

國立臺灣師範大學文學院地理學系

碩士論文

Department of Geography

College of Liberal Arts

National Taiwan Normal University

Master's Thesis

交通大數據分析以公車動態資料為例

Traffic Big Data Analysis – Take Dynamic Bus System
Data as an Example

蔡承晏

Cai, Cheng-Yan

指導教授：周學政 博士

Advisor : Chou, Hsueh-Cheng, Ph.D.

中華民國 111 年 8 月

August 2022

摘要

一般大眾運輸動態饋給規格(General Transit Feed Specification, GTFS)制定了各類型的大眾交通運輸數據的資料格式，內容包含：停靠的站點、營運的路徑、行進的順序以及時刻表等資訊，透過統一的格式，使資料能夠互通使用。國內也有公共運輸整合資訊流通服務平臺(Public Transport Data eXchange, PTX)，與其他運輸平台，共同建立格式統一、標準化之資料模型包括：航空、鐵路、公車、自行車等項目，累積了大量的交通運輸資料。然而，目前對於公車動態資料的相關研究甚少。

本研究以供給層面探討大眾運輸系統的可及性現況，並利用軌道運輸及公車運輸具有固定的停靠點、行駛路線以及班次之特性，由公車動態資料拓展至大眾交通運輸資料建立以及分析系統開發，設計一套可供交通可及性分析資料架構，經過本研究所建立之清洗流程進行處理，建立交通資料庫，開發可及性及視覺化模組，應用於快速且自動化進行公共運輸系統的交通可及性評估。

在案例分析的部分，本研究利用臺北市市區公車動態車機資料，並透過交通可及性分析系統進行分析。研究結果顯示，在旅行時間 30 分鐘之內，以臺北火車站周遭的區域交通可及性最佳，從臺北市整體來看，可及性呈現西高東低的現象，並且於納入臺北捷運系統後，大多的分區可及性皆有所提升，尤其原先市區外圍可及性較差的區域，若鄰近捷運站，其可及性有明顯地改善。

關鍵字：市區公車、地理資訊系統、公車動態資料、可及性

Abstract

The General Transit Feed Specification (GTFS) defines the data format of various types of public transportation data, including stops, operating routes, travel sequences, and timetables. A unified design enables data to be used interchangeably. There is also a public transport integrated information circulation service platform (Public Transport Data eXchange, PTX) in Taiwan. Together with other transport platforms, they establish a unified and standardized data model including aviation, railway, bus, bicycle and other projects, accumulating a large amount of traffic data. However, there are few related studies on dynamic bus system data.

This study explores the accessibility status of mass transit systems from the supply aspect, utilizes the characteristics of rail transit and bus transport with fixed stops, travel routes and schedules, and extends from dynamic bus data to the establishment of mass transit data and analysis system development, design a set of the data structure for traffic accessibility analysis, process it through the cleaning process established by this research, build a traffic database, develop accessibility and visualization modules, and apply it to the rapid, automated public transportation system accessibility assessment.

In the example of this implementation case, the traffic accessibility analysis system is used for analysis by using the dynamic bus system data of the city bus in Taipei. The research results show that within 30 minutes of travel time, the area around Taipei Station has the best traffic accessibility. In Taipei, accessibility is higher in the west and lower in the east. After incorporating the Taipei MRT, accessibility has improved in most districts, especially in areas with poorer accessibility outside the urban area, which have significantly improved if they are close to Metro stations.

Keyword: City Bus, GIS, Dynamic Bus System Data, Accessibility

目錄

第一章、緒論	1
第一節、研究動機.....	1
第二節、研究目的.....	2
第三節、個案研究範圍.....	3
第四節、研究流程.....	5
第二章、文獻回顧	7
第一節、地理資訊系統應用於公車運輸.....	7
第二節、公車運輸可及性相關研究.....	8
第三節、交通資料大數據分析.....	12
第四節、資料視覺化.....	14
第五節、小結.....	16
第三章、資料庫設計與雛型系統開發	18
第一節、系統架構.....	18
第二節、資料庫設計.....	20
第三節、資料庫建立.....	23
一、原始資料.....	23
二、資料庫架構.....	27
三、建立車次資料.....	31
四、建立路段資料.....	36
五、建立路線資料.....	37
第四節、可及性分析模組.....	42
一、行駛時間.....	42
二、候車時間.....	43
三、路段流量.....	43
四、交通可及性.....	46

五、 模組驗證	58
第四章、臺北市公車可及性分析案例	59
第一節、 發車時段分析	62
第二節、 站位可及性	65
第三節、 路段流量分析	73
第四節、 公車可及性分析	82
第五章、結論與建議	93
第一節、 結論	93
第二節、 後續研究建議	94
參考文獻	96



表目錄

表 2-1、七種資料型態視覺化。	15
表 3-1、臺北市市區公車車機資料結構表。	24
表 3-2、臺北市市區公車路線站牌資料結構表。	25
表 3-3、臺北市市區公車路線站位資料結構表。	25
表 3-4、臺北市市區公車車機資料結構表。	26
表 3-5、OSM 道路資料結構表。	26
表 3-6、臺北捷運路線資料結構表。	27
表 3-7、車次資料庫結構表。	28
表 3-8、路線資料庫。	28
表 3-9、站位向量資料庫。	29
表 3-10、行駛時間屬性資料表。	29
表 3-11、候車時間屬性資料表。	30
表 3-12、路段向量資料庫結構表。	31
表 3-13、驗證資料之分析結果。	58
表 4-1、路線停靠站位數量表。	60
表 4-2、站位通行路線數。	60
表 4-3、各時段發車數。	63
表 4-4、平日及假日尖、離峰單一站 30 分鐘直達可到達之站位數。	65
表 4-5、前十五大直達可到達之站位數。	68
表 4-6、平日尖峰路段平均每小時通行車次數。	73
表 4-7、平日尖峰路段前十大通行車次表。	73
表 4-8、公車專用道起訖表，整理至臺北市交通管制工程處。	80
表 4-9、分區可到達站位數統計表。	84
表 4-10、站位數統計表(加入捷運)。	90

表 4-11、四分位數比較表。	91
-----------------------	----

圖目錄

圖 1-1、個案研究範圍圖。	4
圖 1-2、研究流程圖。	6
圖 2-1 超市可及性地圖(a)1200 英尺距離閾值，(b)2500 英尺距離閾值。	10
圖 2-2、視覺化步驟圖。	16
圖 3-1、系統運作示意圖。	19
圖 3-2、使用者介面示意圖。	19
圖 3-3、資料庫關聯示意圖。	21
圖 3-4、站牌及站位概念圖。	22
圖 3-5、路段示意圖。	22
圖 3-6、交通部數據匯流平臺。	24
圖 3-7、行駛時間資料庫示意圖。	30
圖 3-8、候車時間資料庫示意圖。	30
圖 3-9、車次編碼流程示意圖。	33
圖 3-10、站序異常示意圖。	34
圖 3-11、站序插補示意圖。	35
圖 3-12、車機時間插補示意圖。	36
圖 3-13、路線及路段示意圖	36
圖 3-14、臺北市市區公車路線軌跡資料示意圖。	37
圖 3-15、選取路段示意圖。	38
圖 3-16、站位點圖徵黏貼至路段示意圖。	39
圖 3-17、連結後之路段屬性表。	39
圖 3-18、未連結之路段示意圖。	40

圖 3-19、路段集合示意圖。.....	40
圖 3-20、子站序編碼示意圖。.....	41
圖 3-21、已完成編碼之路段示意圖。.....	42
圖 3-22、路段流量分析之下拉式選單示意圖。.....	45
圖 3-23、路段流量分析結果示意圖。.....	45
圖 3-24、路段流量分析結果屬性表。.....	46
圖 3-25、公車轉乘示意圖。.....	48
圖 3-26、站位可及性分析之下拉式選單示意圖。.....	50
圖 3-27、站位輸入示意圖。.....	50
圖 3-28、單一站位可及性分析結果示意圖。.....	51
圖 3-29、單一站位可及性分析結果屬性表。.....	51
圖 3-30、整體站位可及性分析結果示意圖。.....	52
圖 3-31、整體站位可及性分析結果屬性表。.....	52
圖 3-32、交通可及性分析之下拉式選單示意圖。.....	54
圖 3-33、點選座標狀態示意圖。.....	55
圖 3-34、座標輸入示意圖。.....	55
圖 3-35、單一地點交通可及性分析結果示意圖。.....	56
圖 3-36、單一地點交通可及性分析屬性表。.....	56
圖 3-37、多地點交通可及性分析結果示意圖。.....	57
圖 3-38、多地點交通可及性分析屬性表.....	57
圖 4-1、公車站位通行路線數量分布圖。.....	61
圖 4-2、各時段發車數量。.....	64
圖 4-3、各時段發車數百分比。.....	64
圖 4-4、平日尖峰直達可到達站位數。.....	67
圖 4-5、平日尖、離峰時段可到達站位數前十五大之站位。.....	70
圖 4-6、假日尖、離峰時段可到達站位數前十五大之站位。.....	72

圖 4-7、平日尖峰時段路段流量圖。.....	74
圖 4-8、平日尖峰時段路段流量局部放大圖。.....	76
圖 4-9、路段流量圖套疊站位流量圖。.....	77
圖 4-10、公車專用道套疊路段流量圖。.....	79
圖 4-11、路段流量圖套疊人口密度圖。.....	81
圖 4-12、單一地點交通可及性地圖。.....	83
圖 4-13、平日尖峰時段公車可及性可及性地圖。.....	85
圖 4-14、平日尖峰時段公車可及性可及性局部放大圖。.....	87
圖 4-15、平日尖峰時段交通可及性可及性地圖。.....	89
圖 4-16、站位數差異百分比圖。.....	92



第一章、緒論

第一節、研究動機

為了減少汽機車的使用，鼓勵民眾外出搭乘大眾運輸工具，交通部於民國99年推動「建構綠色運輸網路」，持續推動公共運輸發展，提升公共運輸競爭力，使更多民眾願意搭乘，降低私人運具的購買意願，一方面可以完善公共運輸系統，另一方面也可以降低空氣污染的問題(交通部運輸研究所，2015)。

從都市常用的公共運輸工具來看，根據臺北市交通局的統計資料，在「107年臺北市民眾日常使用運具狀況調查」中可以發現，公共運具占總體運具的42%，而市區公車的部分占了17%，僅次於捷運的17.1%，是臺北市民日常生活中的重要運輸工具(臺北市政府交通局，2019)。若從運量來看的話，以臺北市交通局的統計資料為例，107年總載客量為47,846萬人次，平均每日載客131.1萬人次，相比106年的130.3萬人次，增長了0.62%(臺北市交通統計月報，2019)，這些數據都顯示了市區公車系統對於都市交通的重要性。

目前國內對於公車的研究，大多從乘客滿意度調查、公車路線服務品質、路線調整等面向的問題作討論，加上早期的研究受到軟硬體的限制以及資料蒐集、保存皆不易，因此較少純粹以公車資料分析為主軸的研究，然而近年隨著科技的發展，不論是在分析方法或者工具都有極大的進展，大數據(Big data)分析的興起，也使得如公車 GPS 軌跡資料、電子票務資料等大型資料能夠進行處理及分析，因此越來越多以悠遊卡、一卡通等電子票證資料進行旅次分析、使用者行為分析、轉乘分析等相關的研究題材出現。

近年來公車運輸供給層面的探討，以公車整體路網的服務績效評估為大宗，分析方法包含指標評估法、分區可及性分析法以及交談式電腦分析法(王湮筑，2000)，在分區可及性分析法的部分，分為分區可及性指標以及分區可及性均化指標兩種，僅考慮每個分區可到達其他分區的數量以及乘客旅次數，忽略了班次數量、營運時段對於可及性的影響，分析的靈活性較低，並且從過往的

