖 48 駕駛工時比較圖.....	52



## 表目錄

表 1 車輛派遣方式之文獻整理表.....	13
表 2 車輛路線規劃模式之文獻整理表.....	15
表 3 KKTIX 與本組構思系統比較圖 .....	16
表 4 路線營運情況.....	18
表 5 轉運場站各場域資訊表.....	29
表 6 合理成本條件與計算結果.....	51





## 第一章 緒論

### 1.1 研究背景與動機

依據交通部統計處《111年民眾日常使用運具狀況調查》，111年我國公共運輸市占率為14.3%，因為受到疫情的影響，在111年的調查中相較於疫情前公共運輸使用率為16%，如今民眾搭乘大眾運輸的使用率仍然是較低。在全臺22個縣市當中公共運輸使用率以臺北市37.2%最高，基隆市32.5%、新北市28.7%，三縣市之公共運輸使用率亦高於全國平均，其餘各縣市公共運輸使用率均未達及10%，其中以雲林縣及南投縣較低，分別為2.7%及3.5%。相較於大眾運輸之使用，民眾使用私人運具的情況還是比公共運具使用的情況來的高，111年我國私有運具市占率達72.3%，各縣市當中以臺北38.9%、基隆市54.5%及新北市57.2%皆低於全國平均，其餘縣市私人運具皆高於75%，其中以臺東縣85.9%及臺南市85.5%位列全臺最高。

彰化縣為目前臺灣縣區域之中人口最高之縣區，2022年底人口來到了1,245,318人，在眾多人口的縣市，保持良好的大中眾運輸對於民眾日常生活需求所需是非常重要的環，而相較於彰化縣與上述公共運輸使用率最高之三縣市，彰化縣民眾對於大眾運輸使用率卻僅有4.4%，使用率為全臺倒數第四，因此更需更加培養當地民眾搭乘大眾運輸工具的習慣。

近年來因為疫情等相關因素導致客運業者駕駛員缺工問題日益嚴重，缺工問題本是各家客運業者所需面臨的問題。依據《汽車運輸業管理規則》第19-2條第一項第一款規定，客運駕駛員車輛每日最多不可超過10小時以上，但臺灣汽車客運業產業工會表示，臺灣客運駕駛員平均工時為12~13小時，例假日工作時速更高達15個小時，因此大部分駕駛員都是屬於過勞的狀態，駕駛員在此高工時、休息時數不足的環境下工作，將導致駕駛員難以久任於此職位，也將是導致駕駛員缺工等問題之其中一環。為了解決缺工這項問題，政府須與業者共同合作，因此在2019年中旬，臺中市監理所會同各家客運公司舉辦大型司機員徵才，而現如今在疫情趨緩後，大客車駕駛員缺工問題也並未因此得到減緩，現今全臺客運駕駛員缺少將近1800人，同時遊覽車駕駛員也缺少近3000人，不少駕駛員紛紛轉往物流業、工廠運砂石等，年輕人加入客運業的意願也不大，因此即使現在疫情緩和後，駕駛員仍招募不順利導致缺工問題無法解決。

根據新聞媒體報導，近年來因受疫情等其他因素之影響，各客運業者除了陸續宣布票價調漲及部分路線班次減班、併班或停駛，對於民眾日常『行』的交通影響頗受衝擊。以彰化客運而言，已公告停駛運量較低的路線，如路線6909路線許可證到期但不繼續經營，而彰化客運也調整路線班次、改點17條路線，其中調整的路線班次共有9條路線；另外也陸續停駛運量較低的路線，如路線6910、6970等6條路線，其8條路線調整自疫情以來持續維持暫停營運，但因

平時載客量較低且平日只有一往返趟次，因此在今年停駛該上述 8 條路線。公路總局為此缺工問題也提出獎勵措施，並且補助小客車、大貨車及大客車駕駛員之訓練津貼，提高吸引力與競爭力。

延續缺工等問題，若大車轉乘小車也能改善此項問題，將轉乘小車服務於公車路線後段站點，不僅能減緩空車率的問題也能減緩因空車率而導致業者在營運上之虧損，並且改行駛小車的優點為小客車駕照相較於大客車駕照易考取，且在駕駛方面更加簡易上手，另外也能應對相較繁忙的道路將乘客有效率地從甲地送往乙地；考慮到民眾大車轉乘小車會導致不便及不習慣等問題，因此也提供幾項措施逐漸使民眾適應，一、強調方便性：強調轉乘小車之便利性及安全性；二、推銷優惠，提供民眾轉搭乘小客車時會有折扣，例如學生票及長者優惠票等方案措施等。

目前在彰化縣服務的客運業者共三家，分別為彰化客運、員林客運及中鹿客運。現由彰化客運與員林客運為主要的營運公司，找查這三家公司的服務路線後，共有 22 條市區公車路線及近百條的公路客運路線，主要起迄站點為彰化、員林、高鐵臺中站、草屯、二林、鹿港、田中等地區。彰化客運之服務路線中，規劃出路線 6900 等 12 條客運路線，公路客運服務民眾可自臺中、彰化及草屯等地區，路網服務可到達鹿港，可提供民眾觀光、通勤及通學等路線，12 條路先皆可滿足民眾日常需求。鹿港線之個條路線經過票證資料統計分析結果，某些條路線在末段站點產生旅次量遞減的情況發生，而導致末端站點空車率過高而對客運業者產生營運虧損的問題發生。因此本研究將提出大小車聯乘轉運的方式與可實行的營運路線及營運模式，後段部分將配合預約系統使路線彈性化，讓民眾提前預約班次，業者配合民眾之需求提前做車輛安排，提供彈性且便利的大眾運輸服務，也稍能緩和缺工而造成人力不足的問題。

## 1.2 研究目的

依研究背景與動機，本研究將探討如何降低彰化客運駕駛員缺工以及業者面臨營運成本問題。本研究探討小車聯程轉運路線規劃模式與旅客預約系統開發，票證資料分析評估路線採用大車轉小車之可行性，考量載客量、時段、路段等因素，分析鹿港線符合條件之路線。建立路線數學模式配合旅客預約系統，讓小車行駛路線可以依照每次服務調整，降低旅行時間，並且準時到達接駁站點。本研究此次主要的研究目的如下：

1. 降低業者營運成本
2. 解決駕駛員缺工問題
3. 提出創新路線營運模式

## 1.3 研究範圍

在本研究中，將以彰化客運 6 條路線中，以路線 6902 為研究對象，並探討該路線中可能存在的小車營運路段，以及這些路段之可行性。小車營運路段指的是路線上的某些區段，在特定的距離範圍內，考量客運公司營運成本問題等，因此推動大車轉小車聯運的策略。

本研究的目標是評估這些小車營運路段的影響因素，並提出可能的改善措施，以提高路線 6902 的運輸效率及降低業者營運成本。透過本研究的成果，相信能對公共運輸系統的改善和提升產生實質性之貢獻。

針對路線 6902 之小車營運路段的可行性，本研究以從以下幾個方向進行探討：

#### 一、路線競爭力分析

彰化市前往鹿港的公車路線共有 6 條，相較路線 6902 也有更方便快捷的路線，因此本研究將分析 6902 路線與現有鹿港縣公共道路線的競爭關係，以及比較其與其他替代交通方式的競爭優勢和不足，了解該路線是否有與其他路線不同旅客需求地點，使本組後續可針對該路線營運方式進行改善，達成研究目的設定之目標。

#### 二、乘客需求分析

針對該路線的營運路段，進行過去票證資料分析，了解乘客對該路線實際需求，並根據票證資料交叉分析結果，確定路線中實際需要進行改善之路段，減少受路線路段改善影響的民眾範圍。

#### 三、經濟效益分析

對該路線的營運路段進行經濟效益分析，包括車輛運營成本、車輛使用率等方面的評估，以比較路線改善前後是否對業者的經濟效益產生影響。

綜合上述以上三個方向之探討可以使本研究了解路線 6902 的小車營運路段的可行性和潛在問題，並對其進行優化和改進，以提高路線的運營效率和服務質量，為乘客提供更好的出行體驗。

## 1.4 研究流程

本小節將說明本研究小車聯運路線派遣模式與預約系統的研究進行過程，並且詳細的說明流程內容，流程圖示如圖 1。

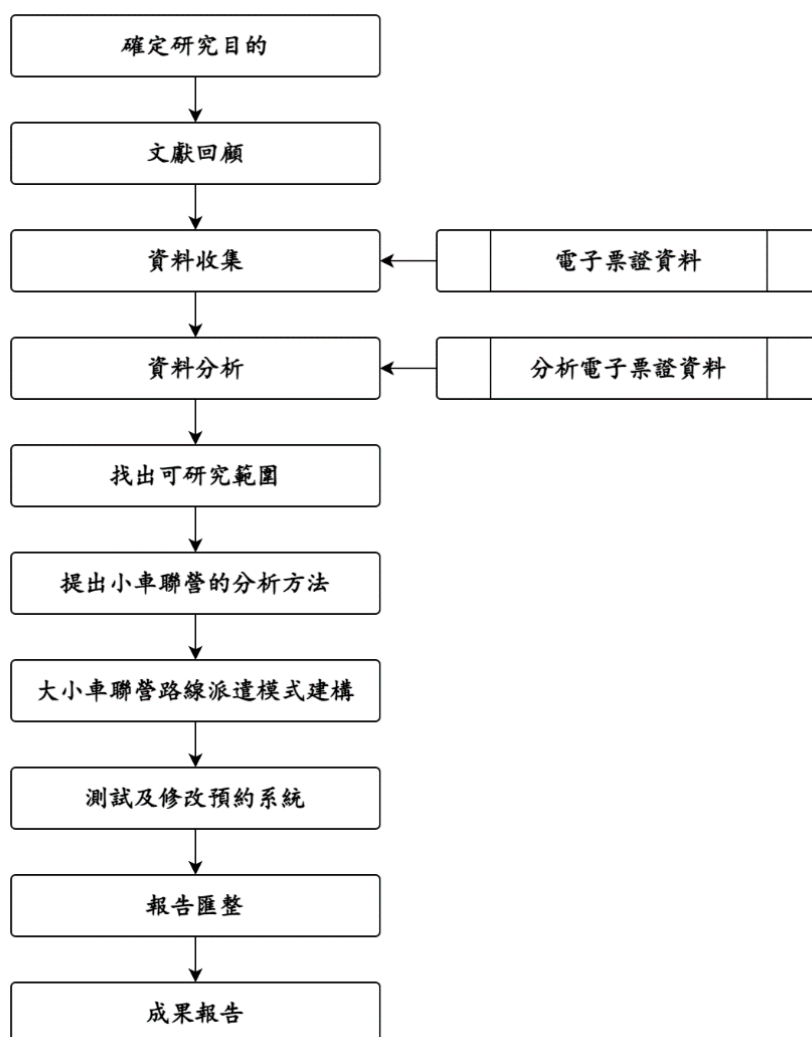


圖 1 研究流程圖

1. 確定研究目的和範圍：  
開始進行本研究前必須先瞭解相關領域的研究現況及現有研究需求，進而確定本研究的目的和服務範圍。
2. 文獻回顧：  
在確定本研究的目的後，收集並研讀與本研究相關的各種文獻及相關的研究報告，以瞭解未來研究的相關內容時的資料和分析方法等。
3. 資料收集和分析：  
本研究向相關公司索要其公司的電子票證資料，票證資料當中包含旅客的上下車時間、站點、票種等等，將以上內容進行整理分析，其內容為車外的人數分佈、站點人數分佈、尖離峰的時段等。
4. 提出小車聯營的分析方法：  
本研究認為提出小車聯營的方式，並對其進行探討分析，有助於幫助客運公司提高便利性和降低空車率。



5. 大小車聯營路線派遣模式建構：  
本研究之路線模式將假設所有旅客都採預約式，並且路線上的路況良好情況下，建構以成本或時間為目標式的數學模式。
6. 測試及修改預約系統：  
初步將路線派遣模式完成後會進行測試，若測試中出現問題將立即修改，以確保系統可以順利運行。
7. 報告匯整：  
本研究在完成以上工作後，進行整理檢查，完成彙整。
8. 成果報告：  
本團隊將完成匯整的報告進行成果報告。

## 第二章 文獻回顧

本研究根據研究目的找尋了相關文獻進行文獻回顧，總共分成三個小節，在前兩個小節主要敘述車輛調度與車輛路線模式之建立，在最後一小節將進行綜合探討，了解文獻回顧內並將作為後續研究之參考依據。車輛調度、車輛路線模式之建立等相關研究，首先了解國內大眾運輸車輛調度整合之應用發展，並將車輛調度系統在應用至公車排班調度，將探討公車路線以及路線規劃等特性，作為後續本研究路線規劃和調整之參考。

### 2.1 車輛調度規劃方法回顧

陳俊穎、蘇昭銘(2014)為解決接駁型撥召公車之路線與接駁車站選擇問題，並考量兩者運輸系統結合，以解決或縮短接駁過程中所產生的時間空隙及空間縫隙，傳統型撥召問題依規劃者搜集旅客提供的起訖點以及出發時間，安排車輛的路線以及排定班表。

高慈妤(2014)此研究優化定班定線所需最小化座位數與派遣車型，並參考 VRP 與 DRTS 等文獻，車輛派遣從場站起出發繞駛多個節點，且每個節點只服務一次完成繞駛後回到場站，提出在時間窗下的最佳車輛派遣路徑，另外此研究也建構模式，將座位數最小化，再者在最小化總成本和接送旅客順序路線，再透過計算找出最佳解，以及透過敏感度分析提供決策者在不同的情境下選擇何種方案對營運模式是最優的經營方式。

卓裕仁、朱佑旌(2008)為了注重顧客服務以及作業績效之企業環境下，物流業者必須更加有效率地配送資源提升效率與品質，在顧客面希望物流業者可以在指定的時間完成配送，在業者方面因為了減少發車趟次，會增加車輛排成之難度卻可提高送達之效率，並設計出一套 VRPBTW 兩階段回溯式門檻接受法之求解方法。

彙整各文獻車輛派遣之設計邏輯，整理出下表 1 呈現如下：

表 1 車輛派遣方式之文獻整理表

研究者	論文名稱	區域/對象	應用方式
陳俊穎、蘇昭銘 (2014)	以接駁型需求反應式 公車服務模型解決偏 遠地區運輸問題之初 探	幹線公車與 旅客迄點間 接駁之使用	FDRTS 旅客撮合  與車輛路線規劃  模式
高慈好(2014)	定班定線與需求反應 式公共運輸系統最佳 化模型之建立與應用	花蓮縣玉里 鎮	VRP 和 DRTS
卓裕仁、朱佑旌 (2008)	兩階段回溯式門檻接 受法求解時窗限制 回程取貨車輛路線問 題之研究	物流業者	兩階段回溯式門 檻接受法 (two-phase backtracking threshold accepting, TBTA)

## 2.2 建立車輛路線規劃數學模式回顧

吳孟璵(2004)研究在 GPS 環境下公車車輛排班調度專家系統，其範圍已排定 固定班表，進行機動排班及考量當日人員狀況、現行排班調度作業。此研究建立 兩種模式，其一為排班模式建立：經乘載量調查結果推估載客量，並以營運者利潤最大化原則及旅客擁擠度為決定時段車次數，產出固定班表，並依據當日人員、車輛狀況調整排班；其二為專家系統建立：以專家知識作為排班調整之依據，利用 GPS 監控車輛行駛中誤點、脫班、漏班等情況。

黃頡(2000)，探討高營收路線以及低營收路線的影響因素，且探討該路線及路線營收兩者間之關係，建立該路線運營績效以及預測模式；將路線特性量化表達，並採用地理資訊系統應用軟體 Trans CAD 進行路線運營績效之預測模式建立，尋找出市區公車較高潛力路線之需求以及市區公車在路線開放中如何實際之運用並且分析出該市區公車運營路線之成本架構。

何亮樺(2018)，利用 GIS 路網分析、Excel 統計分析規劃路網結構與供需分析。進行公車路線上個站點之供需分析，設計一套路線規劃之執行架構，並了解該路線所有公車重疊狀況，以及所有旅客起迄點位置分布地區，並且提出合理路網重整規劃之方法，進行路線整併以及增減班等情況進行設計；再者進行公車路線成本效益評估，在營運者面，使業者營運成本降低，在民眾面，公車發車班次密度提高，可減少旅客候車的車外時間。

Olli Bräysy、Michel Gendreau(2008)此研究使用傳統的啟發式路線構建方法和最近的本地搜索算法，提出並分析了基準問題。結果為應該使用柏拉圖最優的