相關文獻可以發現國內缺乏基於旅行時間量測的可及性分析方法。

第二節、研究目的

公共運輸作為一個都市的開放性運輸服務，對於都市的整體發展以及生活機能有著至關重要的影響力，其中公共運輸包含：民航、鐵路、公路等交通運輸網路，以國內而言，相較於捷運、高鐵運輸系統，公車運輸的發展是最早也是最普遍的交通運輸工具，加上公車路線的設計可以隨著居民的需求作更改，能夠更深入至都市各處，有助於了解一個都市內部區域之間的交通狀況，因此本研究以公車運輸系統可及性為出發點，希望藉由交通資料架構的建立，整合資料庫系統以及地理資訊系統，設計一個適用於公共運輸系統的可及性分析方法，並開發公共運輸可及性分析系統，能夠對於具有固定路線順序、停靠站且班次固定或者發車頻率密集等特質之公共運輸系統如：捷運、鐵路運輸以及輕軌運輸等系統，進行分析，簡化繁瑣的分析過程，幫助研究者進行運輸工具可及性之評估，作為交通運輸調整之依據，因此本研究目的如下：

1. 探討國內外對於可及性分析及公車資料分析應用的相關研究。
2. 建置評估公共運輸系統可及性之資料架構。
3. 提供交通運輸路網建置的方法及流程。
4. 建立動態資料處理方法及交通資料庫建置流程。
5. 開發評估公共運輸系統可及性分析工具。
6. 以臺北市市區公車系統進行實作分析，探討臺北市的交通可及性表現，作為交通決策之參考依據。

第三節、個案研究範圍

依據交通部統計查詢網所公布之交通統計資料，民國107年全臺灣市區公車營運行車次數為31,455,398次，其中臺北市占了總額的38%，達12,180,851車次，在搭乘人數上則有479,821,163人次占全臺灣約44%，由此可見公車對於臺北市交通的重要性，再加上過往的研究多著重在臺中市，因此本研究以臺北市作為個案研究之範圍。

臺北市市區公車係由臺北市政府轄下之臺北市公共運輸處所管轄，路線數量依子路線區分有501條，若依方向劃分可在細分為904條，使用之站位資料共5086站，研究範圍以臺北市12個行政區為主，並包含部分臺北市區公車路網所覆蓋之部分新北市行政區，圖 1-1 為公車路網覆蓋之區域。



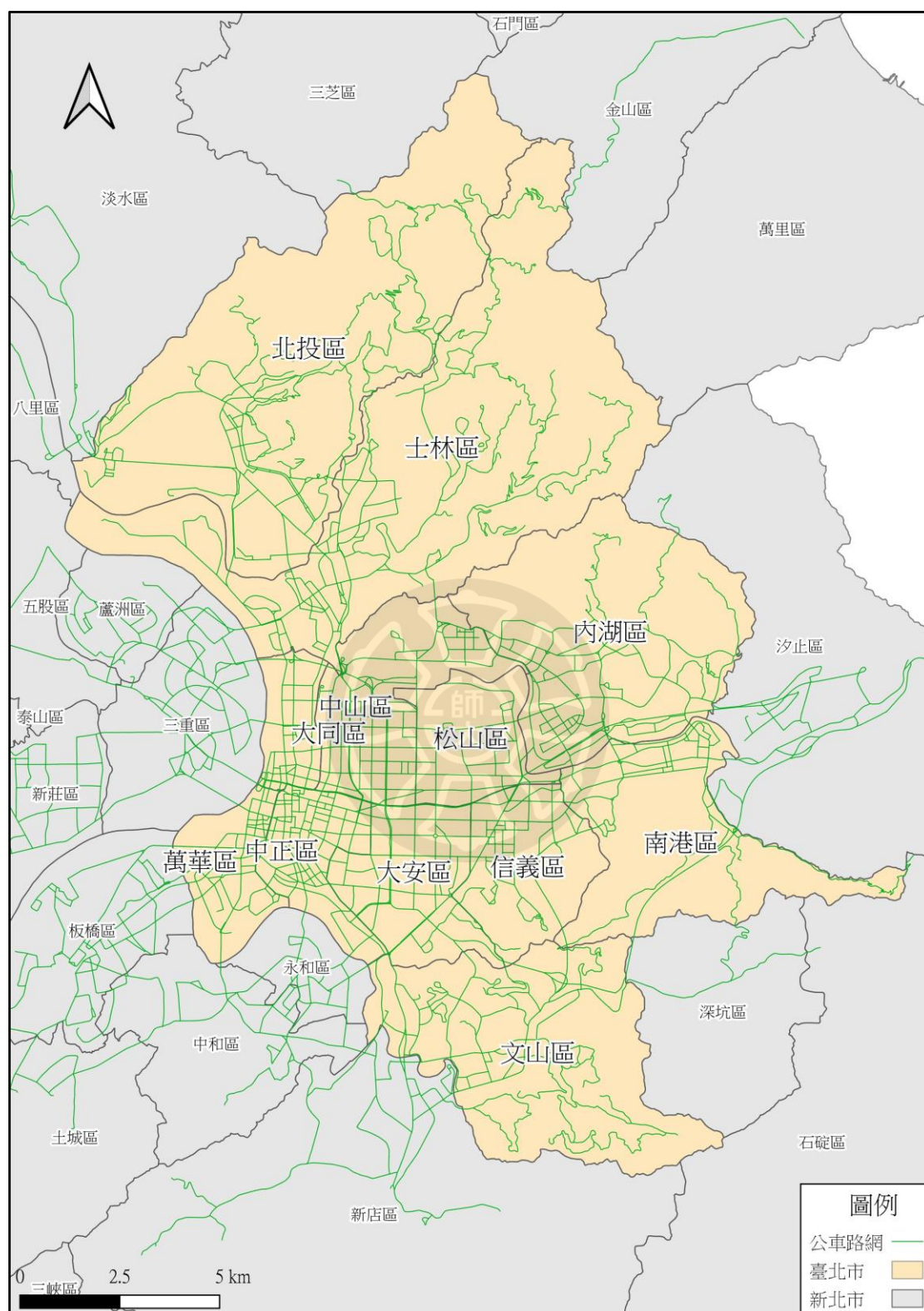


圖 1-1、個案研究範圍圖。

第四節、研究流程

本研究之流程如圖 1-2 所示，主要步驟說明如下：

- (一) 研究動機與目的：本階段主要內容為說明研究之背景，確立研究動機及目的，清楚界定研究範圍。
- (二) 相關文獻回顧：對於國內外相關的研究進行文獻的蒐集，針對大數據分析、公車運輸以及資料視覺化等面向的議題探討與整理，藉由文獻的回顧，了解現今對於公車運輸的研究方向，擬定後續研究設計及使用方法。
- (三) 資料庫系統設計：建立適用於公共運輸系統可及性分析之交通資料架構。
- (四) 資料庫建置：將蒐集到的公車動態車機資料進行資料預處理，包含清洗、插補等步驟；公車路網的建置則須透過 GIS 系統分析功能，才能夠進行後續的分析及應用，並利用處理完成之資料建立交通資料庫。
- (五) 系統建置：針對可及性分析及視覺化功能進行系統開發，包含系統架構、使用者介面以及資料庫等方面，供後續進行分析所用。
- (六) 實例分析：結合處理完成之交通資料進行各種層面的探討，並進行可及性的個案研究分析。
- (七) 結論與建議：對於本研究的過程進行統整，檢視研究之結果，提出結論以及後續建議，可供日後研究借鑑。

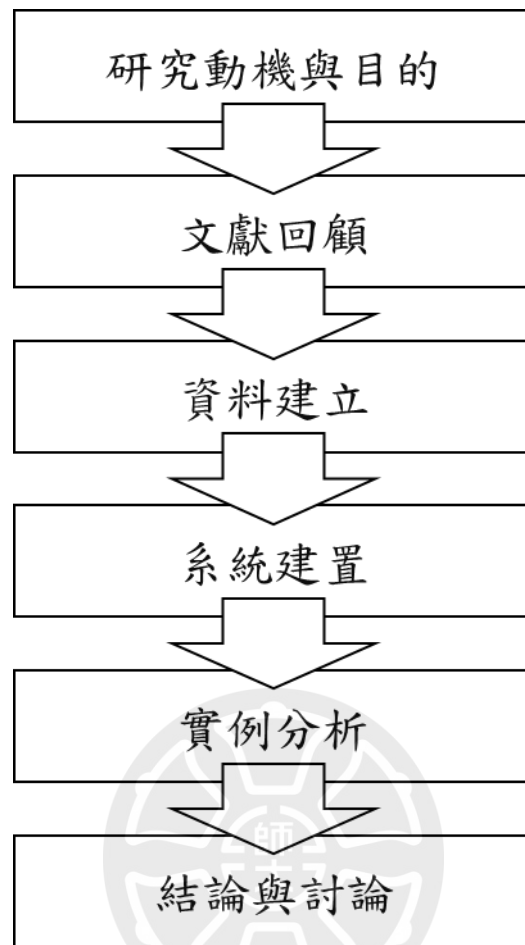


圖 1-2、研究流程圖。

第二章、文獻回顧

本研究將文獻回顧分為四個部分進行文獻的回顧以及整理，首先是對於 GIS 系統應用在公車運輸系統的相關研究進行探討，接著是對交通可及性在公車運輸系統上的應用以及有關於國內交通資料分析的發展方向及相關文獻回顧，最後探討的是如何將處理好的資料進行視覺化，清楚地傳達資料本身攜帶的資訊，並藉由上述的回顧內容，對於本研究進行設計與規劃。

第一節、地理資訊系統應用於公車運輸

本研究藉由地理資訊系統(Geographic information system，簡稱 GIS)開發分析系統與分析模組，並以此對公車運輸系統進行分析，因此本節藉由文獻回顧，探討地理資訊系統應用於公車運輸之有關研究，地理資訊系統具備處理空間資料的能力且能夠與資料庫連結，加上種類繁多的空間分析工具，能夠有效地整合、管理地理資料，增加分析的品質與多元的呈現方式，相比專業的運輸規劃軟體，地理資訊系統在取得及使用上除了方便、容易操作，其應用層面及範圍更加廣泛，地理資訊系統在公車運輸領域應用之相關文獻如下：

Shih-Wen Wu(2019)以公車站牌、公車路線為分析之單元，認為區域內部的站牌及路線數量越大，表示該地區的交通運輸量就越大，而檢視各站牌的路線數與空間位置，則可以找出大台北地區的重要交通節點。此外作者為了解台北市的聚落分布狀況，將公車路線繪製於台北市區道路上製作路線熱度圖，若路線的重疊數量越多，則在地圖上的就越明顯，表示有越高的運輸量，依此找出高需求的地區，判定聚落的分布區域。

陳其華等人(2016)認為若只使用傳統的表格式統計資料展示，僅可獲得各路線的統計數據，缺少站點分佈與公車路線的空間關聯性，因此利用電子票務資料結合地理資訊系統，並以個別路線作為分析單元，透過路線的運量分析，視覺化的方式呈現，找出該路線的主要乘載的區間，了解該路線乘客的主要上下車地點以及不同班次的運量，用於公車路線調整，檢視資料是否符合實際情

況。此外，在站點分析的部分，對於相同的站點可能有多條路線經過，透過電子票務資料，統計各站點的上下車人數，也可以了解每個站點所產生的運量以及上下車比例，進而找出一地區主要的運輸服務區，作為場站、路線調整的依據。

袁文琦(2019)使用動態節點評估算法，對於節點的重要性進行評估，有別於傳統的節點評估方法僅以包含個別公車站點的路段數量及與公車站點相鄰站點的路段數量等靜態屬性資料，動態節點評估多了以單位時間經過的公車數量以及停靠時間等動態資訊，更能夠體現出不同時段公車站點的重要程度，有助於提供其他轉乘工具的班次安排。

張家輔(2013)以減少收費及免費公車路線重疊情況為目的，將公車站牌位置、公車路線、人口數等資料進行數位化後，建立公車路網資料庫，透過地理資訊系統建構公車路網規劃模式，利用服務人口數、服務範圍面積以及路線重疊率等指標作為模式評估之依據。

第二節、公車運輸可及性相關研究

從第一節之文獻回顧中可以發現，地理資訊系統在公車運輸相關研究，分析單元以公車站點以及公車路線為主，且分析方法多從各別的站點或是路線的角度出發，若想要了解整體的交通運輸狀況，應該將區域作為分析單元一起納入討論，而可及性作為量測土地是否通達的指標，適合用於分析運輸系統對於一地交通狀況之影響，蔡京津(2021)指出過往研究在計算可及性時，在方法使用上多以重力模型為大宗，評估的項目包括：距離、旅行時間、金錢成本等等，通常時間與成本會合併計算，若將旅行時間單獨計算，可能提升其參考價值，因此本節將針對公車運輸系統之可及性分析研究進行討論，並將可及性評估方式著重在旅行時間之量測，同時探討國內對於可及性指標之建立方式及背後所代表之意涵。

Lei 與 Church(2010)基於一種尋求最短路徑之演算法——戴克斯特拉演算法

(Dijkstra algorithm)開發了一個 GIS 應用程式，計算在特定時段中，從起點至可到達的所有目的地之旅行時間作為可及性的量測準則，在時間的蒐集上以運輸系統的時刻表為主，分析重要場所到各個區域的旅行難度，並以美國加州聖塔芭芭拉地區為例，由加州大學聖塔芭芭拉分校出發，在 120 分鐘內可到達的所有位置，將其繪製成可及性地圖，並在最後定義了一系列關於交通運輸系統的性能指標，作為公共運輸系統管理者在規劃及改善系統的評估標準。

Tribby 及 Zandbergen(2012)建置了一個基於公車交通運輸網路的模型，以時間作為衡量可及性的重要指標，透過計算旅行時間，量測藉由搭乘公車由起點移動至目的地的交通可及性，其中旅行時間包含移動至公車站的步行時間、等候公車的候車時間、公車在路網上的行駛時間以及轉乘路線的步行時間，並將時段對於公車發車頻率的影響納入考量，依照市中心鄰近住宅至市中心的旅行時間繪製成通勤時間地圖，用於日後新增路線或是公車停靠站對周遭居民的影響評估與增設路線的時間效益。除此之外，在分析的結果中，Tribby 等人發現到缺乏公車專用道的路段，會受到交通壅塞的影響，造成整體旅行時間的提升。

Itzhak 等人(2017)提出一種可及性量測指標，以單獨建物作為空間分析單元，量測私人汽車與公共運輸系統(包含公車、鐵路)的交通可及性，透過 GIS 系統以及圖形資料庫，參考各種運輸工具的時刻表，快速地計算在不同的時段，使用者於有限的時間內(30 分鐘至 1 小時)，可以到達的所有位置，例如：工作場域、醫院、大學、重要的交通運輸節點等等的對象，並將該分析方法用於找出都市內的無障礙工作機會的數量。最後研究結果指出，公共運輸系統確實改善了市區內的可及性，但市區的可及性並非均勻的，在較為老舊的社區中，公共運輸的可及性是降低的，反倒是原先可及性較差或者是開發時間較晚的社區，其可及性提升較為明顯。

Dharmadhikari 與 Lee(2015)透過北達科他州的案例研究，提出一種可應用至公共交通運輸系統、都市規劃的可及性模型，設計了用於衡量公車路線平均

可及性的分析方法，包含旅行至指定地點的可及性和抵達公車站的可及性，並指出上述兩者是相互影響的。研究以北達科他州立大學至市區的超市為例，在公車移動花費時間假設為固定速率，以 1200 英尺(365 公尺)及 2500 英尺(762 公尺)兩個不同的步行距離閾值，繪製成各公車路線至超市的平均可及性地圖，如圖 2-1 所示可及性指標的計算方式為旅行時間內可以到達的超市數量除以起點的人口數，其中旅行時間的計算公式為：

$$Travel_{outbound} = W_{oi} + R_{ij} + W_{jd} = W_{oi} + (R_{ik} + Q_k + R_{kj}) + W_{jd}$$

其中，

$Travel_{outbound}$ = 旅行時間。

W_{oi} = 起點至最近的公車站*i*的步行時間。

R_{ij} = 公車站*i*至目的地*j*的乘車時間。

R_{jk} = 從起始車站至中繼站*k*的乘車時間。

Q_k = 由中繼站*k*至另一臺公車的換乘時間。

R_{kj} = 由中繼站*k*到目的地的公車站*j*的乘車時間。

W_{jd} = 從目的地公車站*j*至目的地*d*的步行時間。

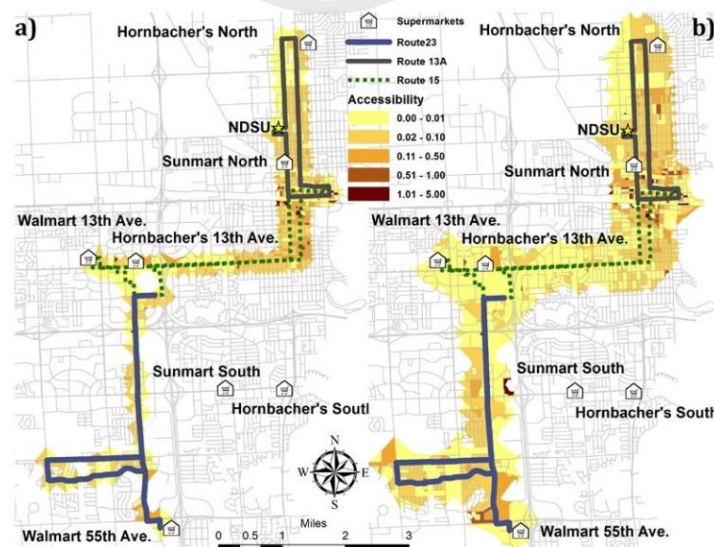


圖 2-1 超市可及性地圖(a)1200 英尺距離閾值，(b)2500 英尺距離閾值。

Han 等人(2019)認為可及性是用於評估使用者透過各種移動方式在交通網路中移動至目的地所遇到的阻隔及困難程度，可以呈現區域的空間結構以及交通網路相互關係的一項重要的評估指標，用於評估區域內的交通資源空間分布情況，並發展了一套建立在剝奪理論以及可及性分析的公共交通資源的空間差異評估方法，其中在可及性分析的部分，該研究提出了一項可及性的評估模型，計算從起始車站至交通分區內其他所有車站的最短旅行時間，並除以自身以外的車站數量，作為該起始車站的時間可及性指標，當中包含公車以及鐵路運輸，當指標數值越低時，即代表總旅行時間越少，可及性就越高，計算方式如下：

$$A_e = \frac{1}{n-1} \sum_{\substack{e=1 \\ e \neq f}}^n (d_{ef})$$

其中，

A_e = 車站 e 的時間可及性。

n = 交通分區內的車站數量。

d_{ef} = 從車站 e 到車站 f 所花費的最短旅行時間。

最後將所有車站的可及性加總後除以車站數量，可以得出各個分區的平均時間可及性，以顯示整體區域的交通資源分布狀況，該指標如下：

$$X_i = \frac{\sum_{e=1}^n A_{ei}}{n}$$

其中，

X_i = 交通分區 i 的時間可及性。

A_{ei} = 交通分區 i 其車站 e 的時間可及性。

n = 交通分區 i 的車站數量。

國內公車運輸可及性相關研究則著重在將可及性的量測作為公車路線調整之指標依據，如盛柏雄(2013)以提升公車運輸系統與其他公共運輸系統之間接

駁狀況為目的，透過地理資訊系統找出臺中市公車運輸系統與 BRT 運輸系統重疊率低於 50% 的公車路線，作為與 BRT 接駁調整路線之對象，藉由電子票證資料分析使用者旅次特性，規劃接駁路線之調整方案，並以調整前後其分區可及性指標評估可及性改善之程度，研究顯示路線調整規範能夠提高路線可及性。

羅仕倫(2007)將過去關於公車捷運系統之研究進行文獻整理，了解該領域之發展過程、經濟效益及路線規劃等面向，並透過分區可及性分析對臺中市公車運輸路網服務績效進行評估，並以交通分區人口數作為交通需求必要性多寡的考量因素，提供臺中市公車捷運系統路網規劃之參考。

蘇昭銘等人(2013)有鑑於公路汽車客運審議決策所使用之輔助資料不足，利用地理資訊系統之分析模組建立八項評估指標，包含路線彎繞度指標、路線行駛時間指標、行政區大眾運輸需求可及性指標以及行政區大眾運輸時間可及性指標等等項目，評估公車路線的停駛與新增對於一地民眾的交通可及性影響程度，作為空間決策輔助之分析工具，在時間可及性指標的建立部分，是以行政區之間大眾運輸旅行時間與最短路徑旅行時間之比值，而大眾運輸旅行時間的計算包含起點至最近站牌之步行時間、車上時間以及站牌至目的地之步行時間總和，若該指標數值越小，則代表行政區之運輸服務越有競爭力。

第三節、交通資料大數據分析

延續前一節之討論，旅行時間作為一種可及性評估指標，如何對旅行時間量測，需要使用哪些資料進行分析，關係到後續研究資料之建立，於是本節將探討具交通性質資料之蒐集方式、應用領域以及分析方法。

大數據(Big data)也被稱作為大資料、巨量資料或者海量資料，其名稱由來自資料量龐大，以致無法使用人工的方式，對資料進行資料清洗(Data clean)、管理、分析等處理，造成資料規模巨大的原因不外乎資料的紀錄對象基數大、資料的記錄頻率高或者資料的種類繁多，這些領域包括氣象觀測、商品行銷、網路社群等，並且隨著資料蒐集技術、工具(感測器、物聯網)的進步，資料量

增長的速度遠高於分析的速度，因此如何有效地從這些龐然大物之中挖掘出有意義的資訊是資料科學家目前共同遇到的難題及挑戰。

現今對於交通資料的大數據分析，一種是針對乘客的旅次、電子票證資料分析，另一種則是針對交通運輸工具本身分析，如 GPS 軌跡、班次等資料，而使用交通大數據的好處則在於能夠在極短的時間將資料記錄並傳輸至管理單位，有利於即時的動態預估以及車輛調度，此外也可以將其保存為歷史資料供後續研究利用。在地理研究方面，則有李舒媛(2018)利用悠遊卡交易紀錄，探討公共自行車與捷運的轉運特性，分析民眾的使用時段、地點、轉乘情況等資訊，配合其他政經資料，找出影響使用者選擇的重要因素；或是，曾怡之(2019)對公共自行車的起迄資料中的使用者騎乘時間進行集群分析，並將站點依照騎乘時間的不同進行分組，了解各集群間的使用模式與空間分布，探討公共自行車在空間中的群聚現象。

電子票證資料有別於以往傳統的抽樣調查，其具有更小的誤差以及更少的分析成本，也由於是機器紀錄，因此無法取得乘客對於搭乘交通工具的感受 (Bagchi & White, 2005)，較適合用來做起訖的分析，例如 Pau (2013)利用澳洲布里斯本乘客上下公車的刷卡紀錄，分析旅行時間，比較不同時段的旅行時間的變化量，設計出一套評比路線流量大小的指標。此外 Rao 等人(2018)認為電子票證中的起訖資料(Origin-destination, OD)能夠反映出乘客的時空分布特性，結合其他公共設施、商圈資料進行視覺化分析，從宏觀的角度探討人流與區域之間的關聯性。

伴隨著感測器技術及功能的發展，大規模、大範圍的 GPS 軌跡資料能夠被記錄，透過 GPS 軌跡資料的分析，能夠分析運輸工具的動態資訊、以及道路的使用狀況，對於了解都市交通的狀態有著顯著的幫助。Fan 等人(2019)處理大量單獨的路徑以及 GPS 點位資料，將分析結果匹配到地圖上，估算美國馬里蘭州道路路網通行車輛的里程數。He 與 Shen (2015)提取計程車的 GPS 軌跡資料，設計出應用於計程車軌跡資料處理及分析流程，在每個階段都可用視覺化