概念來評估和提出方法。

Yongcheng Wu(2011)，此研究調查了香港地區，郊區內置郊區外公車服務之路線問題，以及透過減少轉乘次數改善民眾端轉乘大眾運輸的困擾，並減少民眾的車內時間。提出的解決方法中，提到解決路線設計問題的遺傳算法，建立一套數學模式以乘客的總旅行時間和轉成次數為最小化為目標式，設計後的結果與當前大眾運輸服務相比較，可得知換乘次數和總行程時間分別至少減少 20.9%和 22.7%，大幅減少乘客在大眾運輸上的車內時間，並提高了大眾運輸的使用效率。

Eiichi Taniguchi, Russell G Thompson, Tadashi Yamada, Ron Van Duijn(2011)描述旅行推銷員問題(Travelling Salesman Problem, TSP)，從起點到  $n$  個客戶或城市拜訪，並在最後回到起點，將問題構成一條最佳路線，也可以使旅行成本最小化，提到率行推銷員問題的數學模式也會產生分割現象的問題。

彙整各文獻數學模式之設計邏輯，整理出下表 2 呈現如下：



表 2 車輛路線規劃模式之文獻整理表

研究者	論文名稱	區域/對象	應用方法
吳孟璵(2004)	GPS 環境下公車車輛排班調度專家系統之研究	市區公車客運業者	車輛排班專家調度系統
黃頡(2000)	市區公車高潛力需求路線之研究	臺北市市區公車	迴歸分析
何亮樺(2018)	桃園市公車路網分析與重整之研究-以中壢、新屋、楊梅三區為例	中壢、新屋、楊梅	GIS-T (運輸地理資訊系統)
Olli Bräysy、Michel Gendreau(2008)	Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms	現有線路優化線路選擇	啟發式演算法
Yongcheng Wu (2011)	A simultaneous bus route design and frequency setting problem for Tin Shui Wai, Hong Kong	香港地區-天水圍	遺傳式演算法
Eiichi Taniguchi, Russell G Thompson, Tadashi Yamada, Ron Van Duin (2001)	City logistics	城市物流車輛路線和排程	旅行推銷員問題 (Travelling Salesman Problem, TSP)

## 2.3 預約系統

KKTIX 是彰化客運推出從彰化至溪頭之預約服務，主要的服務以觀光為主的客群，因為該路段於例假日或連假期間之時段會發生座位供不應求的狀況，故並在發車日前 2~4 天採用預約班次以及點選座位的服務方式，盡而降低乘客無法搭乘之狀況發生。點選至系統預介面將會顯示出搭乘路線、日期和班次，點選完成後將會提供路線資訊，透過流程選擇搭乘座位和張數，在填寫聯絡人資訊確認



後送出，最後將在搭乘當日使用電子票證或現金付款上車，回程需搭乘溪頭往彰化之路線，可預約發車日 2~4 日或現場領取號碼牌等候。

## 2.4 綜合探討

綜合上述文獻可發現，至目前為止相關的排班模式及車輛派遣系統給予使本研究明確研究方向，大部分的學者利用數學模式解決排班問題及車輛指派，達成了部分空間無縫及時間無縫，但也需依當日的人員和車輛情況下去做協調安排班次，如此一來可以解決公司所面臨的營運成本、缺工問題或空車率過高等問題發生。

本研究評析後將會建構數學模式與建立車輛路徑問題(Vehicle Routing Problem, VPR)，由於數學模式規劃須考慮使用者的觀點設立目標式與限制式，在變數間之關係利用數學式表示，並透過數學模式求得出最佳解，對於本研究而言透過業者及民眾的需求制定排班策略，透過數學模式以及顯示出旅運行為模式（測試數學模式正確性在採用 LINGO、PYTHON 兩個軟體對照正確性），再使用 Visual Basic 串連資料庫建立預約系統，此系統建構的目的在於，可已讓業者得知民眾需求，依照原定路線規劃每日所需的站點順序，亦可針對當日人員、車輛等突發狀況另外做調整，以貼切現實狀況，以規劃數學模式配合旅客預約系統提供業者資訊，使小車可以依照班次服務調整，使民眾可以提前預約班次以及業者提前安排車輛，提供更加彈性的公共運輸服務，縮短旅行時間。

相較於彰化客運委外系統 KKTIX，而本研究開發系統是以伸港往返鹿港之預約服務，主要服務觀光客群以及在地民眾，因為路線 6902 在末端站點相較於其他路線的運量人數較低，因此為了改善空車率之問題將規劃大小車聯運，在搭乘日前一天點選至系統頁面將會輸入基本資料以及聯絡方式，後續再使用會員帳號進行預約，輸入完基本資訊後才可進行預約，預約介面將會呈現搭乘日期、班次及搭乘人數等，將手續完成後將會確認預約資訊表示預約完成，最後再搭乘日當天上車時刷票卡將會完成付款方式。KKTIX 與本組研究之比較如下表 3 所示。

表 3 KKTIX 與本組構思系統比較圖

系統名稱	KKTIX (彰化客運)	本研究系統
------	--------------	-------

服務對象		彰化至溪頭之觀光客	伸港往返鹿港之旅客
服務目的		提供旅客事前預訂，避免無座位搭乘	提供業者旅客資料庫，事先得知當日旅客人數，並由業者安排發車班次
預約系統	預約時間	發車日前 2~4 天	搭乘日前一天
	票價優惠	免費	提供旅客敬老票、學生票等優惠票
	剩餘預約人數	點選座位階段得知剩下預約總人數	座位額滿將會指派下一班次之小客車



### 第三章 路線營運現況探討

#### 3.1 彰化縣鹿港線路線目前營運情況

彰化客運鹿港線主要經營的路線為 6900 及 6933，路線 6900 行駛 16.2 公里，日平均載客數為 108.40 人次、路線 6933 行駛 40 公里，日平均載客量為 54.59 人次，相較於彰化客運鹿港路廊其他路線的旅次量較多出許多；其中路線 6936 為臺灣好行鹿港祈福路線，此路線為觀光路線，從高鐵臺中站行駛至臺灣玻璃博物館每日去返班次數平均為 5.5 班，行駛路線 34.2 公里，每日平均載客量 48.18 人次。另外亦有 6901、6902、6934 路線，服務彰化、臺中、鹿港沿線居民，大部分路線再 2019~2021 年間，每日平均運量大約為 6900 與 6933 兩路線的總運量，由此情況，針對營運路線旅次量長期會使公車有空車繞行的可能，本研究將透過後續的研究，改善目前運量低，且使用大車可能較不付成本效益的問題。下方圖 2 是目前 6 調正在服務的路線，另外 6900、6933、6934、6936 彰化到鹿港皆是走彰鹿路，因此 6900 路線在此圖上被其他路線遮擋。

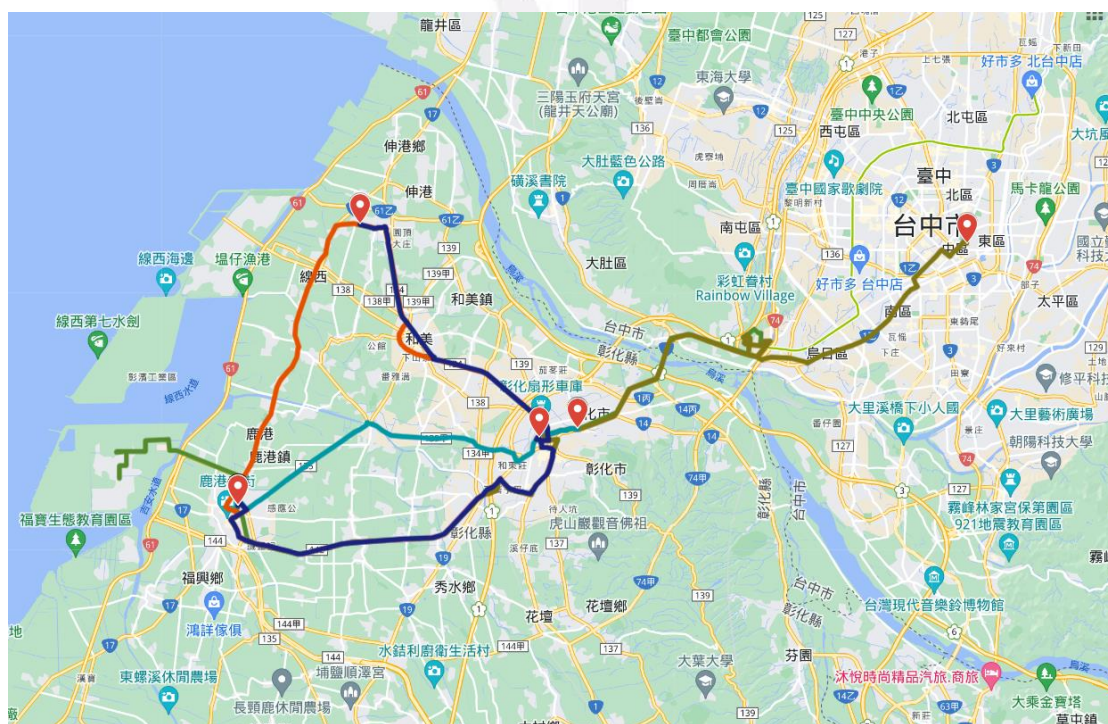


圖 2 彰化縣鹿港線彰化客運服務所有路線圖

表 4 路線營運情況

路線名稱	公里數 (公里)	班次數 (去/返)	預計行駛時 間(分鐘)	日平均載客 人數(人/ 日)

6900	—	16.2 公里	20 班/19 班	40 分	108.40
6901	—	21 公里	6 班/6 班	38 分	53.08
6902	—	26.37 公里	6 班/6 班	66 分	28.11
6933	—	40 公里	11 班/11 班	113 分	54.59
6934	—	27.4 公里	7 班/7 班	75 分	51.30
6936	臺灣好行鹿港祈福路線	34.2 公里	5 班/6 班	79 分	48.18

彰化客運鹿港線大部分旅次量多集中在某些站點位置，依照路線總旅次量，本研究選擇旅次量未達 10 萬人次之路線最為此次研究調查。

研究初期，從鹿港線之七條主線中統計四條未達 10 萬人次之路線，分別為路線 6901、6902、6909、6936 進行可行性研究分析，本小節將逐一介紹四條路線使用率。

路線 6901 旅次量主要集中在起點與中間站點，每日平均旅次量最多達至 100 人次，在末端站點旅次量也呈現運量較低的情況，而末端站點每日平均最低都有達至 25 人次左右，旅次量相對來說不會太低，本研究認為不適合使用大小車聯運此路段，因此在該後段站點無法使用末端路線服務，路線 6901 如圖 3 所示。





式，服務後段站點旅客量較低之路段，若因民眾需求性不高而規劃該路段可能後續導致業者管理方面或成本增加等不確定因素發生，路線 6909 也在研究後期最後也因營運狀況和民眾對該路線需求性不高等情況下，被業者在今年取消該路段之路線服務，路線 6909 如圖 5 所示。

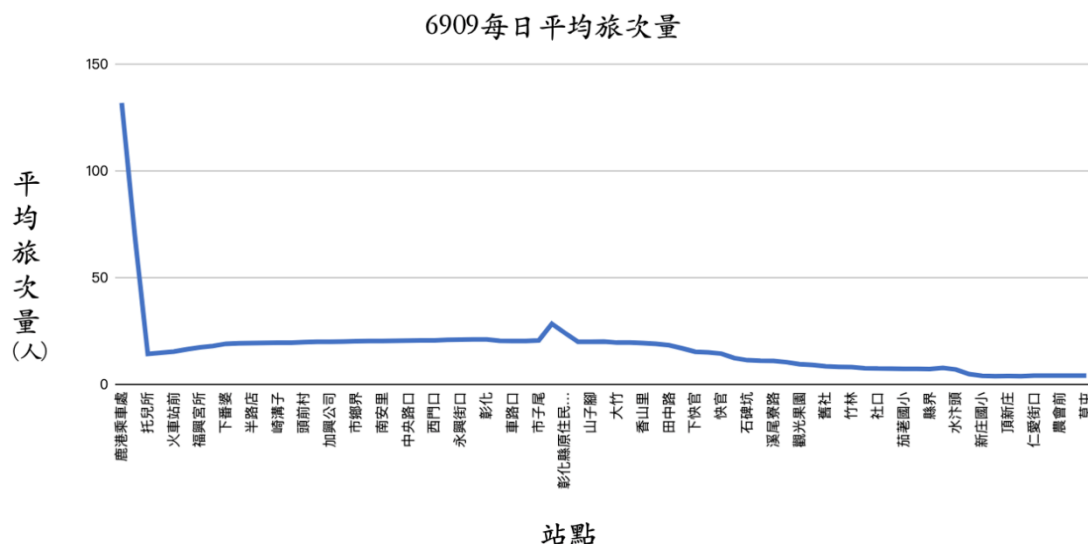
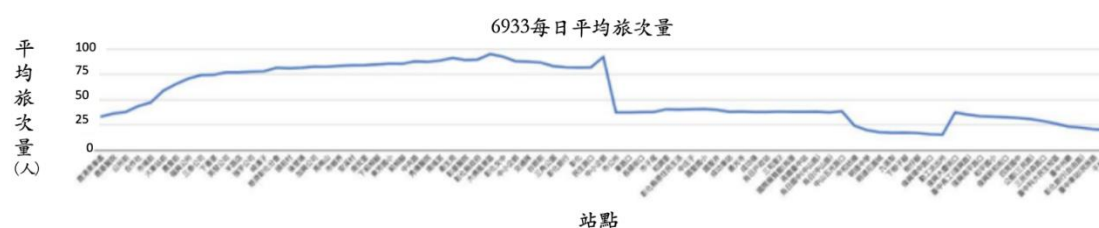


圖 5 6909 路線 108~110 年每日每站點平均旅次量

路線 6936 為臺灣好行祈福路線，從鹿港乘車處-臺灣玻璃博物館，此路段是具有觀光價值，而臺灣好行是交通部觀光局為了便利遊客前往臺灣各個主要旅遊景點，彌補現有公路客運無法服務到的觀光地區。在研究過程中，在高鐵臺中站-鹿港乘車處之路段與路線 6933 完全重合，因路線 6936 發車班次相較路線 6933 發車班次來得較少，大部分民眾會選擇搭乘發車班次較多的路線，因此透過票證資料分析，民眾會比較願意選擇搭乘路線 6933，而路線 6933 單一年度的旅次量可達至 9 萬 5 千多人，因此路段重合部分導致臺灣好行祈福路線並未體現出該觀光路線具有的價值，路線 6933、6936 如圖 6、7 所示。

圖 6 6933 路線 108~110 年每日每站點平均旅次量



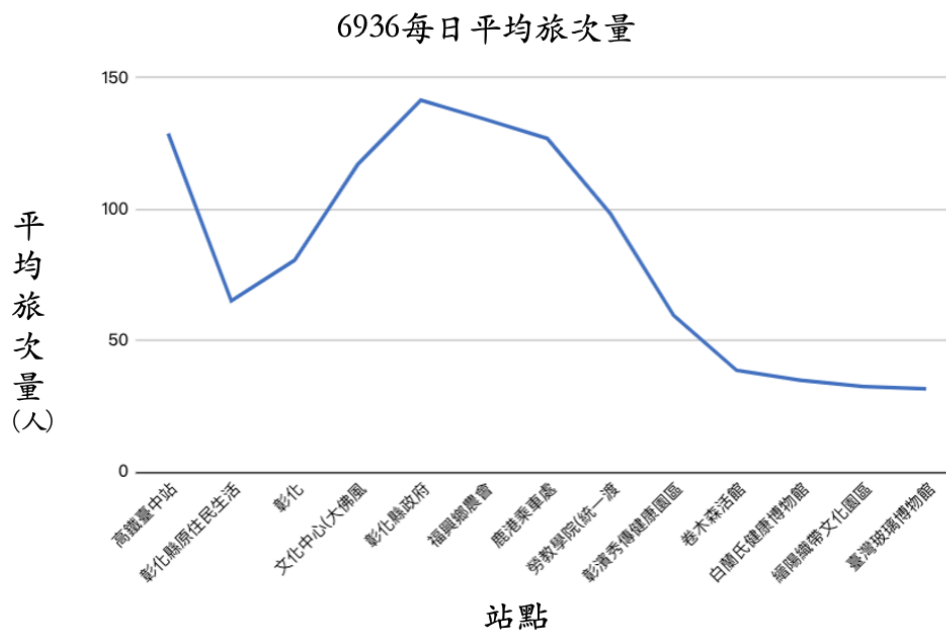


圖 7 6936 路線 108~110 年每日每站點平均旅次量

另外，客運業駕駛缺工問題，被認為是長工時、休假少所致，這次的訪談中彰客也告訴本組，路線班次減班也是駕駛員缺工之主要因素，而根據資料調查在 2019 年時勞動部已經放寬在汽車客運業「7 休 1」之限制而導致駕駛員高工時、休息時速不足的狀態下造成許多駕駛員過勞，導致許多客運公司駕駛員紛紛轉往物流業以及工廠運送砂石等，現今年輕人加入客運業的意願也不大，之所以會有這樣子的情況，是因為結構性的全國資源不均，地區客運本身無法靠民眾的銅板維持營運必須仰賴政府補助來維持營運狀態。客運業能增加合法的休假天數和提高勞動條件，才能吸引優良駕駛進入公共運輸業，故可改善客運業駕駛缺工問題。

### 3.2 路線 6902 現況分析

本研究透過彰化客運所提供地 108~110 年度鹿港線之票證資料，並統整鹿港線 6 條路線之使用情況，彰化客運鹿港線服務路段都是以彰化市為中心作為發車的起點，迄點分佈在鹿港、草屯以及高鐵臺中站。

在鹿港線 6 條路線當中，路線 6900 是彰化客運鹿港線的主要營運路線，也是 6 條路線當中搭乘率最高的一條路線，其餘 5 條路線之搭乘率相較路線 6900 並未來的高，如圖 8 所示，可以瞭解路線 6900 每日平均運量最高可達到 150 人次左右。最後經過統整結果發現公車路線在末端站點的旅次量出現各站點旅次量下降的問題，並截取 6 條路線當中的路線 6902 為此次研究的目標及範圍，再利用樞紐分析表計算路線 6902 各站的區間乘載量。經過計算後得出的結果為路線 6902 每日平均旅次量介於 100~150 人次之間，甚至有搭乘人數也有未達 10 人的情況，因此明顯地發現每日載客人數相當少，如圖 9 所示，路線 6902 在圖書館站點後，出現的情況為大部分的乘客都是只下站不上站，因此在路線後段各站點之旅次量逐顯示漸下降。這將會導致業者的車輛在末端路段出現空車之疑慮；針





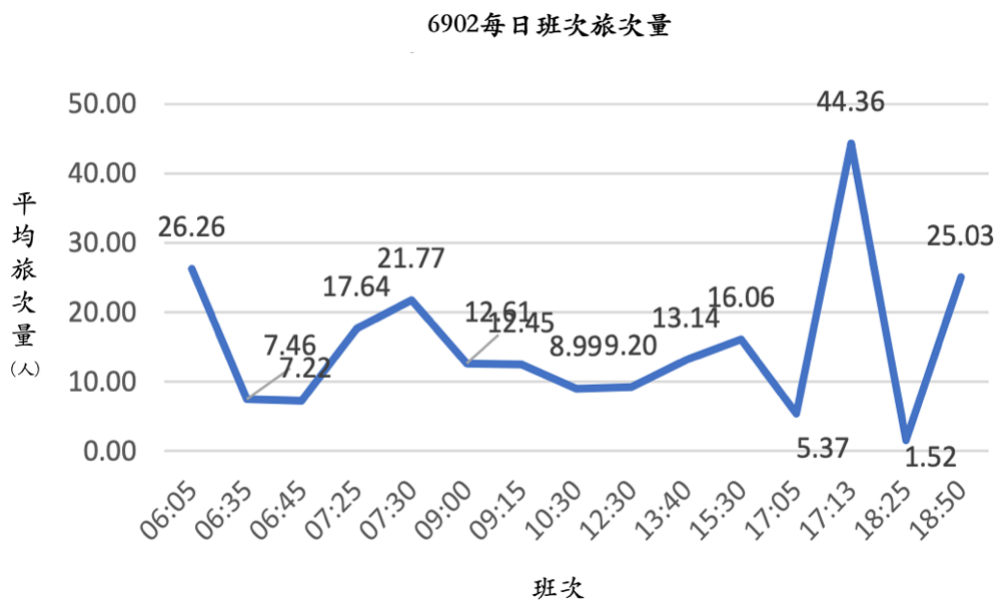


圖 10 6902 路線 108~110 年平均每日班次旅次量



由於本研究利用大小車聯程轉運的方式，改善公車路線末段路段使用率大幅下降的問題，因此需要在改善路段中找尋一處轉運站點，使民眾與業者可以在轉運站轉車及安排車輛。經過本組討論後，針對轉運站的選址，決定先以小車服務的長度、站點場域的周圍空間、該備選場域土地使用情況三點條件作為初步的考慮項目。藉此本組在路線上尋找了柯厝站、柯厝站前之加油站與水尾站站點附近有較多空地的土地逕行評估與比較，三個場域在地圖上的位置如圖 11 中的三個藍點。

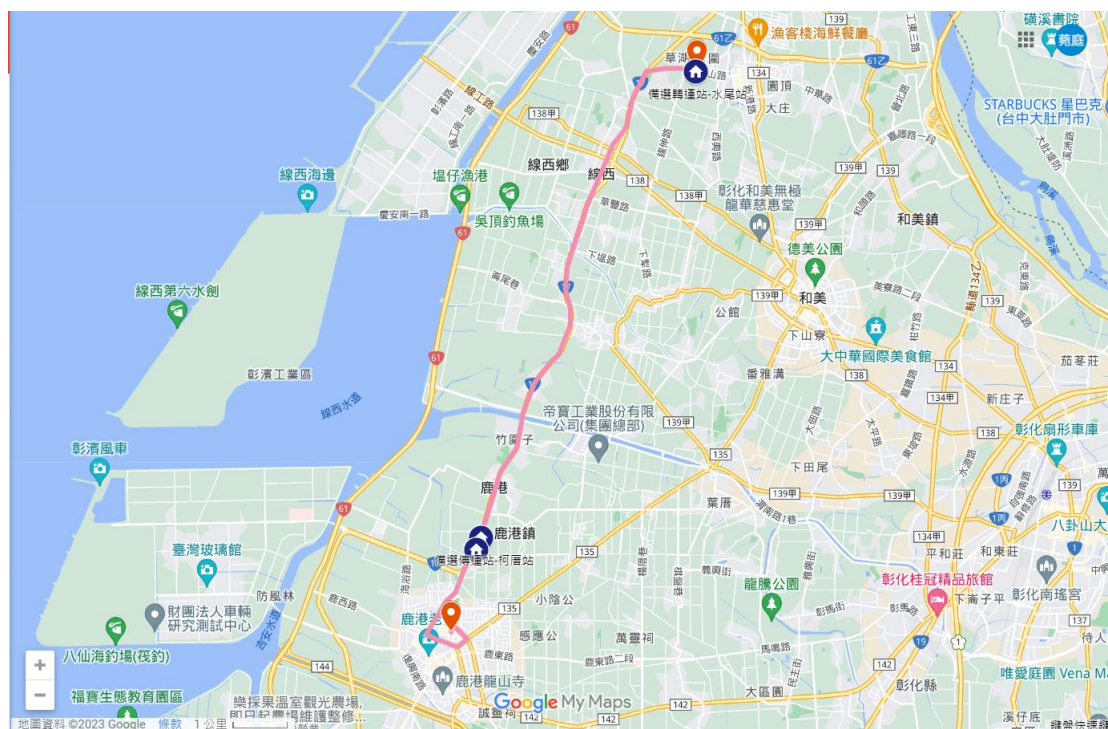


圖 11 備選轉運站位置圖

1. 場域（一）為柯厝站，考量小車服務長度約 3.30 公里，路段中共有 7 個站點，本組利用國土資訊得知此場域為農牧用地、旱地(圖 12)，有足夠的空間(圖 13)提供業者興建轉運場站，大車迴轉空間，以及小車等候派遣的停車場。但若將此場域作為轉乘站的話又將考慮業者需要新增購買土地成本與新建轉運站建築成本等問題，因此經過初步評估先排出此建議使用這座場域。

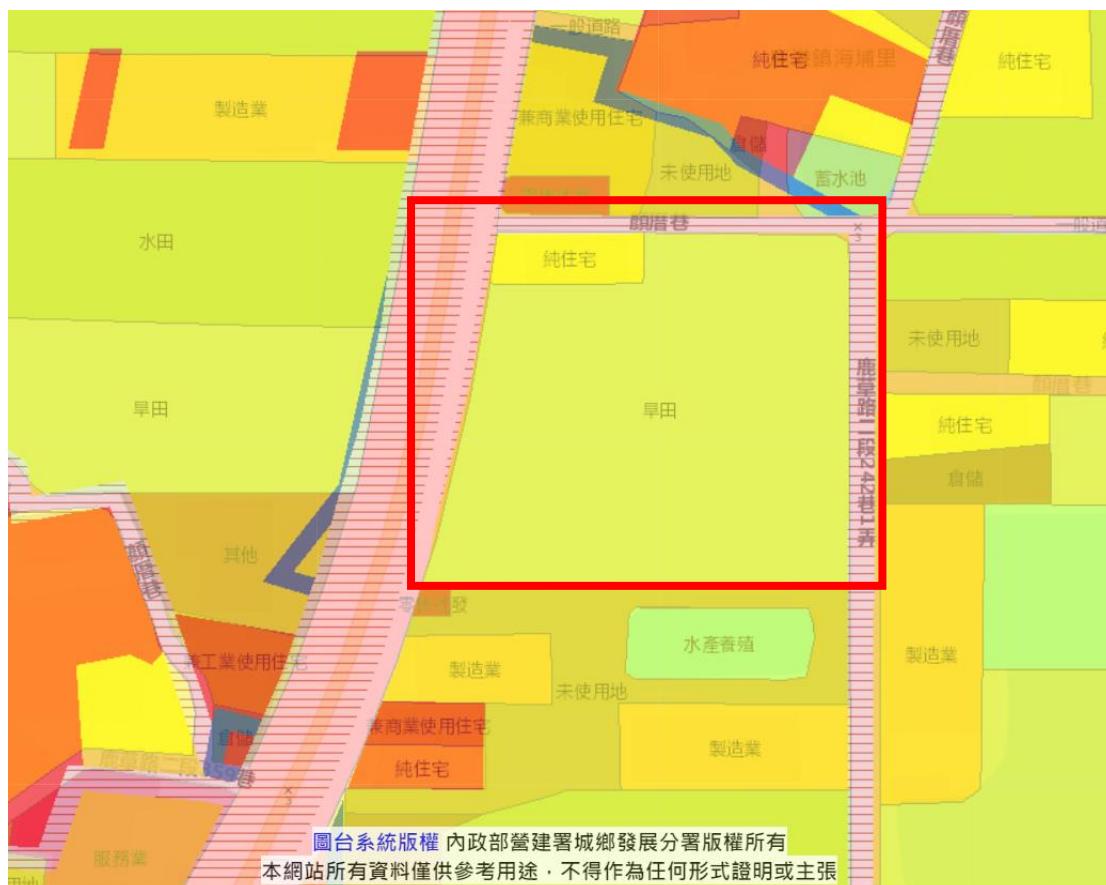


圖 12 柯厝站周圍土地使用情況(2022/09)



圖 13 柯厝站街景服務圖(2022/09)

2. 場域(二)為柯厝站前加油站，小車服務距離約 3.11 公里，與柯厝站相同共有 7 個站點，利用國土資訊得知此場域為未使用的農地(圖 14)，評估情況與場域(一)相同，在加油站對面有足夠的空間(圖 15)與轉運站建築、大車具有迴轉的空間、以及給予小車等候派遣的停車空間，但同樣是會使業者



增加購買土地成本與興建場站的費用，所以經過評估也先將其排除。

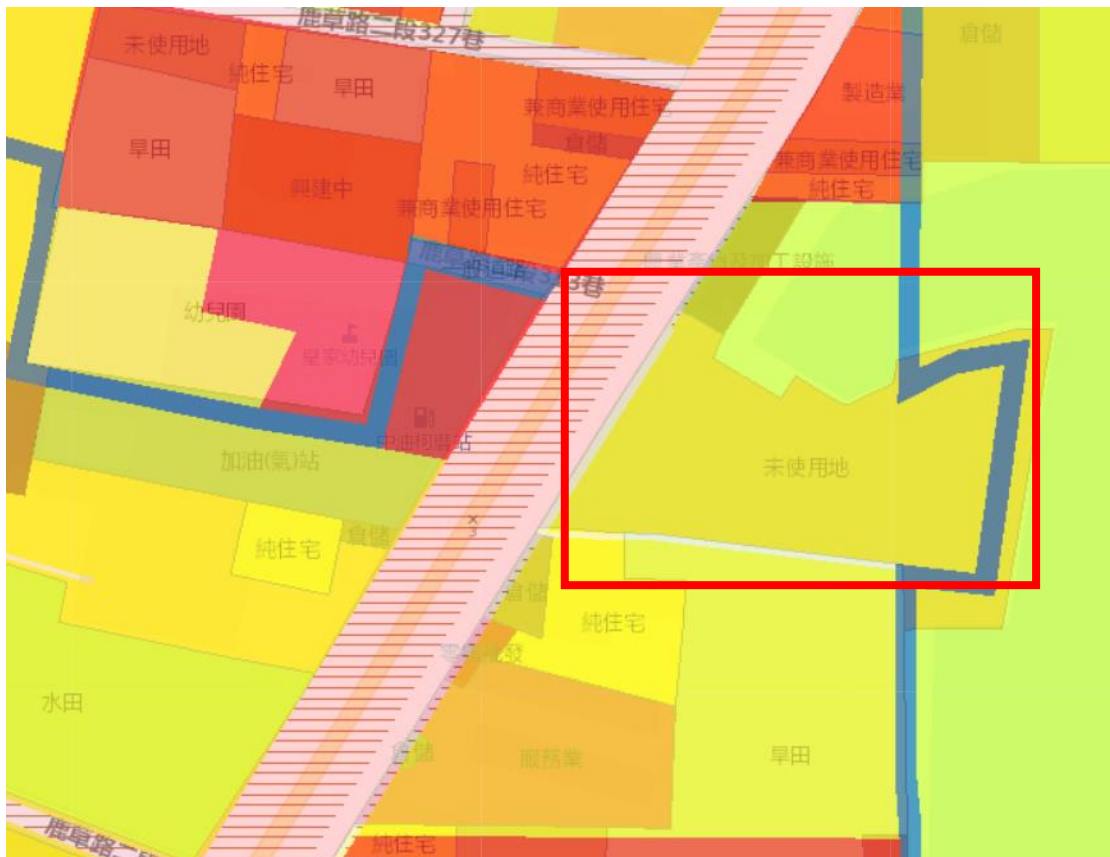


圖 14 柯厝加油站周圍土地使用情況(2022/09)



圖 15 柯厝加油站街景服務圖(2022/09)

3. 場域(三)為水尾站，小車服務距離約 12.3 公里，路段中共有 27 個站點，此場域本身就已經是彰化客運伸港站(水尾)之站點，土地使用上有相當大的空間(圖 16、圖 17)做轉乘使用也便於民眾等候轉乘，相較於前面兩站，雖然小車的服務範圍較長，但是可以省下購買土地與興建轉運站的成本，經

過本組討論與多項考量因素，最後本組決定以伸港站(水尾)作為路線 6902 轉運的場域。



圖 16 水尾場站空拍圖



圖 17 水尾(伸港轉運站)街景圖

上述的場域分析本組整理成下表 5 呈現：



表 5 轉運場站各場域資訊表

	場域(一) 柯厝	場域(二) 柯厝加油站	場域(三) 水尾
距離(公里)	3.30 公里	3.11 公里	12.70 公里
站點數	7	7	27
土地使用情形	農牧用地、旱地	農地	伸港站(水尾)

### 3.3 業者訪談建議與看法

在研究得初期也已拜訪過彰化客運公司(圖 18)，與業者彙報現階段之規劃進度以及後續發展的方向，並且與貴公司討論執行之可行性與需要改善的規劃，以下幾點為彰化客運給予此研究之建議：

1. 彰化縣政府已規劃建國路、鹿草路一段鹿港轉運站，未來建設完成後會將鹿港乘車處的公車路線轉至轉運站停靠，可以解決鹿港乘車處轉運空間不足的問題。
2. 系統層面，本團隊所製作的預約系統為非會員制的方式，彰化客運擔心無法驗證旅客身份，希望本團隊可以在系統開發過程中可考量此項因素。
3. 無障礙服務方面，本團隊在現階段規劃中未考量到無障礙族群之搭乘狀態。目前政府對客運業者開設之路線必須包含無障礙服務，彰化客運建議本研究需要針對這項政策後續再做研究調整，考慮小車服務對無障礙族群之供給方式。