分析檢視，並提出一套路線評估方式，幫助司機找到潛在客戶及最佳路線。

第四節、資料視覺化

資料視覺化(Data visualization)是一門跨學科的應用領域，藉由將原始資料轉換為圖表、圖形、地圖等視覺表現形式，提升對於資料的閱讀及理解能力，迅速找出資料背後的趨勢及意義。舉凡氣象學、經濟學、社會學、運輸管理等不同領域皆有廣泛的應用，任磊等人(2014)則依照資料的特徵將視覺化分析分為四類：文字(Text)、路網(Network)、時空資料(Spatio-temporal data)、多維數據視覺化等類型。

Shneiderman(1996)則根據資料的型態將其分為七種(表 2-1)，以維度作為分類的有一維、二維、三維以及多維度型態資料，另外還有樹狀(tree)、路網、時序資料(Temporal)等資料型態。但不論是應用在何種領域、使用何種資料型態或者何種展示方法，資料視覺化的核心價值及目的就是要能夠更簡單地將想要表達的訊息更簡單的傳達給對方(Kerren.A et al, 2008)。

表 2-1、七種資料型態視覺化。

型態	說明	範例
一維 (1-dimensional)	線性資料(Linear data)類型，常見的有陣列、串列	長條圖
二維 (2-dimensional)	平面資料或地圖資料，坐標軸可以是經、緯度，也可以是兩種屬性資料	平面圖、地圖
三維 (3-dimensional)	現實世界的物體，具有體積；或是由三種屬性資料構成的空間坐標	3D 模型、透視圖
多維度(Multi-dimensional)	具有 n 個屬性資料，通常會透過降維的方式，將資料轉換為二維或三維的形式呈現	二維、三維散佈圖
樹狀(Tree)	階層或樹狀結構資料，具有父項、子項的階層關係	樹狀圖
路網(Network)	具有節點、關聯以及方向性	網狀圖、路網圖
時序(Temporal)	資料具有開始及結束的時間，且資料可能重疊	曲線圖、甘特圖

交通資料主要分為三種類型：事件(Event)、位置(Location)、軌跡(Movement)。基於事件的資料通常由人工紀錄，包含時間、位置和其他的屬性資料；基於位置的交通資料則透過定點的感測器(Sensor)紀錄，紀錄內容有流量、速度等統計資料；最後基於軌跡的交通資料，多由 GPS 設備收集，並透過視覺化的方式呈現運輸工具的軌跡(Wang et al., 2014)。Lau 與 Pan 提出了視覺化的五個步驟如圖 2-2 所示，分別是(一)釐清問題，避免不要的資訊干擾讀者的注意力或思考方向；(二)從基本視覺化開始了解資料，透過長條圖、折線圖、散佈圖等簡單的圖表；(三)辨識視覺化的訊息，了解資料集和變量的意義是什

麼，並產生有用的指標；(四)選擇合適的表現方式，用最適當的圖表呈現想要傳達給讀者的資訊；(五)利用各種方法強調關鍵訊息，顏色、大小、形狀、標籤等方式，都可以有效地吸引讀者的注意，使讀者快速且有效率地找出關鍵訊息。

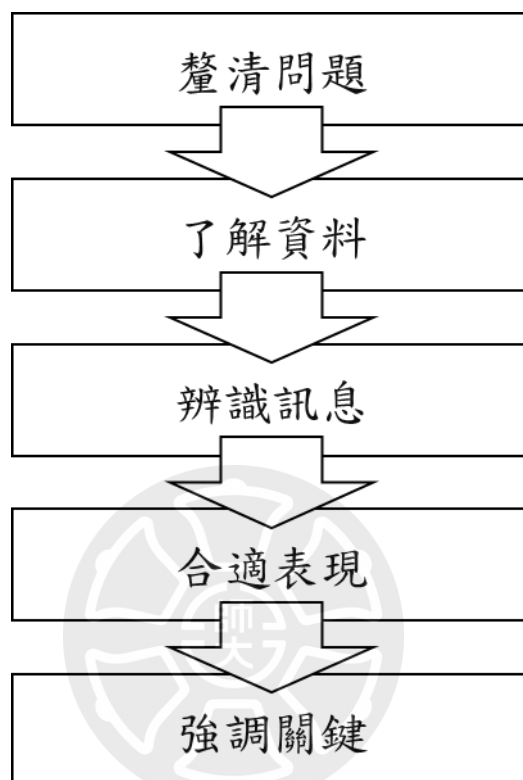


圖 2-2、視覺化步驟圖。

第五節、小結

由本研究文獻回顧可以發現過往在公車運輸可及性量測中，時間是一個重要的因素，主要體現在兩個層面，一個是每一趟旅次花費時間累計的總和，另一個則是時段的影響，在不同的時段中，其可及性並非一成不變的，是隨時間變化而有所差異的，基本上可以將旅行時間拆分為移動至公車站、目的地的步行時間、在公車站等候公車進站的候車時間以及公車在站間移動的行駛時間，若有納入轉乘的情況，則加上換乘的花費時間。

旅行時間作為一種可及性的分析方法，目前國內研究較少直接將旅行時間作為評估可及性之指標，多以分區可及性作為評估公車運輸系統可及性高低的

依據，容易忽略時間帶來的變化，在行駛時間的量測上，受限於資料取得、處理問題，國外的研究以公車時刻表或者是透過路網分析計算，候車的部分則由發車間距時間除以 2 作為等候時間，而較無法反映實際交通狀況。

綜觀上述，本研究欲探討市區公車所建構之交通路網對於臺北市的交通影響，建立可及性分析資料架構，以旅行時間作為可及性的量測方式，並將單位時間內，所能到達的站位數量作為衡量指標，探討臺北市整體之交通可及性態勢，了解各個區域的可及性好壞與交通服務所及之範圍。



第三章、資料庫設計與雛型系統開發

本章共分為四節，第一節說明本研究之系統架構，內容包含資料彼此之間的關聯以及名詞解釋，第二節為資料建立，包含屬性資料的介紹、車機資料的清洗以及整體公車路網的建置，第三節為可及性分析模組的解說，分為行駛時間、候車時間與交通可及性，第四節則是視覺化模組，包含完整的視覺化分析系統的建置過程。

第一節、系統架構

本研究為了提高空間分析之效率以及加快反覆運算步驟，減少人為操作失誤，因此建置了交通可及性分析系統，用以簡化繁瑣的分析運算流程，提供即時、圖形化且操作簡易之分析工具。以 PostgreSQL 資料庫為後端，QGIS 為系統開發之環境，在 QGIS 平台對經處理後之交通資料進行空間分析，並以 Python3.8 的環境下進行大量的資料運算工作，透過 Python 程式語言製作附加元件(Plugin)，並利用 QT Designer 對附加元件介面進行設計，建置交通可及性視覺化分析系統，圖 3-1 為系統運作之示意圖。

使用者介面的功用在於提供使用者方便且快速的圖形化介面，將複雜的程式語言、演算程序簡化為好理解、易操作之按鈕或者選單等直觀的功能，本研究設計之使用者介面，如圖 3-2 所示，相關分析功能會在操作流程的部分進行說明。

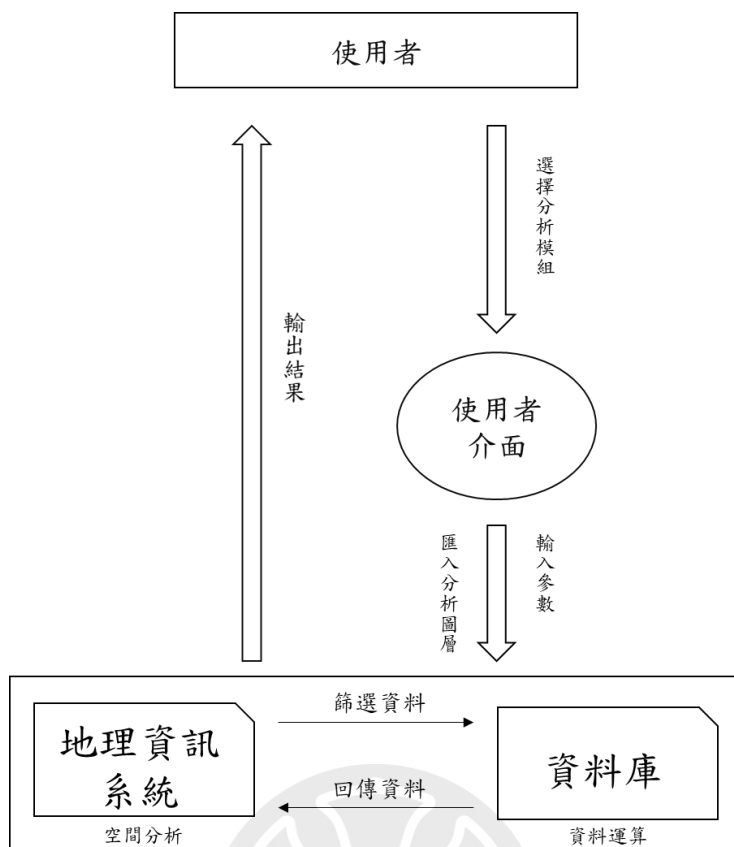


圖 3-1、系統運作示意圖。

The screenshot shows the **bus_plugin** application window. It features three tabs: **站位可及性分析** (Station Accessibility Analysis), **路段流量分析** (Road Segment Flow Analysis), and **交通可及性分析** (Traffic Accessibility Analysis). The **站位可及性分析** tab is active, displaying several input fields and buttons:

- 輸入站位圖層:** A dropdown menu showing **station0507** and a **reload** button.
- 輸入座標:** A text input field and a button with an ellipsis (**...**).
- 輸入分析圖層:** A dropdown menu and a **reload** button.
- 花費時間:** A text input field.
- 步行距離:** A text input field.
- 轉乘步行距離:** A text input field.
- 分析時段:** Four checkboxes for **平日尖峰**, **假日尖峰**, **平日離峰**, and **假日離峰**, along with **start** and **cancel** buttons.

圖 3-2、使用者介面示意圖。

第二節、資料庫設計

資料庫在建置之前，需對資料的結構進行設計，提出合適之資料模式，透過模式的建立，幫助使用者了解資料的邏輯概念與資料特性，對於資料的型態進行規範，確保資料在進入資料庫後能夠保持其完整性，以及彼此之間的關聯性，接著以此模式進行原始資料清洗、處理，產生新的資料格式作為後續分析所用之交通資料庫。

關於資料型態的設計，一般大眾運輸動態饋給規格(General Transit Feed Specification, GTFS)將大眾運輸時刻表以及相關交通地理資訊進行定義，其目的在於透過建立通用的資料格式，將不同的運輸系統資料進行規範，作為運輸管理人員發布運輸資料的準則，方便開發人員利用大眾運輸資料規劃交通方案、開發應用程式等功能(GTFS, 2022)，著名的發展案例為 Google 地圖藉由 GTFS 與世界各地的公共運輸業者合作，共享公共運輸資訊，提供用戶行程計劃、即時交通路況等服務(Google Transit API, 2022)；我國則有公共運輸整合資訊流通服務平臺 (Public Transport Data eXchange，以下簡稱 PTX)其擁有龐大的交通運輸資料，並提供格式一致、標準化以及高效能之動、靜態資訊資料介接服務，作為改善公共運輸服務與增加大眾運輸搭乘收益之用途。(PTX, 2022)

根據上述，本研究蒐集並參考原始公車資料結構以及 GTFS 格式，建立一套針對交通運輸工具可及性分析的資料模型，並依據此資料架構建置公共交通系統資料庫，圖 3-3 為本研究使用之資料庫關聯圖。

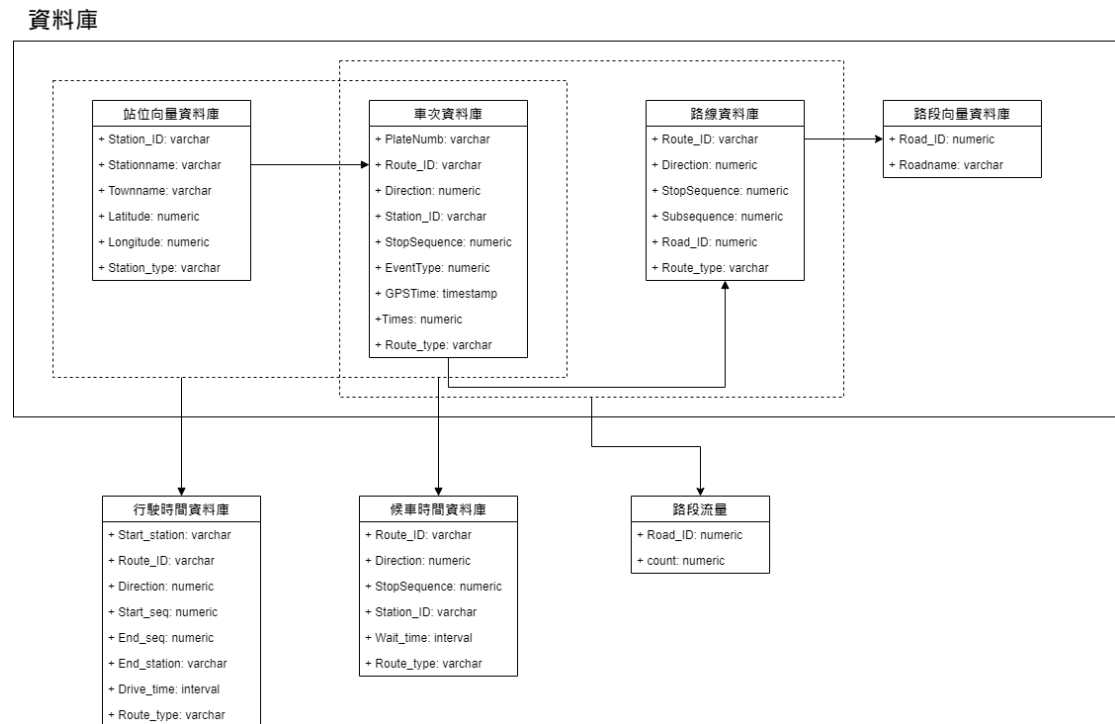


圖 3-3、資料庫關聯示意圖。

(一) 站牌(Stop)：

根據 PTX 對於站牌的定義為，一站牌點位若有多條公車路線行經，而各個公車路線擁有各自站牌桿時，就會有多筆站牌資料(圖 3-4)，每個站牌有分去程或返程，具有方向性。(PTX, 2022)

(二) 站位(Station)：

將道路同側、附近同一集群的站牌聚合過後的抽象點位，用來代表該處公車站位(圖 3-2)並具有方向性(PTX, 2022)，本研究後續分析使用之點資料以站位為主。

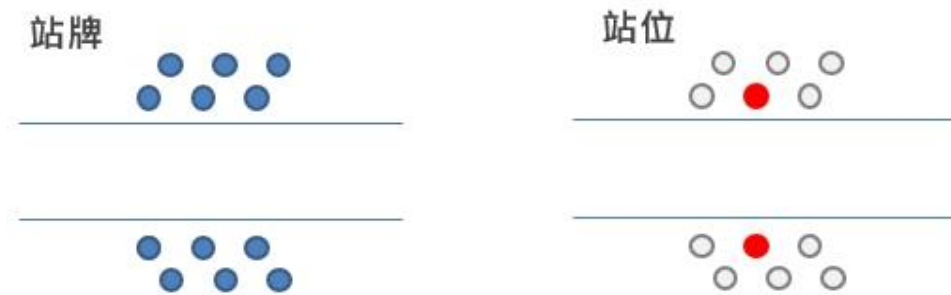


圖 3-4、站牌及站位概念圖。

(三) 路段 (Road Segmentation)：

依交通部訂定之資料標準「交通資訊基礎路段編碼規範」，是資訊應用需求將實體路網切分成多個「路段(Link)」，為交通資訊路況資訊的基本單位(運輸資料流通服務, 2022)。本研究參考路段資料標準並將公車路網以路段的形式儲存，如圖 3-5 所示。

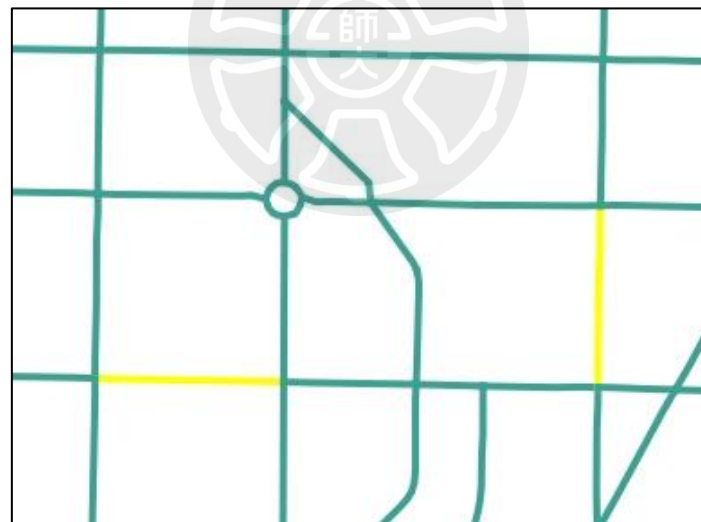


圖 3-5、路段示意圖。

(四) 路線(Route)：

公車路線之軌跡資料，每一條公車路線皆為獨立之線段向量資料，經本研究處理後，可製作成路段資料。

(五) 子路線(Subroute)：

若公車路線中有支線行經其他站點，則會以子路線做區隔，如 645 公車

有分行經三總或不經三總，此時 RouteUID 仍為 TPE10461 但子路線 (SubRouteUID)則有 TPE104610 及 TPE155949 兩種。

(六) 車次(Times)：

原始車機資料並沒有識別該筆資料為當日該路線之發車順序，為了辨別每一條路線是否有缺漏、重複紀錄等問題，本研究將車機資料進行車次的編碼。

第三節、資料庫建立

一、原始資料

本研究所使用之公車歷史資料詳細之介紹如下：

(一) 臺北市區公車車機資料(A2)：

臺北市區公車車機資料由交通部數據會流平臺(圖 3-6)提供，屬公共運輸旅遊資料系統之涵蓋範圍，為公路運輸運具類別中的市區公車類型，依其運輸特性被分類為動態屬性資料，用以說明行駛車輛執行勤務時，停靠各車站回傳之資料，屬於定點資料。

公車車機資料中，其屬性資料包含站牌唯一識別碼、車牌號碼、子路線唯一識別碼、去返程、站序，進出站紀錄，車機資料紀錄時間等內容(表 3-1)，並沒有公車路線的行駛路徑，須要經過路段轉換處理才能夠以線資料型態顯示。在 GTFS 的資料格式中，則以路線、站牌、站序、行程方向、車輛代碼、抵達站牌時間以及駛離站牌時間作為公車停靠時間資料的基本構成要件，兩者之間的差異在於時間的紀錄方式，交通部所提供的車機資料將進站及出站資訊分別獨立紀錄，GTFS 則是將其記錄在同一筆資料當中，雖然在資料的儲存上，GTFS 的資料格式較為簡潔，但原始的車機資料格式在後續的資料處理上較為便利，除此之外，其他屬性欄位則大同小異，因此本研究參考兩者資料格式，將車牌號碼、路線、站牌、站序、方向、車機時間作為車次資料的必要欄位資

訊，並以臺北市區公車資料作為範例，驗證此資料架構以及研究方法的通用性。

本研究使用資料之時間區間為 2018 年 7 月 1 日至 2018 年 7 月 31 日，檔案儲存格式為逗號分隔值（Comma-Separated Values，CSV，或稱為字元分隔值）。



圖 3-6、交通部數據匯流平臺。

表 3-1、臺北市市區公車車機資料結構表。

欄位名稱	型態	說明
PlatNumb	varchar	車牌號碼
OperatorID	varchar	營運業者代碼
SubRouteUID	varchar	子路線唯一識別碼
RouteUID	varchar	路線唯一識別碼
Direction	numeric	方向，分為去、返程
StopSequence	numeric	站序
StopUID	varchar	站牌代碼
StopNameZH	numeric	站牌名稱
A2EventType	numeric	進站出站資訊
GPSTime	timestamp	車機時間

（二）臺北市區公車路線站牌資料(表 3-2)：

由公共運輸整合資訊流通服務平臺提供，資料屬性包含：站牌唯一識別碼、站牌名稱、去返程、站牌所屬站位識別碼、經度、緯度。該筆資料具有具備方向性。

表 3-2、臺北市市區公車路線站牌資料結構表。

欄位名稱	型態	說明
SubRouteUID	varchar	子路線唯一識別碼
Direction	numeric	方向，分為去、返程
StopSequence	numeric	站序
StopUID	varchar	站牌唯一識別碼
StopNameZH	varchar	站牌名稱
PositionLat	numeric	站牌緯度
PositionLon	numeric	站牌經度
StationUID	varchar	站牌所屬站位識別碼

(三) 臺北市市區公車站位資料(表 3-3)：

由公共運輸整合資訊流通服務平台提供，資料屬性包含：站位識別碼、站位名稱、經度、緯度、鄉鎮市名稱。該筆資料具有地理資訊但不具備方向性。

表 3-3、臺北市市區公車路線站位資料結構表。

欄位名稱	型態	說明
StationUID	varchar	站牌所屬站位識別碼
StationNameZH	varchar	站位名稱
StopUID	varchar	站牌代碼
StationLat	numeric	站位緯度
StationLon	numeric	站位經度
Townname	varchar	鄉鎮市名稱

(四) 臺北市區公車路線資料(表 3-4)：

本資料為開放資料，由臺北市交通局所提供，內容包含子路線唯一識別碼、路線軌跡資料，軌跡資料為路線節點座標，路線本身不具方向性。

表 3-4、臺北市市區公車車機資料結構表。

欄位名稱	型態	說明
SubrouteUID	varchar	子路線代碼
Line_string	varchar	路線軌跡資料

(五) OpenStreetMap 道路資料(表 3-5)：

OpenStreetMap 所提供之開放向量線資料，內容包含道路的 OSM 識別碼、路段名稱、路段種類等等資訊。

表 3-5、OSM 道路資料結構表。

欄位名稱	型態	說明
OSM_ID	numeric	道路識別碼
Highway	varchar	道路類別
name	numeric	道路名稱

(六) 臺北捷運路線資料(表 3-6)：

臺北捷運路線資料為臺北捷運公司公布之站間行駛時間資料以及各站之候車時間資料，本研究將其藉由設計完成之架構，建立捷運路線行駛、候車時間資料，用於後續交通可及性分析，內容包含捷運路線、捷運站、方向、站序、行駛時間、候車時間等資訊。

表 3-6、臺北捷運路線資料結構表。

欄位名稱	型態	說明
Route_ID	varchar	路線代碼
Direction	numeric	方向
StopSequence	numeric	站序
Station_ID	varchar	站位代碼
Drive_time	interval	行駛時間
Wait_time	interval	候車時間

二、資料庫架構

針對清洗後的資料進行屬性資料的新增及篩選，分別建立站位向量資料庫、車機資料庫、路線向量資料庫、路段資料庫等四個資料庫，作為完整之資料庫模型，以下為各個資料結構的詳細說明：

（一）車次資料庫(表 3-7)：

結合車機資料及站牌資料，產生新的車次資料庫，將原先的站牌代碼改為站位代碼，刪除了營運業者資訊，並新增了屬性資料車次以及路線類別，車次建立的目的是在於進行資料處理時，能夠識別每一筆車機資料屬於當天的哪一班車，才能夠判斷是否資料有重複或者缺漏等問題發生，關於車次的生成方式，在車機資料清洗部分會有詳細的說明，路線類別則是為了區分該路線係屬於何種交通運輸工具。