研究初期，訪談過程中了解目前彰化客運小車的合理成本價格為 25 元，本研究提出成本效益評估。本組 6902 路線改善路段總行駛距離為約 12.3 公里，大車合理成車是 41.325 元，小車採用 25 元，為了更詳細了解小車營運是否可以協助業者解決現有問題，小車的車輛數計算為一臺大車總運量約 45~50 人，除上小車運量 8 人，小車最多是 6 輛車。成本計算之結果如圖 19 所示，若要採用小車營運伸港 - 鹿港路段，1 輛小車的營運可以為業者降低出車的基本成本，不過因為尚未考慮收入與成本間的關係，本組建議彰化客運採用此模式下，小車的派遣數量最多可至 2 輛。



圖 18 與彰化客運長官合影

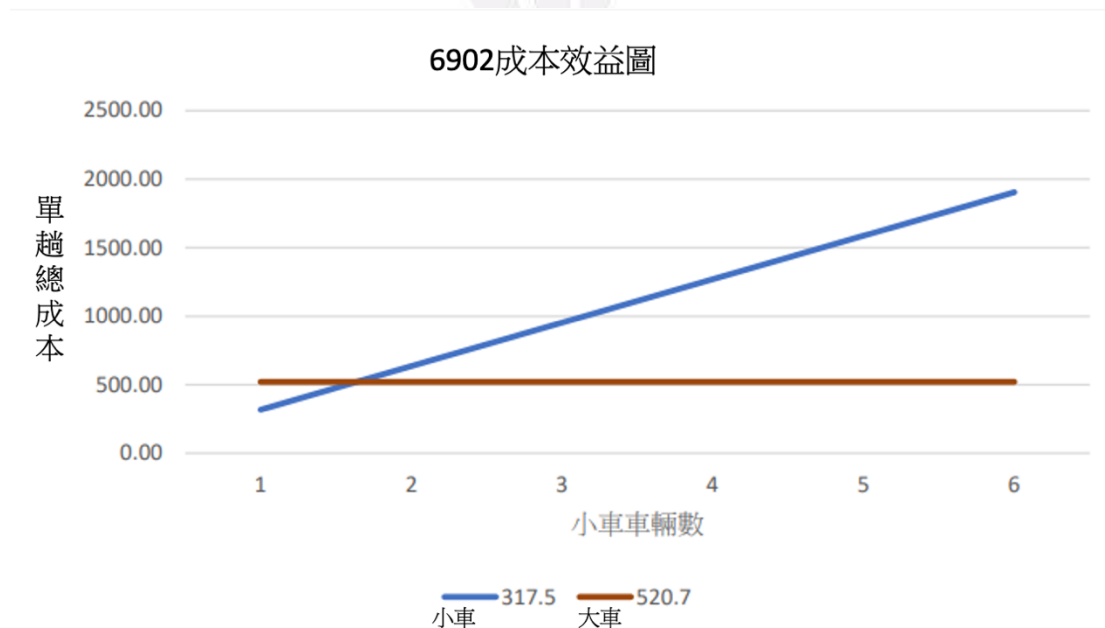


圖 19 政府補助合理成本下大小車總成本效益圖

## 第四章 創新服務系統

本章節將說明大車小車聯運顧客端與業者端系統設計結果，透過第三章 6902 路線各項運量數據分析，目前 6902 路現存伸港－鹿港路段旅運量並不樂觀的現象。訪談業者的過程中，缺工也是公司目前面對的課題。了解上述的課題後，本組提出新的公車服務模式——大小車聯程轉運，在伸港設置轉運站，開發預約系統，讓居住在鹿港－伸港區間的民眾，可以依照自己搭車的時間，事先預約搭乘的時段，由系統安排同班次的最佳路線，業者在簡訊通知民眾搭乘時間。業者可透過後臺資料庫，客戶表單、預約表單、班次表單，了解預約的情況，後續也可以透過資料庫分析顧客預約習慣、時段站點熱區等。

## 4.1 大小車聯程轉運服務定義

經過第三章旅客票證資料統計分析後，本組考慮在原有公車服務路線的基礎，發展新的大眾運輸服務方式。過去客運公司面對經營不善的路線，通常以「路線停靠站點調整」與「路線班次調整」等手段，希望可以在改善營運困境的情況下，維持當地大眾運輸服務在地民眾，然而多數研究文獻、新聞中，這些方法大多無法真正為客運業者改善營運窘境。因此本組在蒐集多篇文章以及與業者訪填後，提出全新的「大小車聯程轉運」(後續簡稱為大小車聯運)服務改善業者路線經營不善的問題。

本組對於大小車聯程轉運的服務方式定義如下兩點：

### 1. 針對「路段」調整

從過去研究與實際票證資料分析，本組發現末端路線旅次量降低是多數公車路線存在的問題。為了改善現有調整手段未能改善路線營運情況的問題，本組討論針對路線中旅次量逐漸下降路段的營運方式進行調整，尤其針對「末端」旅次量下降的路段改變其營運模式，提出以大車在轉運站轉小車服務當地需求的民眾，以小車服務的方式，減少客運公司的成本。

### 2. 依照「旅客需求」提供服務

前項已提到旅次量下降的問題改用小車服務路段。透過票證資料，本組發現該路段雖然旅次量不高，依然有固定的需求量，為了使小車服務的效率更高，本組後續研究將討論使用顧客預約系統，使大小車聯運的服務更加有效率，並且減少不必要的空車行駛時間。

## 4.2 服務設計

在第三章中，本組對 6902 使用大小車聯運之可行性進行研究，並在與業者訪談時，獲得業者認同該路段可以採用此服務模式，改善目前的營運問題。由於伸港－鹿港路段存在使用人數不多、時間不均等情況，避免造成空車營運的成本產生，在本組提出大小車聯運採用預約系統，讓業者與顧客之間的供需關係可以更加貼近，以下說明本此研究系統中的三項主要功能的設計目的。

### 4.2.1 服務設計之系統設計目的



#### 1. 客戶端預約系統

旅客依照自身需求，在預約平臺預約想要搭乘之公車班次，讓業者可以依照實際的需求，安排小車的服務。詳細的預約步驟在下一小節說明。

#### 2. 業者後臺資料庫

資料庫包含站點資訊、會員資料表單、預約表單、班次表單，業者可以在預約表單中蒐集需求站點與時段，安排各時段的最佳路線，使業者的營運成本可以因為不同的服務模式，改善現有存在的問題。

#### 3. 車輛路線規劃

業者在蒐集旅客預約，可利用本組設計路線規畫之數學模式，計算各時段以只停靠需求站點的派車方式，求得目標是最少旅行時間與成本。得出最佳路線後，會以簡訊方式通知旅客具體上車時間與乘車資訊。

接下來說明圖 20 中顧客、系統與業者在預約系統服務中的關係與行為。

### 4.2.2 服務設計之顧客、業者、系統關係說明

服務開始，從顧客開始整趟服務，旅客需要先輸入自己的個人資料，以方便後續預約時以旅客帳號預約以及業者可以確認預約者身分，個人資料包含姓名、帳號、手機號碼、家用電話、電子郵件，後面三項資訊是業者若有需要聯絡旅客時得聯絡管道。旅客登記的個人資料會存到本組設計的后臺資料庫中的旅客資料庫內，業者可以透過資料庫了解預約的民眾資訊。

接著回到旅客的行為開始預約搭乘班次，民眾在選擇自己的資料後，預約系統會從資料庫中找到旅客的帳號，並顯示在預約介面上，以民眾帳號作為登記的編號，可以方便業者在規劃完成車輛路線後，對照旅客資料庫尋找旅客的聯絡方式並且通知旅客乘車資訊，包括車輛抵達的時間、乘車的時間。在預約介面中，民眾需要預約搭乘日期、搭乘的公車班次、上下車地點與搭乘人數等。上述的資料會進入資料庫中的預約後臺表單中，業者可在下班前匯出隔日的預約名單，並且統計各時段的搭乘人數，並可做進行下一步的路線規劃工作。

路線規劃的部分使用本組後續研究車輛路線規劃問題的數學模式，將預約名單依照不同班次整理後，放入數學模式中，模式會先評估是否有超過小車服務的人數上限(16 人)，若超過會建議公司直接派大車全線服務；相反，模式會進一步計算小車在服務旅客時的建議較優路線距離或時間，業者可以透過計算的結果推算小車的發車時間，安排隔天的車輛派遣，業者在依據派遣的情況，傳送簡訊或電子郵件給民眾，通知民眾乘車的車輛資訊、時間、與搭乘相關資訊，民眾會在搭車前一天收到乘車通知。

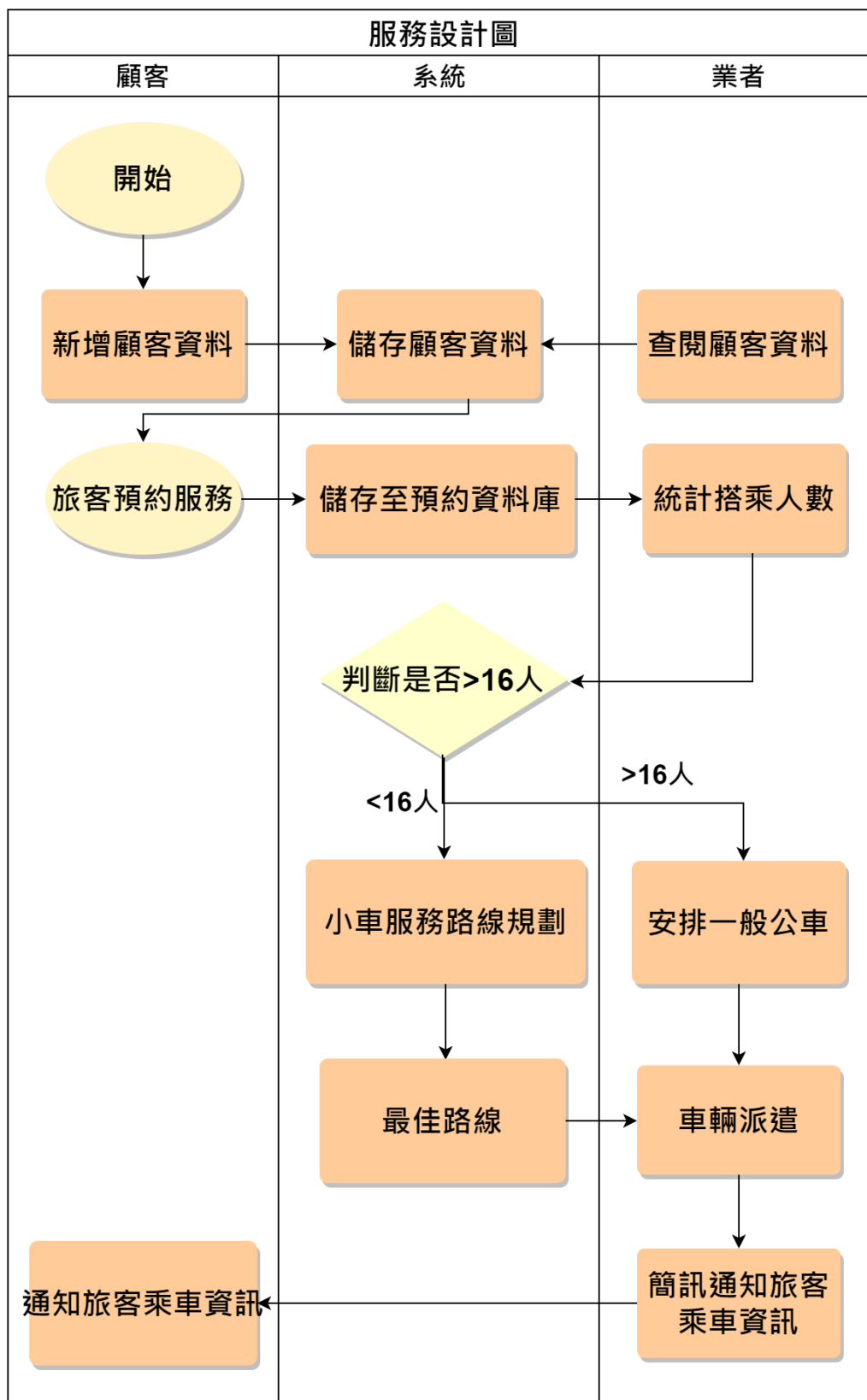


圖 20 預約系統服務設計圖

### 4.3 旅客預約系統

旅客預約系統提供民眾提前預約需求，業者可以透過後臺資料庫中的旅客資訊與預約結果安排營運方式。本組設計系統時，考量並非所有民眾皆清楚公車班次，因此設計圖 21 的介面告知民眾水尾 - 彰化公車的班次，希望民眾依照大車時間預約小車服務，後續透過路線規劃後，業者會透過簡訊等方式通知旅客小車的抵達時間。若是前往水尾的旅客需求，小車服務會在大車從水尾發車前接該班次的所有旅客，並在發車前 5~10 分鐘抵達水尾站。若是從彰化回到水尾的旅客需求，小車會提前在水尾站等候，旅客轉換至小車後，再將旅客送回住家附近的站點。進入預約系統後開始進入預約程序。



圖 21 預約系統歡迎頁

#### 1. 旅客輸入基本資料

旅客自歡迎頁進入，為了讓業者在後續提供服務或是班次有調整時，需要通知旅客，並且在服務旅客時，可以確認旅客身分，首次使用本系統民眾需要先輸入相關基本資料，包括姓名、帳號、手機電話、家用電話、電子郵件等，後續搭乘需求預約時將採用民眾自行設定之會員帳號進行預約。介面畫面如下圖 22。

圖 22 旅客資料介面

此介面除了基本的資料輸入外，民眾在輸入完成後，點選更新(方框 1)，民眾就可透過左下方資訊框中尋找自己的基本資料是否輸入成功。

另外要預約班次時，可以透過左下方資訊框中點選個人資料或是使用搜尋欄(方框 2)與搜尋按鍵(方框 3)，輸入姓名、會員帳號或手機號碼，顯示框就會出現旅客的個人資料(如下圖 23)，旅客點選資訊框內自己的資料，當資料再度如圖 22 左側顯示，就可以按預約(方框 4)進到預約班次的畫面。

圖 23 搜尋個人資料範例

## 2. 旅客預約搭乘時間

預約介面內需要選擇搭乘日期、乘車方向、班次、上車或下車地點、搭乘人數。預約搭乘之介面如下圖 24。



圖 24 預約搭乘時間介面

民眾需要再選擇日期中選擇搭乘的日期，由於去返程的服務方式會不同，去程主要是上車，返程主要以下車為主，因此民眾要在公車方向選擇從水尾往彰化或是彰化往水尾，公車班次的部份是要確認民眾去程要搭乘的公車班次，或是回程是搭乘的班次，以班次時間提早派出小車或安排返程旅客小車發車時間。最後是上下車站點以及該帳號需要預約的人數。上述步驟完成後，按下確定預約，系統會顯示「預約成功」視窗(圖 25)，就是完成預約。

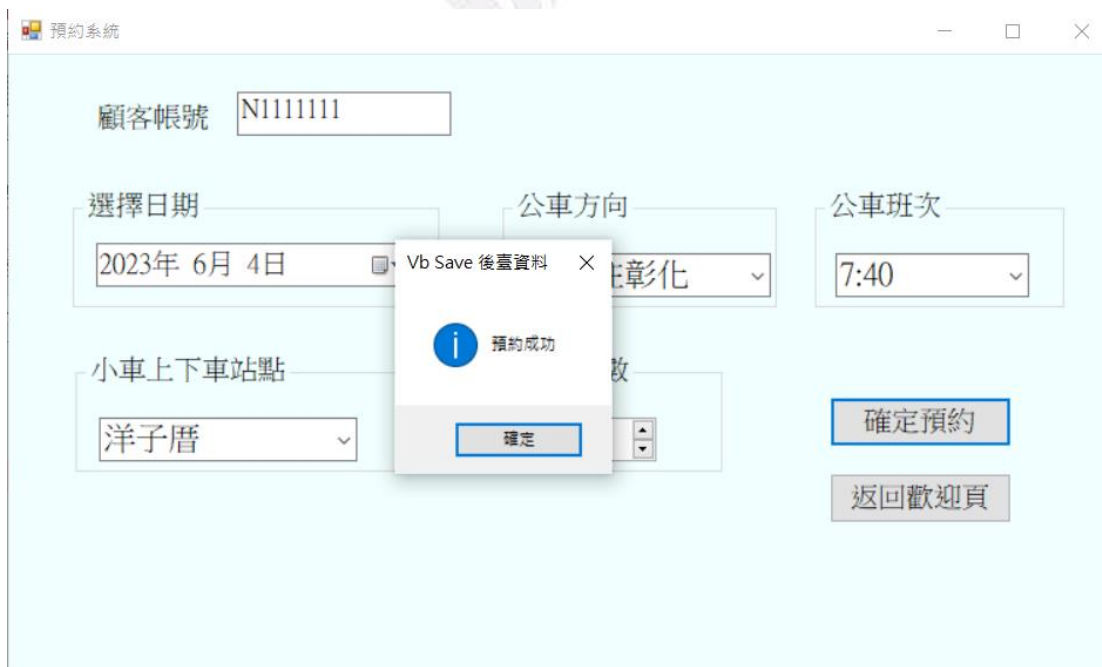


圖 25 預約成功畫面

#### 4.4 數學模式 Lingo 測試

為達成本次研究之目的，提高公共運具的使用率、降低業者營運成本、解決缺工問題，除了設計預約系統讓業者的供給與民眾的需求更加貼近，減少旅行時間讓業者減少營運成本與旅客可以更快到達目的。本小節討論如何使用民眾預約的需求，建立小車最小路線行駛距離，符合研究目的之期望。