表 3-7、車次資料庫結構表。

欄位名稱	型態	說明
PlatNumb	varchar	車牌號碼
Route_ID	varchar	路線代碼
Direction	numeric	方向
StopSequence	numeric	站序
Station_ID	varchar	站位代碼
EventType	numeric	進出站資訊
GPSTime	timestamp	車機時間
Times	numeric	車次
Route_type	varchar	路線類別

(二) 路線資料庫(表 3-8)：

結合車機資料及路線資料，產生新的路線資料庫，除了原先既有的子路線代碼，增加了方向、站序以及子站序、路段代碼兩個新增的屬性資料，作為車機資料與路段向量資料之間的中繼資料庫，與車機資料之間的關聯以路線代碼、方向以及站序作為「複合主鍵」。

表 3-8、路線資料庫。

欄位名稱	型態	說明
Route_ID	varchar	路線代碼
Direction	numeric	方向
StopSequence	numeric	站序
Subsequence	numeric	子站序
Road_ID	numeric	路段代碼

(三) 站位向量資料庫(表 3-9)：

保留原先站位資料中的站位代碼、站位名稱、站位經、緯度以及所屬的鄉鎮市名稱，並將經、緯度屬性資料藉由地理資訊系統轉換為向量點資料。

表 3-9、站位向量資料庫。

欄位名稱	型態	說明
Station_ID	varchar	站位代碼
Stationname	varchar	站位名稱
Townname	varchar	鄉鎮市名稱
Latitude	numeric	站位緯度
Longitude	numeric	站位經度
Station_type	varchar	站位類別

(四) 行駛時間資料庫：

行駛時間資料庫的屬性資料包含起始、終點站位之站序及站位代碼以及各站之間的行駛時間(drive_time)，表 3-10 為屬性資料表，說明各欄位的資料型態及意義，圖 3-7 為資料庫示意圖。

表 3-10、行駛時間屬性資料表。

欄位名稱	型態	說明
Start_station	varchar	起始站位代碼
Route_ID	varchar	路線代碼
Direction	numeric	方向
Start_seq	numeric	起始站序
End_seq	numeric	結束站序
End_station	varchar	結束站位代碼
Drive_time	interval	行駛時間
Route_type	varchar	路線類別

	start_station character varying	route_id character varying	direction numeric	start_seq numeric	end_seq numeric	end_station character varying	drive_time interval	route_type text
1	TPE3534	TPE10283	0	1	1	TPE3534	00:00:37.5082...	bus
2	TPE3534	TPE10283	0	1	2	TPE30018	00:00:12.5005...	bus
3	TPE3534	TPE10283	0	1	3	TPE3536	00:00:25.6253...	bus
4	TPE3534	TPE10283	0	1	4	TPE3535	00:00:11.5724...	bus
5	TPE3534	TPE10283	0	1	5	TPE3528	00:00:54.7535...	bus
6	TPE3534	TPE10283	0	1	6	TPE30032	00:00:13.7698...	bus
7	TPE3534	TPE10283	0	1	7	TPE30031	00:00:09.1852...	bus
8	TPE3534	TPE10283	0	1	8	TPE30030	00:00:23.439	bus
9	TPE3534	TPE10283	0	1	9	TPE30029	00:00:14.6992...	bus
10	TPE3534	TPE10283	0	1	10	TPE30028	00:00:17.3701...	bus
11	TPE3534	TPE10283	0	1	11	TPE30044	00:00:16.8091...	bus
12	TPE3534	TPE10283	0	1	12	TPE30041	00:00:26.7405...	bus
13	TPE3534	TPE10283	0	1	13	TPE30008	00:00:42.29383	bus

圖 3-7、行駛時間資料庫示意圖。

(五) 候車時間資料庫：

候車時間資料庫的屬性資料包含各站位基本屬性資料以及按行駛路線有所不同的候車時間(wait_time)，表 3-11 為屬性資料表，說明各欄位的資料型態及意義，圖 3-8 為資料庫示意圖。

表 3-11、候車時間屬性資料表。

欄位名稱	型態	說明
Route_ID	varchar	路線代碼
Direction	numeric	方向
Stopsequence	numeric	站序
Station_ID	varchar	站位代碼
Wait_time	interval	候車時間
Route_type	varchar	路線類別

	route_id character varying	direction numeric	stopsequence numeric	station_id character varying	wait_time interval	route_type text
1	TPE10283	0		1 TPE3534	00:02:35	bus
2	TPE10283	0		2 TPE30018	00:02:34	bus
3	TPE10283	0		3 TPE3536	00:02:34	bus
4	TPE10283	0		4 TPE3535	00:02:34	bus
5	TPE10283	0		5 TPE3528	00:02:34	bus
6	TPE10283	0		6 TPE30032	00:02:33	bus
7	TPE10283	0		7 TPE30031	00:02:33	bus
8	TPE10283	0		8 TPE30030	00:02:33	bus
9	TPE10283	0		9 TPE30029	00:02:32	bus
10	TPE10283	0		10 TPE30028	00:02:31	bus
11	TPE10283	0		11 TPE30044	00:02:30	bus
12	TPE10283	0		12 TPE30041	00:02:30	bus
13	TPE10283	0		13 TPE30008	00:02:30	bus

圖 3-8、候車時間資料庫示意圖。

(六) 路段向量資料庫(表 3-12)：

將原始的路線資料經過處理後，產生路段向量資料庫，屬性資料包含路段代碼以及路段所屬的道路名稱，製作流程在路段處理的部分會有詳細的說明。

表 3-12、路段向量資料庫結構表。

欄位名稱	型態	說明
Road_ID	varchar	路段代碼
Roadname	varchar	路段名稱

三、建立車次資料

車機資料在導入資料庫後，由於原始資料有許多因各種因素導致資料缺失(data missing)、重複記錄、進站順序顛倒等情況發生，若直接使用未經處理的資料進行分析，會導致分析結果失真。

在原始的車機資料庫中，包含了每一筆車機資料所屬的路線以及行駛車輛資訊可供識別，然而卻沒有提供與「車次」概念相關的資訊，若要解決上述所提出的問題，需要分辨出每一筆車機資料當日是由「哪一輛公車」在「哪一條路線」執行「第幾班車次」勤務時所記錄的，才能夠明確地找出哪一班車次的車機資料有缺漏、重複等現象的發生，需要進行重複紀錄的刪除或者資料缺漏的插補動作，因此本研究將取得之車機資料進行處理，包含以下步驟：

1. 將車機資料進行車次排序，以便識別同一車次中是否有進站順序顛倒以及重複紀錄之情形。
2. 刪除因 GPS 訊號飄移或訊號不良產生之站序異常資料，使行徑軌跡依照正常路線順序進行。
3. 刪除重複紀錄之車機資料，避免分析時，重複計算。
4. 刪除營運時間過長或過短之異常車次資料，避免後續計算時，受極端值

影響。

5. 插補缺漏資料，確保每一趟車次資料之完整性。

以下為車機資料清洗流程之詳細說明：

（一）車次排序：

首先須將車機資料依照子路線識別碼、車牌號碼、車機時間、站序、進出站等欄位進行排序，利用 SQL 語言的 lag 函數求取前一筆資料之子路線代碼、車牌號碼、方向、站序，若該筆資料的子路線代碼、車牌號碼以及方向皆與上一筆資料相同，且站序大於前一筆站序，則將其視為同一車次(N)；若子路線代碼、車牌號碼其中一項不同時，為新的車牌號碼編輯新的車次(N=1)，若前兩項相同但方向不同時或者站序小於上一筆之站序時，則延續該車牌號碼的車次數(N+1)，圖 3-9 為車次編碼流程示意圖。

此外，在日期方面，由於公車在營運的過程中，會遇到跨日的問題，若在處理車機資料時，直接以午夜十二點作為資料切割的斷點，會造成部分車次不完全的狀況發生，本研究在處理車機資料的過程中，發現公車業者通常營運至凌晨兩點至三點之間，並在凌晨四點之後才會重新發車，因此本研究將車機資料分批清洗，每一次清洗的時間範圍從凌晨四點至次日凌晨四點為止。

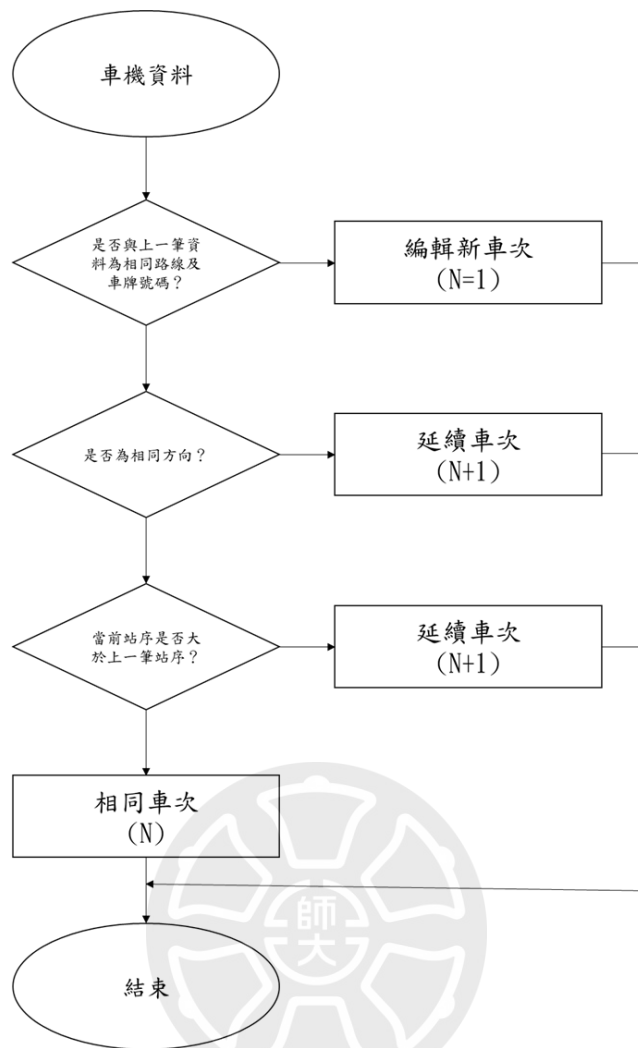


圖 3-9、車次編碼流程示意圖。

(二) 刪除站序異常資料：

編排完車次之後，需刪除各種異常的車機資料，由於車機資料的紀錄是以車載裝置將 GPS 位置、進、出站及車機時間等資料傳送至演算中心，若公車行駛途中受到遮蔽物、訊號不良或是站牌與站牌之間過於靠近等因素的干擾，都有可能造成車機資料的缺漏、重複紀錄或是站序異常等問題發生。

為了避免因站序異而使原本為同一車次的資料被劃分為兩趟不同的車次，所產生車次編碼不正確的問題，須利用 lag 以及 lead 函數，求得每一列前、後一筆資料的子路線識別碼、車牌號碼、方向、站序，並以前、後一筆之路線識別碼、車牌號碼、方向相同以及後一筆站序大於等於前一筆

站序且當前站序小於前一筆站序或大於後一筆站序的條件進行篩選，並予以刪除。如(圖 3-10)所示，該路線的站序出現錯置的情形，站序 25 夾在兩筆站序 24 中間，須以後一筆站序大於等於前一筆站序且當前站序大於後一筆之站序。

	subrouteid character varying	platenumb character varying	direction numeric	azeventype numeric	stopsequence numeric	gpstime timestamp without time zone	times numeric
709	TPE102330	165-FQ	1	0	21	2018-07-01 22:40:47	16
710	TPE102330	165-FQ	1	1	22	2018-07-01 22:41:17	16
711	TPE102330	165-FQ	1	0	22	2018-07-01 22:42:17	16
712	TPE102330	165-FQ	1	1	23	2018-07-01 22:42:37	16
713	TPE102330	165-FQ	1	0	24	2018-07-01 22:43:29	16
714	TPE102330	165-FQ	1	1	25	2018-07-01 22:43:30	16
715	TPE102330	165-FQ	1	1	24	2018-07-01 22:43:58	17
716	TPE102330	165-FQ	1	0	24	2018-07-01 22:44:00	17
717	TPE102330	165-FQ	1	1	25	2018-07-01 22:44:43	17
718	TPE102330	165-FQ	1	0	25	2018-07-01 22:45:00	17
719	TPE102330	165-FQ	1	0	26	2018-07-01 22:45:42	17
720	TPE102330	165-FQ	1	1	27	2018-07-01 22:47:52	17