本組路線規劃數學模式參考 City Logistic 此書中旅行推銷員問題之數學模式，要求車輛在出任務時，必須經過所有被需求之站點，以最小成本、時間或是距離為目標式的模式。本組數學模式中的符號之定義如下：

T：旅行總時間

$t_{ij}$ ：i 站到 j 站所需的旅行時間

$x_{ij}$ ：i 站到 j 站的路段

i：顧客  $\{i = 1 \dots n\}$ ，1 為伸港站(大小車聯運轉運站)

j：顧客  $\{j = 1 \dots n\}$

N：所有站點的集合

S：屬於 N 的子集合，不包含空集合

$d_{ij}$ ：i 站到 j 站的距離

$v_{ij}$ ：駕駛的行駛速度

$p_i$ ：i 站的預約人數

C：一臺小車人數

本組構思之數學模式如下：

目標式

$$\text{Minimize } T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} \times x_{ij}$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1 \dots n, i \neq j \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1 \dots n, i \neq j \quad (2)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad (3)$$

$$\forall S \subset N (S = \emptyset, S \neq N)$$

$$t_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}}{v_{ij}} \quad (4)$$



$$\sum_{i=1}^n p_i \times x_{ij} \leq C \quad j = 1 \dots n, i \neq j \quad (6)$$

$$x_{ij} = \{1, 0\} \quad \forall i, j$$

此模式之目標式，對小車提供服務時的行駛路線進行規劃，目標以最少旅行時間服務伸港 - 鹿港民眾。

限制式(1)與(2)確保車輛在派出後，都會服務到每個有需求的站點，並且從該站點離開前往下一站點或是終點。

限制式(3)為了在路線規劃的集合，避免產生子迴圈，即部分站點自行形成宜路線集合，限制路線不可分割。子集合(分割現象)情況如下圖 11。

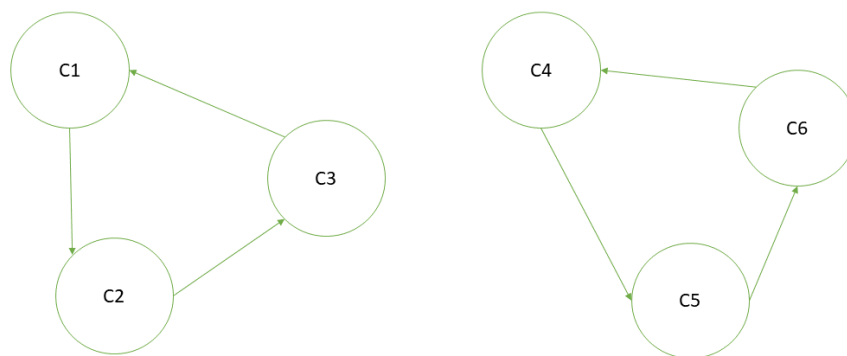


圖 26 旅行推銷員問題-分割現象示意圖

限制式(4)利用運輸資料流通服務提供的 6902 路線伸港 - 鹿港各站點間的距離，除上時速，由於該路段在政府公開資料平臺公路總局提供之省道速限圖臺 17 速限為 50~70 公里/小時，本組採用 60 公里/小時作為數學模式測試時速，以此限制式計算站點間的最小旅行時間。

限制式(5)計算站點實際的需求人數，並且不可超過派遣車輛乘載上線人數。

限制式(6) $x_{ij}$ 說明 i 站到 j 站是否有服務需求，1 是需要服務，0 是無服務需求。

上述數學模式試寫後，本組透過 Lingo 軟體測試此模式是否成立。本組假設路段僅有三個站、各站點之間的時間約 10~20 分鐘，各站點人數假設為 1 人，並且展開公式計算假設情況，試算結果，最佳路線建議以 1→2→3→1 的順序，最佳路線旅行時間為 40 分鐘，測試結果證明此數學模式成立。下圖 12 以下內容為 Lingo 程式碼。

```
MODEL:

SETS:
N/1..3/:p;
LINK(N,N):x, t;
ENDSETS

Data:
p = 1 1 1;
t=
0 10 20
10 0 10
20 10 0;

Enddata

min =
x(1,1)*t(1,1)+x(1,2)*t(1,2)+x(1,3)*t(1,3)+x(2,1)*t(2,1)+x(2,2)*t(2,2)
+x(2,3)*t(2,3)+x(3,1)*t(3,1)+x(3,2)*t(3,2)+x(3,3)*t(3,3);

x(1,2)+x(1,3)=1;
x(2,1)+x(2,3)=1;
x(3,1)+x(3,2)=1;

x(2,1)+x(3,1)=1;
x(1,2)+x(3,2)=1;
x(1,3)+x(2,3)=1;

x(1,2)+x(1,3)+x(2,1)+x(2,3)+x(3,1)+x(3,2)<=3;
p(1)*x(1,1)+p(1)*x(1,2)+p(1)*x(1,3)+p(2)*x(2,1)+p(2)*x(2,2)
+p(2)*x(2,3)+p(3)*x(3,1)+p(3)*x(3,2)+p(3)*x(3,3)<=16;

@for(link:@bin(x));
end
```

圖 27 Lingo 數學模式程式碼

## 4.5 路線規劃模式

透過 Lingo 測試數學模式，證明該模式成立，本組為結合預約資料規畫實際



路線最佳小車行駛路線，讀取彙整成 Excel 檔的預約資料，本組採用 Python 語言結合預約資訊與路線規劃，供業者派遣車輛做為參考。模式中另外再採用啟發式演算法協助輸出最佳路徑結果。在 Python 中數學模式之目標式稍有調整，改為最短服務距離，取得最短服務距離後，再以平均道路速限取得最短旅行時間，未來業者可根據此結果推出發車時間與通知旅客搭乘時間與資訊。下列逐一說明 Python 模式運行流程，流程圖如圖 28，並且對流程逐一說明。

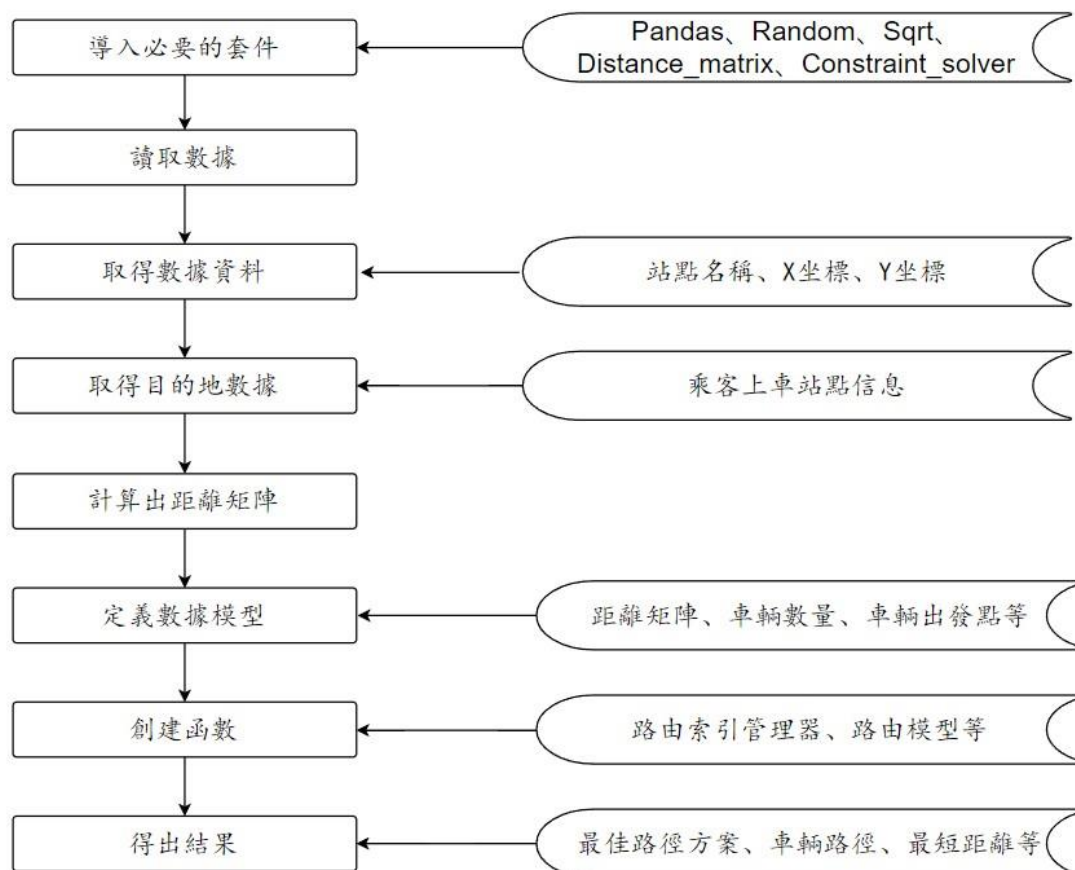


圖 28 Python 數學模式執行流程圖

1. 導入必要的套件：

導入 pandas 用於讀取 Excel 文件，random 用於生成隨機數，math 中的 sqrt 用於計算平方根，scipy.spatial 中的 distance\_matrix 用於計算距離矩陣，ortools.constraint\_solver 中的模塊用於路徑規劃。

2. 讀取資料：

從 Excel 文件中讀取數據，通過 pandas 的 read\_excel 函數讀取兩個 Excel 文件的數據，並將數據存儲在 data\_state1 和 data\_state2 兩個變量中。

3. 取得數據資料：

從 data\_state1 中的站點名稱、X 軸和 Y 軸坐標提取出來，並存儲在 stops\_name、stops\_x 和 stops\_y 列表中。然後將每個站點的名稱和坐標組合成一個元組，並存儲在 stops 列表中。

4. 取得目的地數據：

從 data\_state2 中提取上車地點信息，並存儲在 dest 列表中。

5. 計算出距離矩陣：

根據坐標數據計算距離矩陣，即站點之間的距離。

6. 定義數據模型：

創建一個包含問題數據的數據模型，包括距離矩陣、車輛數量和車輛出發點等信息。

7. 創建函數：

創建一個函數用於輸出路徑規劃的結果，包括每個車輛的路徑、路徑長度和最短距離等信息。

8. 得出結果：

輸出模式運行結果。

另外，針對本模式中使用的啟發式演算法進行說明。此模式的目標式使用 OR-Tools 庫中的啟發式演算法來解決車輛的路徑規劃問題。啟發式演算法是一種通過在所有解中搜索可行解並使用啟發信息來指導搜索方向的優化算法。本模式從兩個 Excel 文件中讀取數據，提取站點座標資訊和需要服務的預約站點資訊，然後根據站點和目的地的座標計算距離矩陣。最後，使用 OR-Tools 庫中的函數和算法解決路徑規劃問題，並得出最優的車輛路徑解決方案。此程式碼使用啟發式策略來指導搜索過程，嘗試找到一個初始解決方案，並通過搜索和優化來改進該解決方案。這樣可以有效地加快求解速度，並找到近似最優的車輛路徑行駛方案。

接下來詳細說明模式運行的過程與步驟，程式碼使用 pandas 程式庫的 pd.read\_excel 函式從 Excel 檔案中讀取資料。程式碼從第一個 Excel 檔案(圖 29)中獲取站點的名稱、X 軸座標和 Y 軸座標，並將它們分別儲存到不同的列表中，並創建一個空列表 loc 用於存儲目的地對應的坐標。

	站名	X軸	Y軸	坐標
0	水尾		0	0 [0,0]
1	草湖		0	-100 [0,-1]
2	曾家村		0	-300 [0,-3]
3	蚵寮路	-400	-100	[-4,-1]
4	頂見口	-400	-200	[-4,-2]
5	口厝	-600	-500	[-6,-5]
6	窟埔	-700	-600	[-7,-6]
7	溝內路	-800	-800	[-8,-8]
8	塭子	-700	-800	[-7,-8]
9	灰磘前	-800	1000	[-8,10]
10	頂山寮	-800	-1100	[-8,-11]
11	烏瓦厝	-900	-1300	[-9,-13]
12	草港尾	-900	-1600	[-9,-16]
13	草中里	-1100	-1900	[-11,-19]
14	洋子厝	-1200	-2200	[-12,-22]
15	新厝社區	-1200	-2300	[-12,-23]
16	浮景	-1400	-2400	[-14,-24]
17	竹園子	-1400	-2500	[-14,-25]
18	海埔厝	-1400	-2600	[-14,-26]
19	海墘厝	-1400	-2800	[-14,-28]
20	柯厝	-1500	-2900	[-15,-29]
21	顏厝	-1600	-3200	[-16,-32]
22	王爺厝	-1800	-3400	[-18,-34]
23	戲院前	-1600	-3500	[-16,-35]
24	漁會前	-1600	-3000	[-16,-30]
25	鹿基醫院	-1700	-3000	[-17,-30]
26	鹿港乘車	-1600	-3000	[-16,-30]

圖 29 站點座標資料

接著，程式碼從第二個 Excel 檔案中讀取需要服務預約站點資料，如圖 30，並將其儲存到 dest 列表中。

ID	預約日期	公車方向	上車地點	班次	票數	確認訂單
N1111111	13/05/2023	水尾往彰化	頂見口	00/01/1900	2	FALSE
D754951636	13/05/2023	水尾往彰化	漁會前	00/01/1900	1	FALSE
B126589798	13/05/2023	水尾往彰化	洋子厝	00/01/1900	1	FALSE
siiien4547	13/05/2023	水尾往彰化	海埔厝	00/01/1900	2	FALSE
jiessk25	13/05/2023	水尾往彰化	頂山寮	00/01/1900	1	FALSE
dieii8997	13/05/2023	水尾往彰化	浮景	00/01/1900	1	FALSE

圖 30 預約站點資料

然後，坐標軸代表每個需要服務預約站點的位置，並在 stops 列表中尋找對應的座標，如圖 31。如果找到匹配，則將座標附加到 loc 列表中。

Distance Matrix =

	0	1	2	3	4	5
0	0.000000	3046.309242	2154.065923	2600.000000	984.885780	2416.609195
1	3046.309242	0.000000	894.427191	447.213595	2061.552813	632.455532
2	2154.065923	894.427191	0.000000	447.213595	1170.469991	282.842712
3	2600.000000	447.213595	447.213595	0.000000	1615.549442	200.000000
4	984.885780	2061.552813	1170.469991	1615.549442	0.000000	1431.782106
5	2416.609195	632.455532	282.842712	200.000000	1431.782106	0.000000

圖 31 站點座標距離矩陣

之後，程式碼設定了車輛路徑問題的參數，例如車輛數量、起點位置和距離矩陣，如圖 32 中的參數設定。它使用 `distance_matrix` 計算每對站點之間的距離。

```

n = 27 #总站
m = 2 #小车
c = 16 #车总容量
v = 1 #车速 (km/min) = 60km/hr
fetch = 1 #上车时间
    
```

圖 32 模式參數設定

接著，將坐標列表 `loc` 轉換為 Pandas 的 DataFrame，並使用 SciPy 庫中的 `distance_matrix` 函數計算距離矩陣 `dm`，其中索引和列標籤都是站點的索引。下圖 33 為距離矩陣的表示圖：