圖 3-10、站序異常示意圖。

(三) 刪除重複資料：

刪除完順序異常之資料後，須再次進行車次排序，接著刪除因公車閒置而產生的重複進、出站資料。將子路線識別碼碼、車牌號碼、方向、進出站、站序、車次等欄位為一組別進行分組(group by)，並利用 count 函數，計算每一個車次的站牌進、出站資料數量，篩選數量大於 1 的資料連接(join)原資料，將重複的資料依子路線識別碼、車牌號碼、方向、進、出站、站序等於上一筆資料的條件進行刪除，若重複站序為該車次的首個站序則以相同的欄位等於下一筆資料的條件進行刪除。此外，車機資料還可能出現相同站序但出站紀錄要早於進站紀錄的情形，利用子路線代碼、車牌號碼、方向、站序以及進、出站紀錄與後一筆資料相同，並且該筆資料為出站，後一筆資料為進站之條件，進行篩選並刪除。

(四) 刪除極端值：

檢視各車次的資料完整程度、平均行駛時間、行駛時間中位數、行駛時間標準差等基本統計資訊。檢視結果，發現部分車次的行駛時間過短或過長，過短的原因可能為該車次的車機資料缺失嚴重、車機記錄到非營運

時間的行駛資訊或是去、返程的狀態未及時轉變而產生的零星紀錄，解決方法以車次的資料完整程度作篩選標準，低於七成的資料，不予採用；過長的行駛時間的產生則有公車故障、前後車次的車機資料為同一行駛方向，且車機資料不全，使模型判定為同一次車次或是公車在結束上一趟的任務後，相隔一段時間重新營運後，考慮正常狀態下，公車行駛時間不會超過 3 小時，利用行駛時間大於 3 小時的條件，篩選並剔除。

(五) 插補缺失資料：

車機資料的插補分為站序及車機時間兩個部分，首先依照各路線的不同建立完整的站序資料，欄位包含進出站及完整站序，接著利用連接將完整的站序插入即可填補缺漏的站序資料，如圖 3-11 所示，該路線的第一趟車次經過資料表連接之後，即可找出缺少的 3、7、9 站，並將其補齊。車機時間的插補則以缺漏資料的前、後一筆資料車機時間之平均間隔，圖 3-12 為範例說明，在站序 2 的進站時間為空值，為補齊該時間，以站序 1 的出站時間及站序 2 的出站時間相減後，即時間差為 3 分鐘，再將 3 分鐘除以 2 為 1 分 30 秒，並加入站序 1 的出站時間得到 2018-07-01 07:03:00 插補至站序 2 的進站時間。

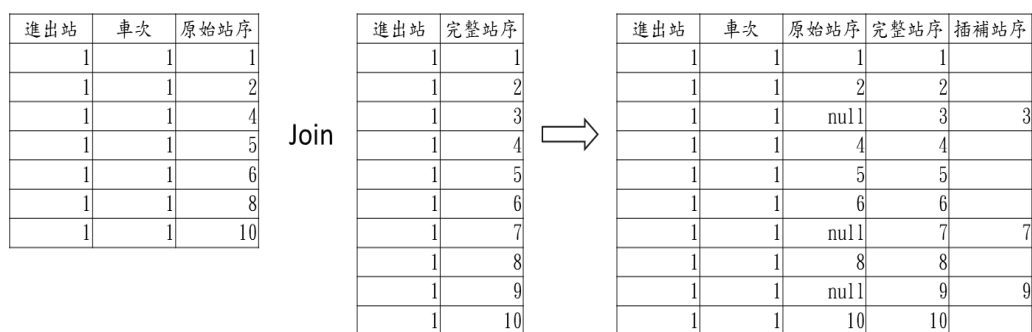


圖 3-11、站序插補示意圖。

進出站	站序	車機時間	插補時間
1	1	2018-07-01 07:00:15	
0	1	2018-07-01 07:01:30	
1	2	null	2018-07-00 07:03:00
0	2	2018-07-01 07:04:30	
1	3	2018-07-01 07:06:23	
0	3	2018-07-01 07:07:00	
1	4	null	2018-07-00 07:07:30
0	4	2018-07-01 07:08:00	
1	5	2018-07-01 07:09:47	
0	5	2018-07-01 07:11:21	

圖 3-12、車機時間插補示意圖。

四、建立路段資料

為了計算公車在單位時間內，經過每一條路段的頻率，須將臺北市公車路線資料轉換為道路分段，建立公車運輸路網，如圖 3-13 所示，紅色線段為路線向量資料，綠色線段為路段向量資料，處理過程包含以下步驟：

1. 利用公車路線資料製作道路分段，作為公車路網架構。
2. 將路段賦值，對應至實際道路名稱。

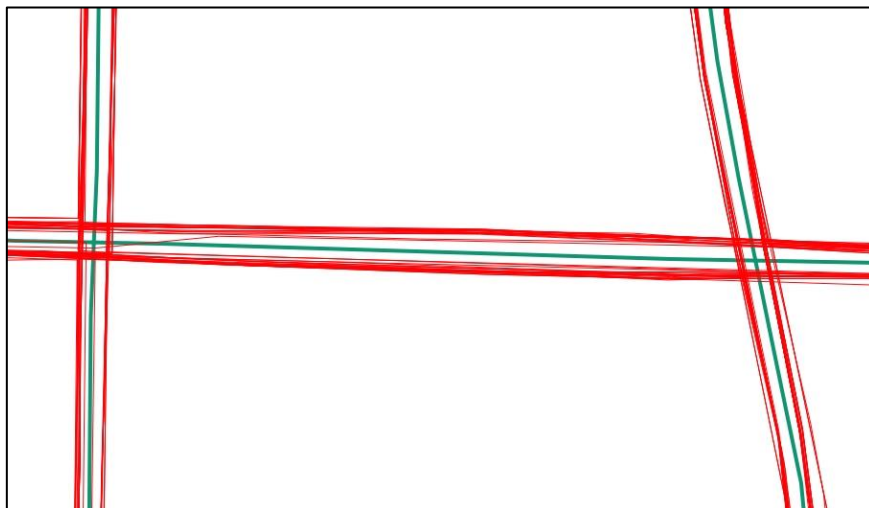


圖 3-13、路線及路段示意圖

市區公車路線的軌跡資料取自於 PTX 資料平台提供之「臺北市市區公車線

型資料服務」，如圖 3-14 所示，欄位 line_string 為公車路線的軌跡節點座標，以下為路段處理流程之說明：

	subrouteuid character varying	line_string character varying
1	TPE11421	LINESTRING (121.434797 25.032658, 121.438791 25....
2	TPE158475	LINESTRING (121.43577924995 25.0755041822074, ...
3	TPE157798	LINESTRING (121.43577924995 25.0755041822074, ...
4	TPE109610	LINESTRING (121.458283334102 24.9718809958174,...
5	TPE10726	LINESTRING (121.48840081764 25.0322423425887, ...
6	TPE158149	LINESTRING (121.530450867176 25.0671194246209,...
7	TPE155875	LINESTRING (121.53850754659 25.1703025620066, ...
8	TPE10721	LINESTRING (121.544684469422 25.0014765681346,...
9	TPE108480	LINESTRING (121.551249298865 25.0721559992622,...
10	TPE108720	LINESTRING (121.573766 25.031856, 121.573819352...

圖 3-14、臺北市市區公車路線軌跡資料示意圖。

(一) 道路分段：

將公車路線軌跡資料匯入 QGIS，將字串轉換為線性資料，並進行環域分析(Buffer)，產生 50 公尺的公車路線緩衝區向量面資料(Polygon)，之後將所有緩衝區進行融合(Dissolve)，使所有緩衝區轉變為單一面圖徵。

接著使用 QGIS 附加元件 Geometric Attributes 所提供的向量工具中心線(Centerlines)，將面資料轉換為線資料，產出公車路網線性資料，利用線分段(Explode lines)工具，對公車路網資料進行分段處理，使路網被細切成數個路段，並賦予每個路段單獨的代碼。

(二) 路段賦值：

為了讓各個路段對應至現實道路並賦上道路名稱，將路段圖層套疊 OpenStreetMap 的道路向量圖層，透過空間連結(Join Attributes by location)，將道路名稱連結至公車路段圖層。

五、建立路線資料

製作完路段資料後，若要了解每一條線經過哪些路段，需要將各別路線進行處理，除了將路線行經路段之路段進行選取，為了清楚識別路線經過之

順序，還必須對選取之路段進行編碼。路線處理過程包含下列步驟：

1. 利用路線線性資料選取行經之路段。
2. 將站位接合至鄰近路段，表示站位停靠之路段。
3. 將路線資訊連結至已接合之路段。
4. 找出未有站位設置之路段。
5. 對站間路段進行子站序編碼，識別路段行經順序。

以下為路線處理流程之詳細介紹：

(一) 選取路線通過之路段：

將單獨的公車路線線性資料進行環域分析，產生 30 公尺的緩衝區，接著利用空間選取(Select By Location)工具挑選與緩衝區重疊(Overlap)的路段圖徵，並輸出成單一路線圖層，如圖 3-15 所示，紫色為公車路線 30 公尺緩衝區，黃色部分為選取之路段。



圖 3-15、選取路段示意圖。

(二) 站位接合：

依照每條公車路線不同將各路線的站位點資料接合(Snap geometries to layer)至相鄰之路段上，使每個站位皆可獨立對應一個路段圖徵，如圖 3-16 所示，綠色點為原始站位，紅色點為已黏貼至路段的公車站位，藍

色線段則為路段。

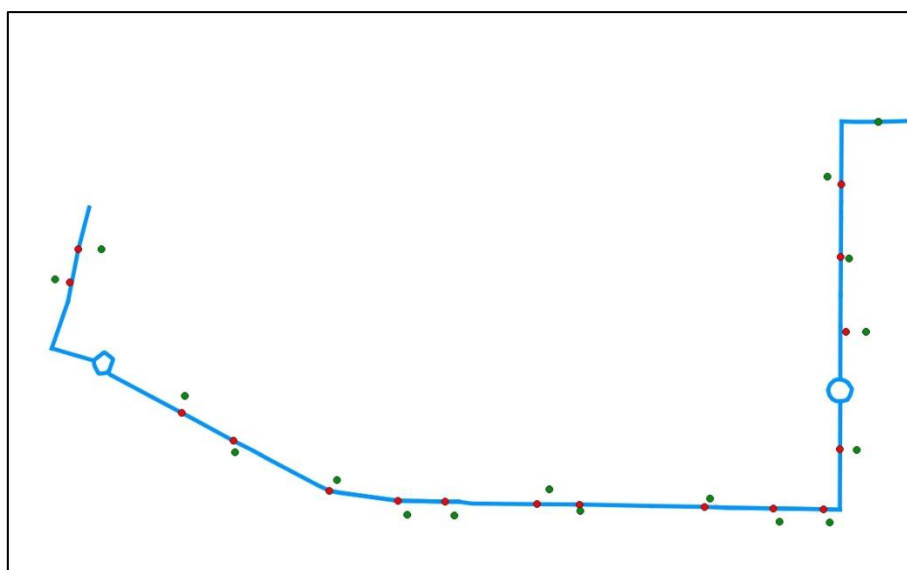


圖 3-16、站位點圖徵黏貼至路段示意圖。

(三) 屬性連結：

利用空間連結將公車站位的屬性資料連結至與其相交(intersect)的路段，表示當車機資料記錄到該站位時，公車通過了該站位所處之路段(黃色路段)。圖 3-17 則為連結後的屬性表，此外在圖 3-18 中，與點資料有相交的路段皆連結至相對應的站序，屬於藍色的部分，若顯示為空值，則表示沒有站位位於該路段，屬於公車行駛途中所經過的路段為黃色路段。

	subrouteuid	stationuid	direction	stopnamezh	stopsequence	road_id
1	TPE159235	TPE1884	1	臺北車站(公園)	1	1394
2	TPE159235	TPE1994	1	捷運台大醫院站	2	1408
3	TPE159235	TPE1946	1	中正紀念堂	3	494
4	TPE159235	TPE2125	1	信義杭州路口	4	547
5	TPE159235	TPE6940	1	捷運東門站	5	600
6	TPE159235	TPE2116	1	信義永康街口(...	6	646
7	TPE159235	TPE2133	1	信義新生路口	7	646
8	TPE159235	TPE1000057	1	捷運大安森林...	8	1983
9	TPE159235	TPE2127	1	信義建國路口	9	1694
10	TPE159235	TPE1000109	1	捷運大安站(信義)	10	1641
11	TPE159235	TPE2112	1	信義大安路口	11	775
12	TPE159235	TPE2286	1	信義敦化路口	12	775