Distance Matrix =

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
0	0.000000	1.000000	3.000000	4.123106	4.472136	7.810250	9.219544	11.313708	10.630146	12.806248	...	28.653098	29.529646	31.304952	32.649655	35.777088	38.470768	38.483763	34.000000	34.481879	34.000000
1	1.000000	0.000000	2.000000	4.000000	4.123106	7.211103	8.602325	10.630146	9.899495	13.601471	...	27.784888	28.653098	30.413813	31.764760	34.885527	37.589892	37.576588	33.120990	33.615473	33.120990
2	3.000000	2.000000	0.000000	4.472136	4.123106	6.324555	7.615773	9.433981	8.602325	15.264338	...	26.076810	26.925824	28.653098	30.016662	33.120990	35.846897	35.777088	31.384710	31.906112	31.384710
3	4.123106	4.000000	4.472136	0.000000	1.000000	4.472136	5.830952	8.062258	7.615773	11.704700	...	26.000000	26.925824	28.792360	30.083218	33.241540	35.846897	36.055513	31.384710	31.780497	31.384710
4	4.472136	4.123106	4.123106	1.000000	0.000000	3.605551	5.000000	7.211103	6.708204	12.649111	...	25.079872	26.000000	27.856777	29.154759	32.310989	34.928498	35.114100	30.463092	30.870698	30.463092
5	7.810250	7.211103	6.324555	4.472136	3.605551	0.000000	1.414214	3.605551	3.162278	15.132746	...	21.540659	22.472205	24.351591	25.632011	28.792360	31.384710	31.622777	26.925824	27.313001	26.925824
6	9.219544	8.602325	7.615773	5.830952	5.000000	1.414214	0.000000	2.236068	2.000000	16.031220	...	20.248457	21.189620	23.086793	24.351591	27.513633	30.083218	30.364453	25.632011	26.000000	25.632011
7	11.313708	10.630146	9.433981	8.062258	7.211103	3.605551	2.236068	0.000000	1.000000	18.000000	...	18.027756	18.973666	20.880613	22.139944	25.298221	27.856777	28.160256	23.409400	23.769729	23.409400
8	10.630146	9.899495	8.602325	7.615773	6.708204	3.162278	2.000000	1.000000	0.000000	18.027756	...	18.384776	19.313208	21.189620	22.472205	25.632011	28.231188	28.460499	23.769729	24.166092	23.769729
9	12.806248	13.601471	15.264338	11.704700	12.649111	15.132746	16.031220	18.000000	18.027756	0.000000	...	35.510562	36.496575	38.470768	39.623226	42.755117	45.122057	45.705580	40.792156	41.000000	40.792156
10	13.601471	12.806248	11.313708	10.770330	9.848858	6.324555	5.099020	3.000000	3.162278	21.000000	...	15.231546	16.155494	18.027756	19.313208	22.472205	25.079872	25.298221	20.615528	21.023796	20.615528
11	15.811388	15.000000	13.453624	13.000000	12.083046	8.544004	7.280110	5.099020	5.385165	23.021729	...	13.000000	13.928388	15.811388	17.088007	20.248457	22.847319	23.086793	18.384776	18.788294	18.384776
12	18.357068	17.492856	15.811388	15.811388	14.866068	11.401754	10.198039	8.062258	8.246211	26.019224	...	10.295630	11.180340	13.000000	14.317821	17.464249	20.124612	20.248457	15.624716	16.124515	15.624716
13	21.954498	21.095023	19.416488	19.313208	18.384776	14.866068	13.601471	11.401754	11.704700	29.154759	...	6.708204	7.615773	9.486833	10.770330	13.928388	16.552945	16.763055	12.083046	12.529964	12.083046
14	25.059928	24.186773	22.472205	22.472205	21.540659	18.027756	16.763055	14.560220	14.866068	32.249031	...	3.605551	4.472136	6.324555	7.615773	10.770330	13.416408	13.601471	8.944272	9.433981	8.944272
15	25.942244	25.059928	23.323808	23.409400	22.472205	18.973666	17.720045	15.524175	15.811388	33.241540	...	2.828427	3.605551	5.385165	6.708204	9.848858	12.529964	12.649111	8.062258	8.602325	8.062258
16	27.784888	26.925824	25.238859	25.079872	24.166092	20.615528	19.313208	17.088007	17.464249	34.525353	...	1.000000	2.000000	4.000000	5.099020	8.246211	10.770330	11.180340	6.324555	6.708204	6.324555
17	28.653098	27.784888	26.076810	26.000000	25.079872	21.540659	20.248457	18.027756	18.384776	35.510562	...	0.000000	1.000000	3.000000	4.123106	7.280110	9.848858	10.198039	5.385165	5.830952	5.385165
18	29.529646	28.653098	26.925824	26.925824	26.000000	22.472205	21.189620	18.973666	19.313208	36.496575	...	1.000000	0.000000	2.000000	3.162278	6.324555	8.944272	9.219544	4.472136	5.000000	4.472136
19	31.304952	30.413813	28.653098	28.792360	27.856777	24.351591	23.086793	20.880613	21.189620	38.470768	...	3.000000	2.000000	0.000000	1.414214	4.472136	7.211103	7.280110	2.828427	3.605551	2.828427
20	32.649655	31.764760	30.016662	30.083218	29.154759	25.632011	24.351591	22.139944	22.472205	39.623226	...	4.123106	3.162278	1.414214	0.000000	3.162278	5.830952	6.082763	1.414214	2.236068	1.414214
21	35.777088	34.885527	33.120990	33.241540	32.310989	28.792360	27.513633	25.298221	25.632011	42.755117	...	7.280110	6.324555	4.472136	3.162278	0.000000	2.828427	3.000000	2.000000	2.236068	2.000000
22	38.470768	37.589892	35.846897	35.846897	34.928498	31.384710	30.083218	27.856777	28.231188	45.122057	...	9.848858	8.944272	7.211103	5.830952	2.828427	0.000000	2.236068	4.472136	4.123106	4.472136
23	38.483763	37.576588	35.777088	36.055513	35.114100	31.622777	30.364453	28.160256	28.460499	45.705580	...	10.198039	9.219544	7.280110	6.082763	3.000000	2.236068	0.000000	5.000000	5.099020	5.000000
24	34.481879	33.615473	31.906112	31.780497	30.870698	27.313001	26.000000	23.769729	24.166092	41.000000	...	5.830952	5.000000	3.605551	2.236068	2.236068	4.123106	5.099020	1.000000	0.000000	1.000000
25	34.000000	33.120990	31.384710	31.384710	30.463092	26.925824	25.632011	23.409400	23.769729	40.792156	...	5.385165	4.472136	2.828427	1.414214	2.000000	4.472136	5.000000	0.000000	0.000000	0.000000
26	34.000000	33.120990	31.384710	31.384710	30.463092	26.925824	25.632011	23.409400	23.769729	40.792156	...	5.385165	4.472136	2.828427	1.414214	2.000000	4.472136	5.000000	0.000000	1.000000	0.000000

27 rows x 27 columns

圖 33 距離矩陣結果



再者，create\_data\_model 函式創建一個資料字典，用於儲存旅客站點資料。print\_solution 函式負責在控制臺上列印從 OR-Tools 求解器獲得的解答。結果將會顯示出目標值、每個車輛的路線以及每個路線的總距離，如下圖 34。

```
Objective: 615595
Route for vehicle 0:
0 -> 0
Distance of the route: 0m

Route for vehicle 1:
0 -> 4 -> 5 -> 1 -> 3 -> 2 -> 0
Distance of the route: 6095m

Maximum of the route distances: 6095m
Shortest distance: 0m
```

圖 34 模式結果

最後，main 函式設置路線模型，定義距離函式，添加距離限制，設定首個解策略，解決問題並在找出路徑最優解。

## 第五章 系統情境模擬

### 5.1 情境模擬

在第三章中，本組利用票證資料分析整個彰化客運鹿港線與 6902 路線現況以及是否需要修改現行的營運方式。透過分析，本組評估 6902 路線可以嘗試在末端路線使用小車聯程轉運的模式，解決現階段末端路線使用率不佳的問題。因此本組在第四章討論使用預約系統，加上路線規劃模式，讓業者可以只需要針對有預約的民眾，規劃小車的派遣與行駛路線的規劃，在系統、資料庫、路線規劃模式都完成後，本組將透過情境模擬的方式，測試、評估本組在此次研究構想的服務設計是否可以符合研究目的的目標。

本組將分成 6 種不同的情境，分別是 2 人、4 人、8 人、12 人、16 人、20 人的預約人數，測試數學模式規劃的小車行駛路線是否是較優的解，另外是否有按照本組設定的範圍得到的最佳路線。

#### 情境一：2 人預約

在 6 月 2 日預約時間截止後，客運公司受到共兩筆預約需求，是即將在 6 月 3 日搭乘 6902 路線 6 點 05 分公車前往彰化的兩名旅客，旅客分別將在烏瓦厝與灰磘前搭乘小車。按照上述情境，公司將旅客預約資料會成 Excel 檔進行初步的整理，整理成符合路線規劃模式中的讀取方式如下圖 35。將整理好的 Excel 檔儲存連結寫入模式中預寫的位置，由模式為公司規畫此情境下的小車最佳路線。



ID	預約日期	公車方向	上車地點	班次	票數
N1111111	2023/6/3	水尾往彰化	烏瓦厝	上午 06:05:00	1
D7549516	2023/6/3	水尾往彰化	灰磘前	上午 06:05:00	1

圖 35 情境一預約資料

模式執行結果運算出，模式建議的最佳路線為水尾→烏瓦厝→灰磘前→水尾，站點位置如圖 36 中圓形圖例標示處，行駛路線方式如箭頭指示方向。此路線計算出了的最短行駛距離為 10.4 公里，行駛時間約為 10 分鐘，業者可以依照此時間，在 5 點 55 分可以派遣小車接送客人。

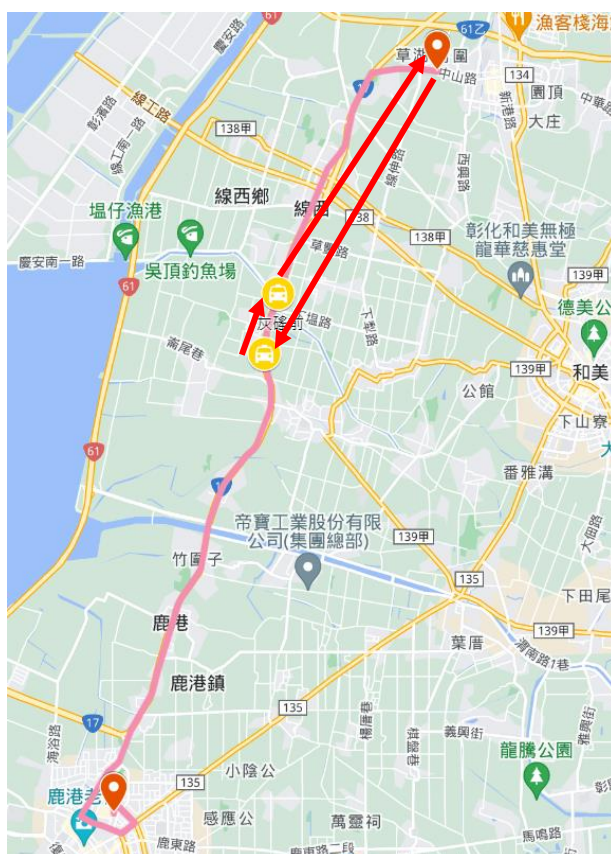


圖 36 情境一最佳路線結果圖

### 情境二：4 人預約

在 6 月 3 日預約時間截止，公司收到共 2 筆預約資料，這些預約需求皆是將在 6 月 4 日搭乘 6902 路公車 7 點 40 班次的旅客，站點分別有曾家村和草港尾上述兩個地點，預約人數共 4 人，另外假設駕駛行駛速度在 60 公里/小時。

以此上述情境，公司將 6 月 4 日的資料匯出 Excel 檔，並且將資料整理成符合路線規劃模式之型態，如下圖 37，改善後的檔案之資料位置匯入 Python 數學模式中，模式可為公司規劃出該任務的最佳路線距離。

	A	B	C	D	E	F	G
1	ID	預約日期	公車方向	上車地點	班次	票數	確認訂單
2	B126589798	2023/6/3	水尾往彰化	曾家村	上午7:40:00	1	FALSE
3	siien4547	2023/6/3	水尾往彰化	草港尾	上午7:40:00	3	FALSE

圖 37 情境二預約資料

數學模式運算結果顯示，此假設案例路線方式水尾→曾家村→草港尾→水尾，站點為如圖 38 圓形圖標所示，為代表有預約服務需求之站點，小車將依循路線規劃服務行駛，該情境模擬為 4 人所以將指派一輛小車進行服務，總行駛距離為 12.2 公里，總行駛時間約為 12~13 分鐘，路線結果如下圖 38 呈現。

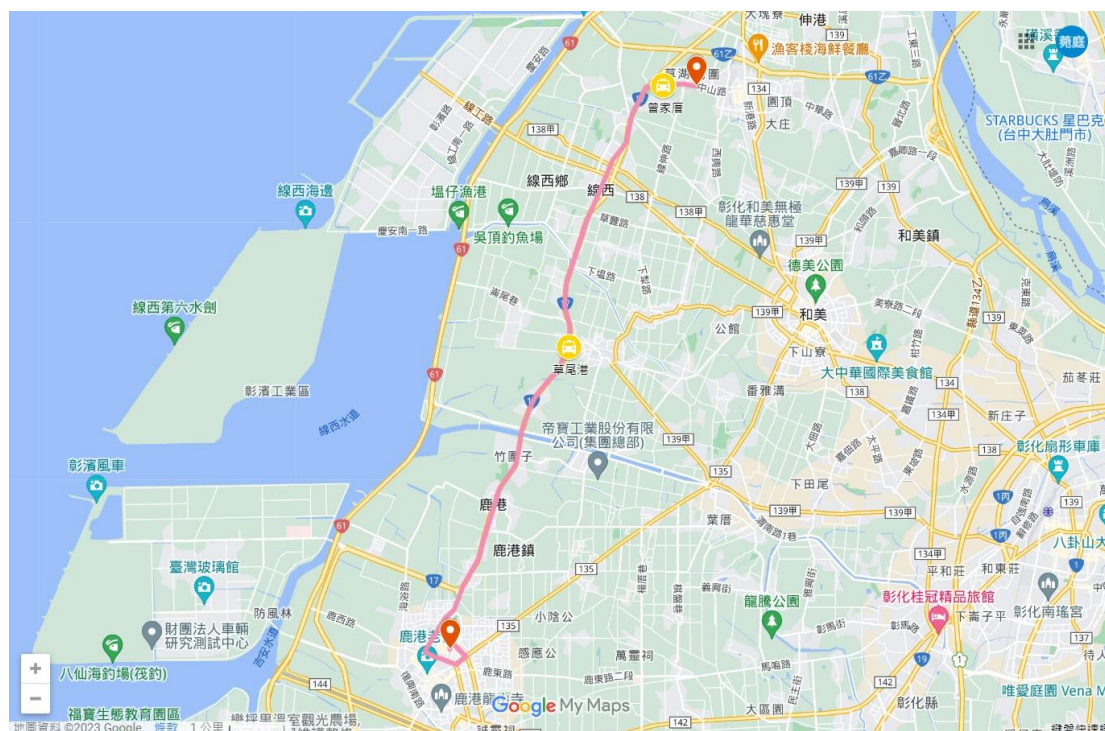


圖 38 情境二最佳路線行駛結果

### 情境三：8 人預約

在 5 月 12 日預約時間截止，公司收到共 6 筆預約資料，這些預約需求皆是將在 5 月 13 日搭乘 6902 路公車 9 點 15 班次的旅客，站點分別有頂見口、漁會前、洋仔厝、海埔厝、頂山寮、與浮景上述六個地點，預約人數共 8 人，另外假設駕駛行駛速度在 60 公里/小時。

以此上述情境，公司將 5 月 13 日的資料匯出 Excel 檔，並且將資料整理成符合路線規劃模式之型態，如下圖 39，改善後的檔案之資料位置匯入 Python 數學模式中，模式可為公司規劃出該任務的最佳路線距離。



	A	B	C	D	E
1	ID	預約日期	上車地點	班次	票數
2	N1111111	2023/5/13	頂見口	上午9:15:00	2
3	D754951636	2023/5/13	漁會前	上午9:15:00	1
4	B126589798	2023/5/13	洋子厝	上午9:15:00	1
5	siien4547	2023/5/13	海埔厝	上午9:15:00	2
6	jiessk25	2023/5/13	頂山寮	上午9:15:00	1
7	dieii8997	2023/5/13	浮景	上午9:15:00	1

圖 39 情境三預約資料

數學模式運算結果顯示，此假設案例路線方式水尾→頂見口→頂山寮→浮景→漁會前→海埔厝→洋子厝→水尾，站點為如圖 40 圓形圖標所示，為代表有預約服務需求之站點，小車將依循路線規劃服務行駛，該情境模擬為 8 人所以將指派一輛小車行駛，車輛總行駛距離為 25 公里，行駛時間約為 25~24 分鐘，路線結果如下圖 40 呈現。

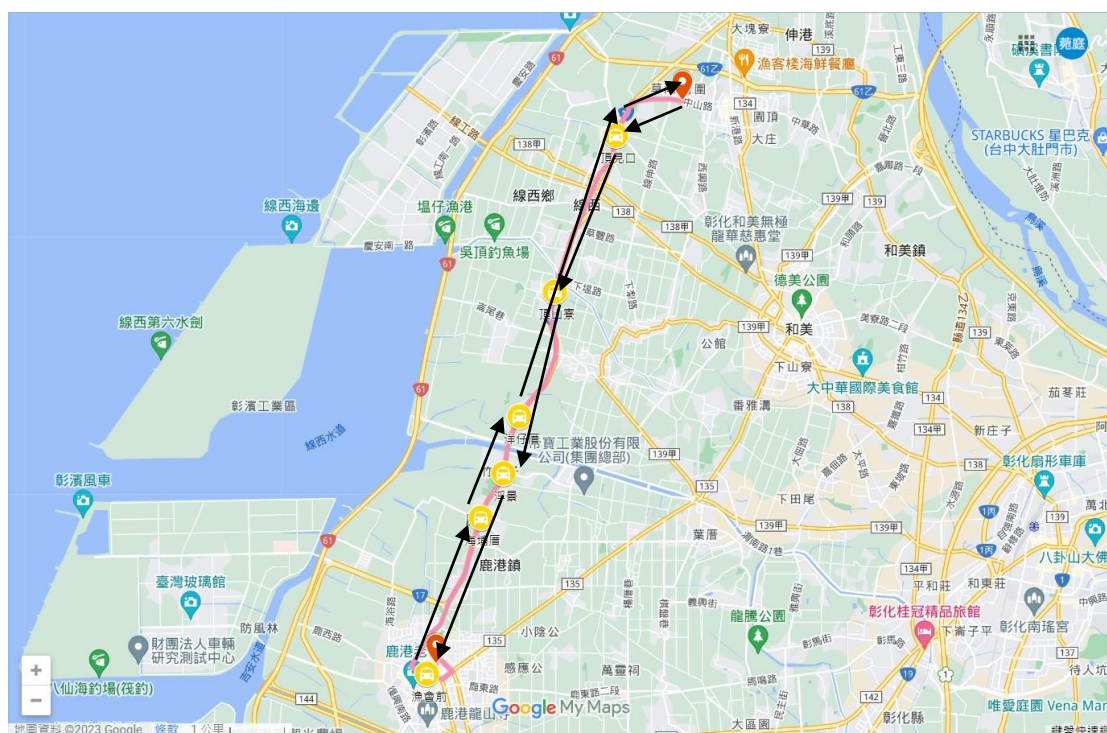


圖 40 情境三最佳路線行駛結果

#### 情境四：12 人預約

在 6 月 3 日預約時間截止，公司收到共 6 筆預約資料，這些預約需求皆是將在 6 月 4 日搭乘 6902 路公車 9 點 15 班次的旅客，站點分別有草港尾、塭子、烏瓦厝、海墘厝、柯厝、新厝社區上述六個地點，預約人數共 12 人，另外假設駕駛行駛速度在 60 公里/小時。

以此上述情境，公司將 6 月 4 日的資料匯出 Excel 檔，並且將資料整理成符合路線規劃模式之型態，如下圖 41，改善後的檔案之資料位置匯入 Python 數學模式中，模式可為公司規劃出該任務的最佳路線距離。

	A	B	C	D	E	F	G
1	ID	預約日期	公車方向	上車地點	班次	票數	確認訂單
2	zxh59799	2023/6/3	水尾往彰化	草港尾	上午9:15:00	3	FALSE
3	sowo3uu2	2023/6/3	水尾往彰化	塭子	上午9:15:00	1	FALSE
4	dieii8997	2023/6/3	水尾往彰化	烏瓦厝	上午9:15:00	2	FALSE
5	iske9884	2023/6/3	水尾往彰化	海墘厝	上午9:15:00	1	FALSE
6	jiessk25	2023/6/3	水尾往彰化	柯厝	上午9:15:00	3	FALSE
7	odkie897	2023/6/3	水尾往彰化	新厝社區	上午9:15:00	2	FALSE

圖 41 情境四預約資料

數學模式運算結果顯示，此假設案例路線方式為水尾→海墘厝→新厝社區→草港尾→水尾、水尾→塭子→烏瓦厝→水尾，站點為如圖 42 圓形圖標所示，為代表有預約服務需求之站點，該情境模擬為 12 人，分別指派兩臺小車行駛，兩臺車輛總行駛距離分別為 22.2 公里以及 10.6 公里，行駛時間分別約為 21~22 分鐘和 10~11 分鐘，路線結果如下圖 42、43 呈現。

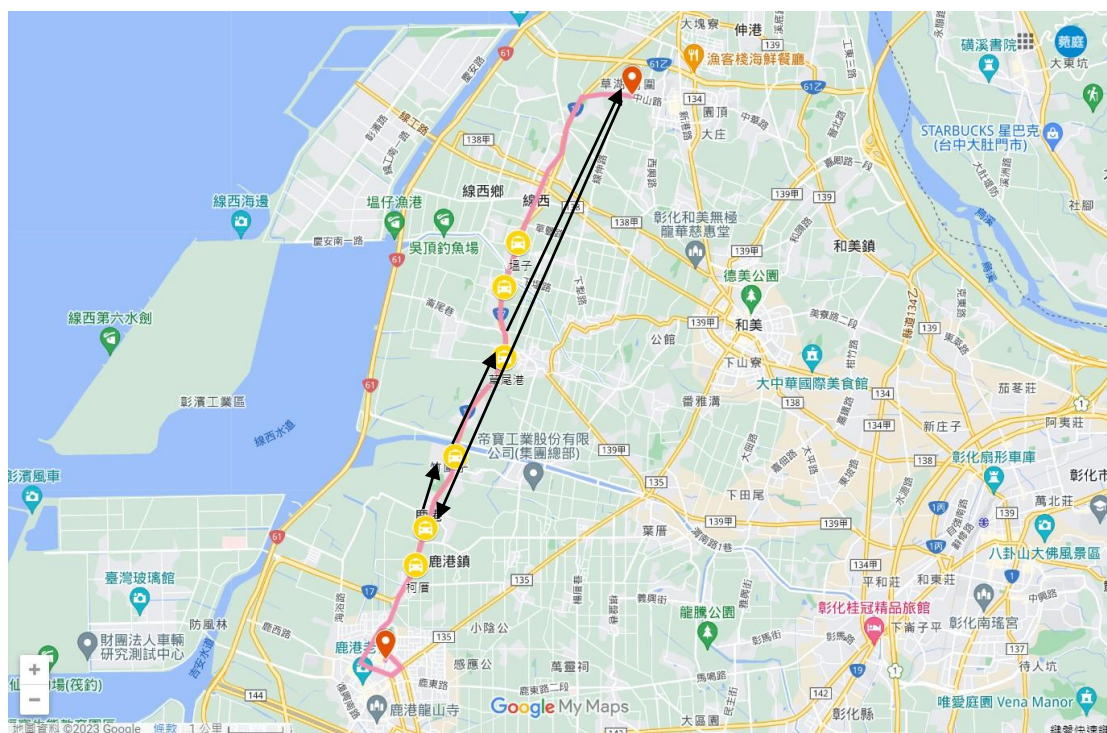


圖 42 情境四最佳路線行駛結果 1





圖 43 情境四最佳路線行駛結果 2

### 情境五：16 人預約

在 6 月 2 日預約時間截止後，客運公司受到共兩筆預約需求，是即將在 6 月 3 日搭乘 6902 路線 10 點 30 分公車從彰化的 16 名旅客，旅客分別將在灰磘前、寓埔、洋子厝、竹圍子、草湖、新厝社區下車返家。按照上述情境，公司將旅客預約資料會成 Excel 檔進行初步的整理，整理成符合路線規劃模式中的讀取方式如下圖 44。將整理好的 Excel 檔儲存連結寫入模式中預寫的位置，由模式為公司規畫此情境下的小車最佳路線。

	A	B	C	D	E	F
1	ID	預約日期	公車方向	上車地點	班次	票數
2	bhub5597	2023/6/3	彰化往水尾	灰磘前	上午 10:30:00	4
3	N1111111	2023/6/3	彰化往水尾	寓埔	上午 10:30:00	2
4	D754951636	2023/6/3	彰化往水尾	洋子厝	上午 10:30:00	5
5	B126589798	2023/6/3	彰化往水尾	竹圍子	上午 10:30:00	2
6	siien4547	2023/6/3	彰化往水尾	草湖	上午 10:30:00	1
7	zxh59799	2023/6/3	彰化往水尾	新厝社區	上午 10:30:00	2

圖 44 情境五預約資料

由於每臺小車可以乘載的人數上限為 8 人，16 人需要採用 2 臺小車服務，因此模式執行結果有兩個不同的車輛路線，分別是小車 1 行駛路線為水尾→灰磘前→寓埔→草湖→水尾，與小車 2 行駛路線為水尾→洋仔厝→新厝社區→竹圍子→水尾，站點位置如圖 45、46 中圓形圖例標示處，行駛路線方式如箭頭指示方向。兩路線計算出的最短行駛距離分別為 9.1 公里和 17.5 公里，行駛時間約為 9 分鐘與 18 分鐘。因為是送民眾返家的行程，業者只需要在公車到達水尾前安排小車等候即可。



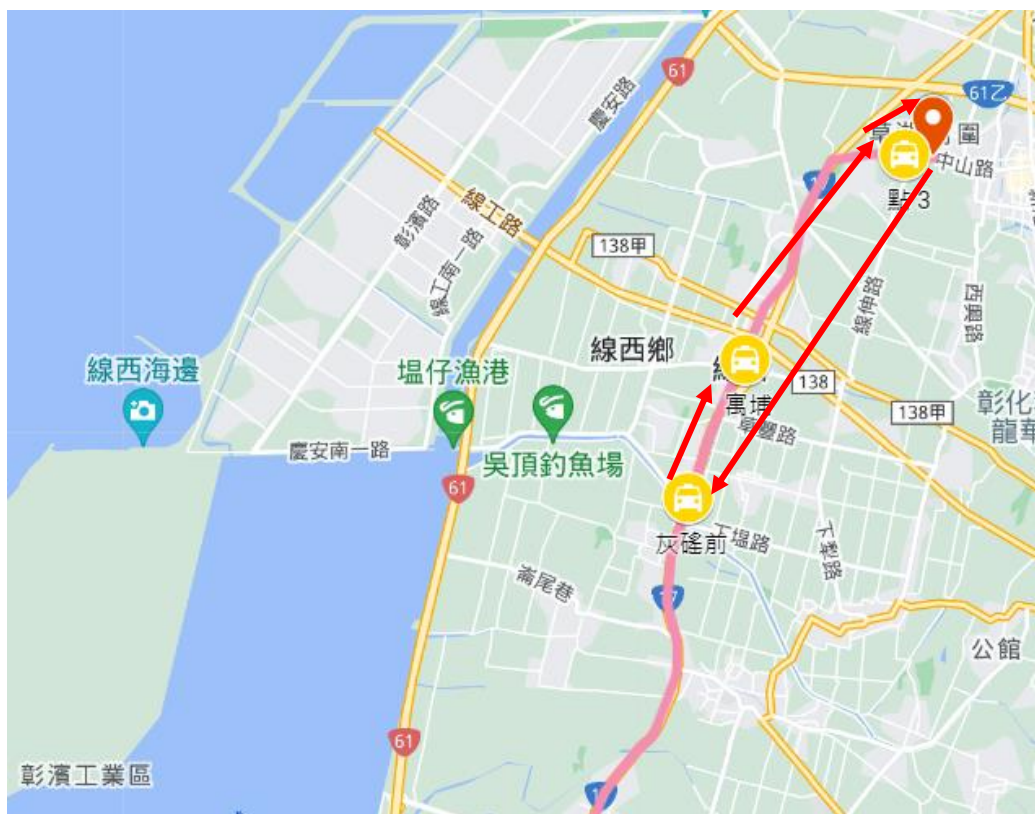


圖 45 情境五最佳路線結果圖 1

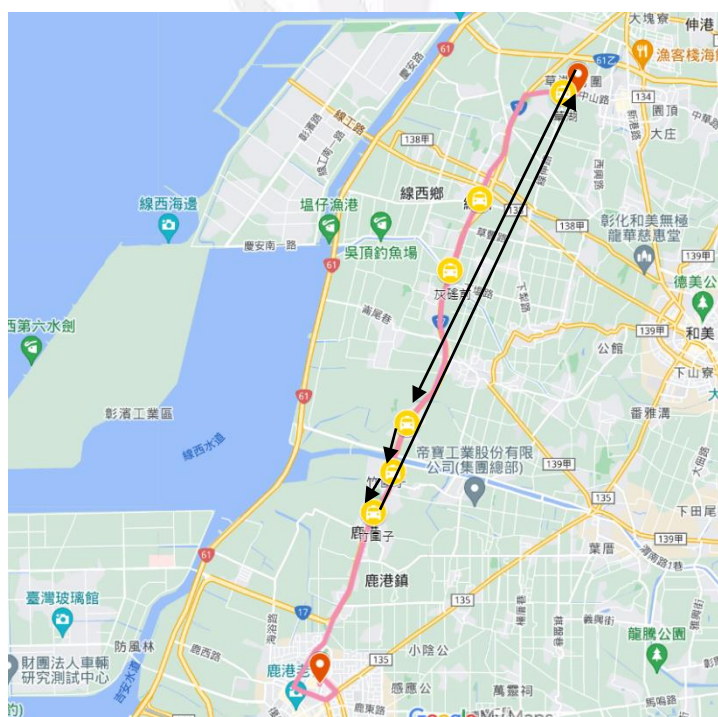


圖 46 情境五最佳路線結果圖 2

### 情境六：20 人預約

在 6 月 2 日預約時間截止後，客運公司受到共兩筆預約需求，是即將在 6 月 3 日搭乘 6902 路線 12 點 30 分公車從彰化的 20 名旅客，旅客分別將在草港尾、灰磘前、柯厝、洋子厝、頂山寮、蚵寮路、烏瓦厝、竹園子、塹子搭乘小車。按

照上述情境，公司將旅客預約資料會成 Excel 檔進行初步的整理，整理成符合路線規劃模式中的讀取方式如下圖 47。將整理好的 Excel 檔儲存連結寫入模式中預寫的位置，由模式為公司規畫此情境下的小車最佳路線。

	A	B	C	D	E	F
1	ID	預約日期	公車方向	上車地點	班次	票數
2	sowo3uu26	2023/6/3	水尾往彰化	草港尾	下午 12:30:00	1
3	N1111111	2023/6/3	水尾往彰化	灰磘前	下午 12:30:00	3
4	D754951636	2023/6/3	水尾往彰化	柯厝	下午 12:30:00	1
5	B126589798	2023/6/3	水尾往彰化	洋子厝	下午 12:30:00	4
6	siien4547	2023/6/3	水尾往彰化	頂山寮	下午 12:30:00	2
7	zxh59799	2023/6/3	水尾往彰化	蚵寮路	下午 12:30:00	1
8	dieii8997	2023/6/3	水尾往彰化	烏瓦厝	下午 12:30:00	3
9	iske9884	2023/6/3	水尾往彰化	竹圍子	下午 12:30:00	2
10	jiessk25	2023/6/3	水尾往彰化	塹子	下午 12:30:00	3

圖 47 情境六預約資料

由於每臺小車可以乘載的人數上限為 8 人，而本次研究透過政府補助後合理成本，因此建議公司最多採用 2 臺小車服務，20 名旅客已經超過小車乘載上限，情境六會建議客運公司直接讓大車行駛完整的 6902 路線全線。

## 5.2 情境評估

### 5.2.1 補助後之合理成本下降

經過 5.1 節六種不同情境模擬，除了情境六因為人數超過小車乘載上限，其餘情境都使用小車聯程的方式服務民眾。本組對小車聯程轉運研究的目的之一，是想透過修改營運方式，降低業者成本，下表計算 5.1 節情境一到情境五的合理成本與大車行駛全程包含來回共 24 公里的成本，並且比較小車聯程轉運的服務模式，是否降低了合理成本，本表使用的大車合理成本為 41.325 元，小車是 25 元。

表 6 合理成本條件與計算結果

情境	行駛站點數	距離(公里)	合理成本(元)
情境一	2	10.4	260
情境二	2	12.2	305
情境三	6	25	625
情境四	6	22.2、10.6	812.5
情境五	6	9.1、17.5	665
大車	27	24	991.8

透過情境模擬，在小車的服務模式下，合理成本比起大車降低許多，另外，合理成本與行駛的距離有關，因此會出現同樣只有兩個站點，卻會受到站點距離以及站點與水尾間的距離不同產生不同的行駛距離，例如情境一與情境二，此外由於小車的合理成本較大車低，所以就算情境三、四、五都比大車行駛路線還長，

合理成本也有明顯的下降。從合理成本的方面評估小車聯程轉運的效益，是成本有明顯的下降，顯示小車聯程轉運的模式在該路段使用後，可以解決業者成本與減少大車空車率情況。

### 5.2.2 駕駛工時下降

另一個本組關注的目的，駕駛工時問題，從情境模擬中，由於大部分小車路線都是針對有預約需求的公車站點到該站點進行服務，因此大部分的路線都不需要行駛超過 20 公里，相較 6902 路線現在大車服務，每位司機一趟工作時間為 66 分鐘，小車從水尾出發服務後再回程，駕駛一次服務的工作時長可以控制在 30 分鐘以內，降低了至少 36 分鐘，雖然超過八人後需要兩位司機同時發車服務，但是駕駛的平均工時也會大幅下降，駕駛相對不會過度疲勞。以駕駛工時下降的因素評估，顯示小車聯程轉運的服務可以讓駕駛不會因過勞而發生交通意外，也可保障搭乘旅可得安全。

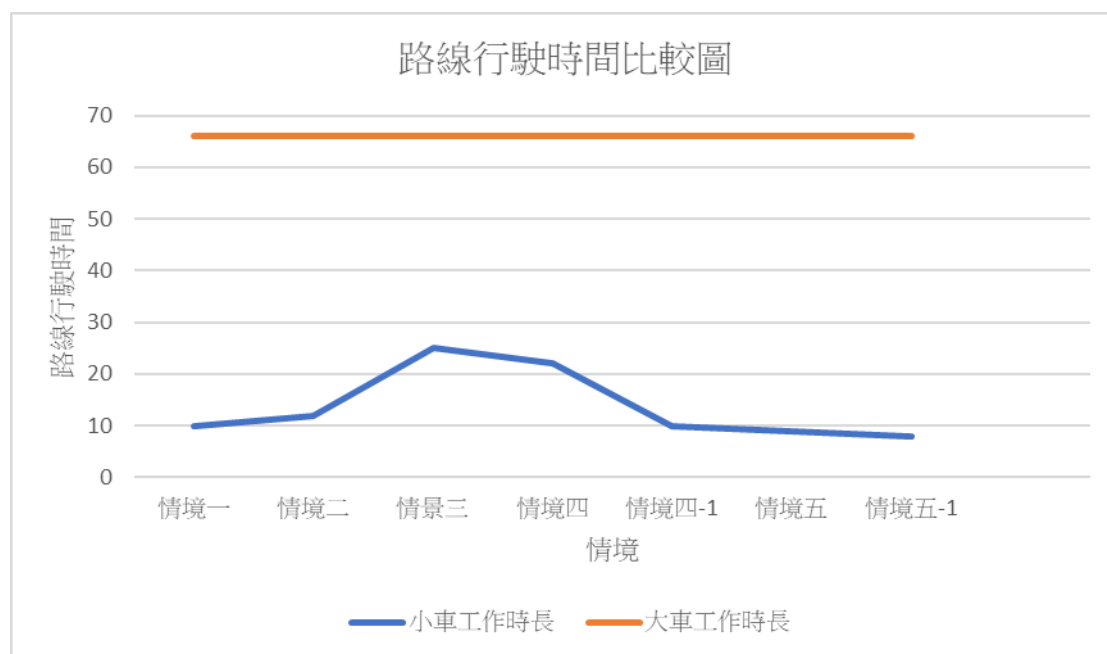


圖 48 駕駛工時比較圖

圖 48 中上方的線是大車工作時長，因為大車在情境一到五的情況下都是行使全線，所以駕駛工時不變，大小車駕駛工使比較情況如圖 48，有明顯的下降的現象。

## 第六章 結論與建議

本研究探討是否利用創新的營運模式，協助業者改善經營情況較不佳的路線，使路線可以繼續提供服務。本組討論運用預約系統的方式，針對末端路線需求下降的問題進行改善，公車不需要因為規定須完整行駛路線，出現空車行駛的情況，業者可以透過預約系統，了解路段熱門站點。民眾可以透過事先預約搭車，確認出行時間。

## 6.1 結論

### 1. 利用數學規劃模式規劃路線行駛

透過彰化客運鹿港線票證資料分析，得出民眾乘在路線 6902 之乘載區間，進一步分析出尖離峰班次及後段站點搭乘人數，依數據得出鹿港路廊需要在水尾-鹿港進行大車轉小車聯運路線，透過數學模式規劃車輛行徑路線，並在多人情境分析結果顯示，若小車行駛從水尾至鹿港最多只需花 20 分鐘，若將由大車運行需 30 分鐘，改由小車行駛將大約減少 10 分鐘的運行時間，不僅節省業者營運成本同時有效降低車輛的行駛時間，縮短乘客的旅行時間。末端使用量減少之路線，透過情境測試

### 2. 預約系統設計

本研究利用 Visual Basic 設計出一套新創預約系統，並與 Access 進行資料庫的串連，使乘客可以輸入自己的基本資料進行預約搭乘。在乘客需求之不確定性，本研究開創新預約系統相較於彰化客運 KKTIX 系統可供民眾在搭車前一天進行預約，民眾可依照自己的需求性進行路線之上起迄點預約，創新預約系統也結合後臺資料庫提供業者旅客資訊，提早得知民眾真實搭乘需求，並提供業者作為調度班次依據，有效地讓業者提早安排調度解決乘客需求之不確定性。

### 3. 彰化客運採納創新預約模式

研究初期與業者訪談預約模式結果，業者認同路線 6902 路線後段站點可利用大小車聯運之營運模式改善，業者也對本研究之系統層面內容提出了建議，並依照實際需求和可行性來調整研究的系統內容，完善系統後可提高民眾對該路線搭乘意願提高亦可使用在同樣情形之路線採用預約系統進行服務。

### 4. 成本與工時下降

透過情境分析，本組提出的小車聯程轉運的模式，除了讓公車不需要為符合規定，所有站點都需要經過就算有些站點並沒有乘客，改以小車聯程的方式，僅針對有乘車需求的站點提供服務，可以有效降低成本與使駕駛工時減少。

## 6.2 建議

### 1. 預約系統改善



經過與彰化客運業者討論，本研究預約系統採用非會員制方式，因此業者給予本研究建議為可以在創新服務系統中加入審查機制，設置一般地帳號密碼方便業者在後臺操作中更加確認旅客身份，並採用會員登入不必讓旅客輸入自己的姓名進行預約動作，業者面擔憂無法驗證旅客身份以及希望減少非本人預約的風險發生。

## 2. 路線模式修正

經過第五章實際測試結果，本研究發現數學模式與實際地圖之比例尺存在誤差，在後續的研究過程中關於站點位置的座標簡化方式，需詳細考量經緯度換算成 XY 象限圖之比例尺誤差，避免計算出結果還需依照實際地圖比例尺進行調整。

## 3. 創新服務系統與使用者回饋

後續修正服務系統後應實際測試，邀請在地民眾作為系統測試者，測試該服務模式是否有效服務民眾需求及解決業者營運成本之問題，使服務型態可以有效使業者不必採用減班或取消路線方式，維持業者持續經營該路線，亦能保障該路線民眾出行需求之權利。

## 4. 模式推廣

在第五章情境分析評估中提及，假設不同的情境模擬下使用大小車連成轉運，並進行合理成本與工時之比較，在合理成本上利用小車運行最多可幫業者省下 731.8 元以及利用小車營運駕駛員可以在 20 分鐘左右完成駕駛，不僅使業者營運成本降低也可以減少駕駛員工時過長問題，若此方法具有可行性，可將此營運模式推廣至客運業或全臺末端路線營運量低之路段，利用小車營運維持該路段之服務狀態。



## 參考書目

1. 《111年民眾日常使用運具狀況調查》，交通部統計處(2022)，2023年4月12日查詢。
2. 人口概況(2022)，行政院主計總處縣市重要統計查詢系統，2022年10月31日。
3. 國情統計通報(2020)，行政院主計總處，2022年10月31日。
4. 汽車運輸業管理規則，法規資料庫，2023年4月10日查詢。
5. 劉明岩(2022)，《綠指彰南捷運是世紀騙局 彰縣府：公車與輕軌並行養運量》，聯合新聞網。
6. 陳怡君、姜凱玲、黃杏雅(2020)《公車司機成「馬路新三報」？揭80K高薪幕後秘辛》，自由時報。
7. 許國楨(2019)，《客運司機缺工嚴重交通部辦徵才 最高90K以上獎補》，自由時報。
8. 陳俊穎、蘇昭銘(2014)，《以接駁型需求反應式公車服務模型 解決偏遠地區運輸問題之初探》，都市交通半年刊，29(1)PP.32~41。
9. 高慈妤(2014)，《定班定線與需求反應式公共運輸系統最佳化模型之建立與應用》，東華大學運籌管理研究所。
10. 卓裕仁、朱佑旌(2008)，《兩階段回溯式門檻接受法求解時窗限制回程取貨車輛路線問題之研究》，運輸計畫季刊，37卷四期，pp.405~430。
11. 吳孟璵(2004)，《GPS環境下公車車輛排班調度專家系統之研究》，臺灣大學土木工程研究所。
12. 黃頡(2000)，《市區公車高潛力需求路線之研究》，國立交通大學交通運輸研究所。
13. 何亮樺(2018)，《桃園市公車路網分析與重整之研究-以中壢、新屋、楊梅三區為例》，中華大學運輸科技與物流管理學系。
14. Yongcheng Wu(2011) A simultaneous bus route design and frequency setting problem for Tin Shui Wai, Hong Kong, *European Journal of Operating Research*, 209(2), pp.141~155.
15. Eiichi Taniguchi, Russell G Thompson, Tadashi Yamada, Ron Van Duin (2001) City Logistic, pp.111~113.
16. Olli Bräysy、Michel Gendreau (2008) Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms, *Journal of Quaility Measurement and Analysis*, 4(1), pp.205-218.

# 附錄

## 1. 彰化客運訪談回饋問卷

**彰客行啟很有力，客運轉乘更便利**  
(以 6902、6936 為例)

**建議可行性調查表**

填寫人員：黃其遠  
公司職稱：董事長

經過本團隊的調查統計及分析，彰化客運 6902 路線、6936 路線是當地居民搭乘最不便、且近年來受交通影響停駛最嚴重的路線。6902 路線面臨班次不準、6936 路線面臨班次不準、6902 路線班次不準、6936 路線班次不準，本團隊擬定此項客運轉乘系統，希望能改善當地居民搭乘不便的問題，透過以下問卷了解當地居民對該項建議的意見，以利後續系統開發。

1. 透過小車轉運服務  
內容：以多人乘坐小車的方式提供轉運服務，分別於 6902、6936 路線轉運站，由司機協助轉運行李，解決旅客攜帶行李不便的問題。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

2. 轉運站點規劃(6902)  
內容：以彰化作為轉運站點，規劃由該站點轉運旅客至其上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

3. 轉運站點規劃(6936)  
內容：以彰化作為轉運站點，規劃由該站點轉運旅客至其上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

4. 轉運站點規劃(6902)  
內容：以彰化作為轉運站點，規劃由該站點轉運旅客至其上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

5. 預約系統對轉運的效益  
內容：預約系統可了解各站需求，方便旅客轉乘。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

總評：  
\_\_\_\_\_

填寫人員：\_\_\_\_\_  
公司職稱：\_\_\_\_\_

**彰客行啟很有力，客運轉乘更便利**  
(以 6902、6936 為例)

**建議可行性調查表**

填寫人員：詹善民  
公司職稱：總經理

經過本團隊的調查統計及分析，彰化客運 6902 路線、6936 路線是當地居民搭乘最不便、且近年來受交通影響停駛最嚴重的路線。6902 路線面臨班次不準、6936 路線面臨班次不準，6902 路線班次不準、6936 路線班次不準，本團隊擬定此項客運轉乘系統，希望能改善當地居民搭乘不便的問題，透過以下問卷了解當地居民對該項建議的意見，以利後續系統開發。

1. 透過小車轉運服務  
內容：以多人乘坐小車的方式提供轉運服務，分別於 6902、6936 路線轉運站，由司機協助轉運行李，解決旅客攜帶行李不便的問題。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

2. 轉運站點規劃(6902)  
內容：以彰化作為轉運站點，規劃由該站點轉運旅客至其上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

3. 轉運站點規劃(6936)  
內容：以彰化作為轉運站點，規劃由該站點轉運旅客至其上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

4. 轉運站點規劃(6902)  
內容：以彰化作為轉運站點，規劃由該站點轉運旅客至其上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

5. 預約系統對轉運的效益  
內容：預約系統可了解各站需求，方便旅客轉乘。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

總評：  
\_\_\_\_\_

填寫人員：詹善民  
公司職稱：總經理

**彰客行啟很有力，客運轉乘更便利**  
(以 6902、6936 為例)

**建議可行性調查表**

填寫人員：許啟宇  
公司職稱：課長

經過本團隊的調查統計及分析，彰化客運 6902 路線、6936 路線是當地居民搭乘最不便、且近年來受交通影響停駛最嚴重的路線。6902 路線面臨班次不準、6936 路線面臨班次不準，6902 路線班次不準、6936 路線班次不準，本團隊擬定此項客運轉乘系統，希望能改善當地居民搭乘不便的問題，透過以下問卷了解當地居民對該項建議的意見，以利後續系統開發。

1. 透過小車轉運服務  
內容：以多人乘坐小車的方式提供轉運服務，分別於 6902、6936 路線轉運站，由司機協助轉運行李，解決旅客攜帶行李不便的問題。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

2. 轉運站點規劃(6902)  
內容：以彰化作為轉運站點，規劃由該站點轉運旅客至其上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

3. 轉運站點規劃(6936)  
內容：以彰化作為轉運站點，規劃由該站點轉運旅客至其上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

4. 轉運站點規劃(6902)  
內容：以彰化作為轉運站點，規劃由該站點轉運旅客至其上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

5. 預約系統對轉運的效益  
內容：預約系統可了解各站需求，方便旅客轉乘。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
效益程度：非常有益 有益 無益 非常無益  
可執行可能：可執行 可執行(部分地區有問題)

總評：  
\_\_\_\_\_

填寫人員：  
公司職稱：\_\_\_\_\_

**影客行駁很有力，客運轉乘更便利**  
(以 6902、6936 為例)

**建議可行性調查表**

填寫人員：許子綸  
公司職稱：專員

經過本署的數據統計及分析，彰化客運 6902 路線、6936 路線與 6936 路線的距離較低不高，且這些車次是透過影響轉乘與乘客上下車，6936 本地路線與 6936 路線的問題，部分「困難台費行」與此類，本署擬從改善客運轉乘與乘客上下車之問題，透過以下問題了解彰化客運對於本署建議方式之可行性評估。

1. 建議小車轉運地點  
內容：以本署小車轉運地點作為轉運地點，分別詳述，各建議轉運地點  
地點：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
建議數量：非常有效益 有效益 無效益 非常無效益  
可執行可能：可執行 可執行(部分時間有困難) 不可執行  
評論、建議：改善轉運地點

2. 轉運地點規劃(6902)  
內容：以本署小車轉運地點，規劃轉運地點與車輛載客及民眾上下車。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
建議數量：非常有效益 有效益 無效益 非常無效益  
可執行可能：可執行 可執行(部分時間有困難) 不可執行  
評論、建議：改善轉運地點

3. 轉運地點規劃(6936)  
內容：以本署小車轉運地點作為轉運地點，分別詳述，各建議轉運地點  
地點：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
建議數量：非常有效益 有效益 無效益 非常無效益  
可執行可能：可執行 可執行(部分時間有困難) 不可執行  
評論、建議：改善轉運地點

4. 轉運地點規劃(6936)  
內容：以本署小車轉運地點作為轉運地點，分別詳述，各建議轉運地點  
地點：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
建議數量：非常有效益 有效益 無效益 非常無效益  
可執行可能：可執行 可執行(部分時間有困難) 不可執行  
評論、建議：改善轉運地點

5. 預約系統對轉運的效益  
內容：預約系統可了解各站點位置，方便旅客轉乘。  
認同度：非常認同 認同 不認同 非常不認同  
建議數量：非常有效益 有效益 無效益 非常無效益  
可執行可能：可執行 可執行(部分時間有困難) 不可執行  
評論、建議：

總評：  
線上預約 6902、6936 兩台小車行 但會增加客運  
成本 尚待研議。

填寫人員：許子綸  
公司職稱：專員