圖 3-17、連結後之路段屬性表。

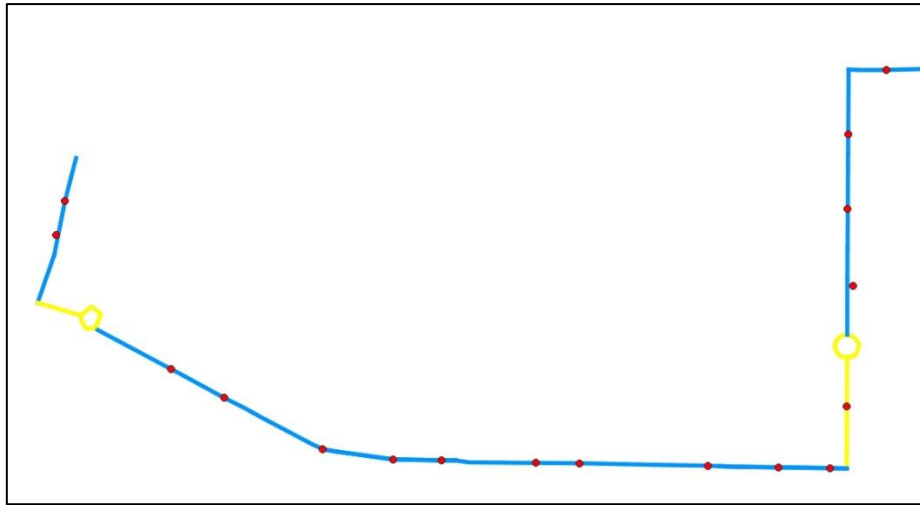


圖 3-18、未連結之路段示意圖。

(四) 站間路段處理：

將兩站之間未有停靠之路段輸出獨立圖層，並將相鄰的空值路段選取為同一集合，接著將各路段的集合與已有站位資料的路段進行空間選取，與集合相交的路段即為該集合的起始站位與結束站位，如圖 3-19 所示，黃色路段為空值路段的集合，空值路段與相交之紅色路段分別代表站序 2 及 3 的所在路段，代表該集合為公車於站序 2 出站後至站序 3 進站前，所經過之路段。

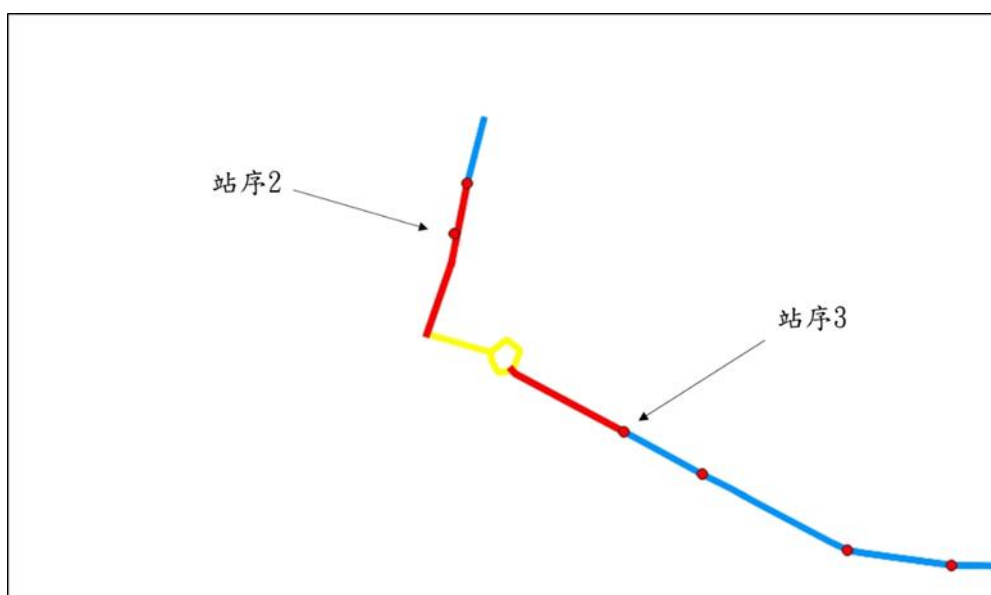


圖 3-19、路段集合示意圖。

（五）站間路段編碼：

接續上一流程，以起始站位所在之路段對該集合進行空間選取，依照選取的先後順序對空值的路段進行站間的順序編碼，並將編碼結果紀錄在在空值路段新增的屬性「子站序」中，用於判斷公車經過之順序，圖 3-20 為路段編碼之示意圖，在站序 2 與站序 3 中間有兩個未與站位相交的路段，由站序 2 所在之路段開始進行空間選取，首個選取的路段標記為子站序 1，接著由子站序 1 再次選取，此時選取到的路段即為子站序 2。圖 3-21 為編碼完成之路段屬性表，包含子路線代碼、站位代碼、站名、站序、子站序、路段代碼等欄位資訊。

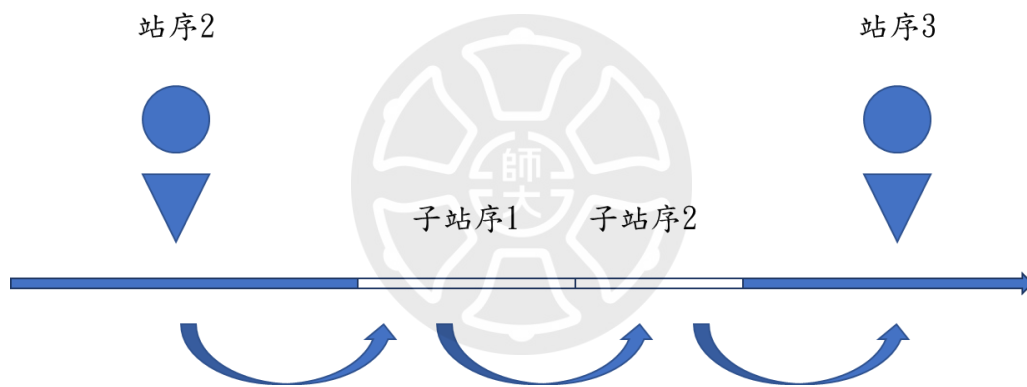


圖 3-20、子站序編碼示意圖。

TPE159235_1 — Features Total: 50, Filtered: 50, Selected: 2

	subrouteuid	stationuid	direction	stopnamezh	stopsequence	Subsequence	road_id
1	TPE159235	TPE1884	1	臺北車站(公園)	1	0	1394
2	TPE159235	TPE1994	1	捷運台大醫院站	1	1	1409
3	TPE159235	TPE1994	1	捷運台大醫院站	2	0	1408
4	TPE159235	TPE1994	1	捷運台大醫院站	2	1	1341
5	TPE159235	TPE1994	1	捷運台大醫院站	2	2	2455
6	TPE159235	TPE1946	1	中正紀念堂	3	0	494
7	TPE159235	TPE2125	1	信義杭州路口	4	0	547
8	TPE159235	TPE6940	1	捷運東門站	5	0	600
9	TPE159235	TPE2116	1	信義永康街口(...	6	0	646
10	TPE159235	TPE2133	1	信義新生路口	7	0	646
11	TPE159235	TPE1000057	1	捷運大安森林...	8	0	1983
12	TPE159235	TPE2127	1	信義建國路口	9	0	1694

顯示所有圖徵

圖 3-21、已完成編碼之路段示意圖。

第四節、可及性分析模組

對比文獻回顧中的可及性相關研究，在分析資料的使用上，多以運輸系統的時刻表取得候車時間(Lei & Church, 2010; Itzhak et al., 2017)，以移動距離除以固定速率的方式求取行駛時間(Dharmadhikari & Lee, 2015)，作為旅行時間計算的參考依據，然而使用時刻表的資訊可能會有時間精度以及實際行駛狀況是否時刻表進行等問題產生，行駛時間以距離除以速率的方式則未考慮到實際路況對於每一班車次的影響，例如：紅綠燈、道路壅塞程度都會造成行駛時間的增加，與真實的情況有所差異。

有鑑於上述所言，本研究使用由車載裝置所確切紀錄的車機資料進行計算，建立行駛時間以及候車時間資料庫，並依此進一步開發為交通可及性分析模組，可以進行包含站位可及性分析以及交通可及性分析。此外，路段流量分析模組，是以車次資料進行計算，可以對交通路網進行路段流量分析，以下為各模組之詳細說明：

一、行駛時間

行駛時間之計算，首先選取欲分析時段各路線所有公車的車機資料，計算

每一趟車次站間的平均時間差，即進站時間減去前一站之離站時間，並將所有車次的時間差加總，除以分析時段的行經次數，求取平均值作為行駛時間，公式如下：

$$T_D = \frac{\sum_{i=1}^n S_n - S_{n-1}}{n}$$

其中，

T_D ：平均行駛時間。

S_n ：當前進站時間。

S_{n-1} ：前一站進站時間。

n ：車次數。

二、候車時間

候車時間的計算，首先提取分析時段各路線所有公車的車機資料，計算每一路線單一站位的平均進站時間差，即當前進站公車的進站時間減去前一班公車的進站時間，並將所有車次的時間加總，除以分析時段各路線行經站位的次數，再除以 2 作為各路線在不同站位的候車時間，公式如下：

$$T_w = \frac{\sum_{i=1}^n S_n - S_{n-1}}{n}$$

其中，

T_w ：平均候車時間。

S_n ：當前進站時間。

S_{n-1} ：前一筆進站時間。

n ：車次數。

三、路段流量

路段流量的計算，首先選取分析時段各路線每日之車機資料，接著計算每

一路段在時間範圍之內，每小時的平均路過車次，作為該路段之公車流量，公式如下：

$$\bar{C} = \frac{1}{H} \sum C_i$$

其中，

$\bar{C}$ ：每小時平均車次。

H ：小時數。

C_i ：車次數。

（一）路段流量分析流程

分析各個路段在不同時段之運具流量表現，可以了解在特定時段中，運輸系統的流動狀況以及區域與區域之間彼此的交通連結程度，可以作為運輸系統在路線安排及調整之參考依據。分析的結果包含各路段的車流量數據以及路段流量圖。

以下為路段流量分析流程之說明：

- (1) 匯入欲分析之路段向量線資料，作為分析之圖層。
- (2) 按分析時段不同，匯入進、出站時間，時段的選擇可依照需求使用不同的時段進行分析，本研究以平日、假日之尖離峰作為分析時段選項。
- (3) 將進站時間減去上一站之出站時間，得到站間行駛時間，將行駛時間平均分配至兩站之間行經的路段，作為通過該路段的時間。
- (4) 統計每一路段的在單位時間內被通行的次數，並將次數作為分類依據繪製路段流量圖。

（二）操作流程

- (1) 使用者須先匯入一筆向量線資料至 QGIS 圖層，接著透過使用者介面操

作下拉式選單如圖 3-22 所示，並選擇欲分析之路段線資料圖層。

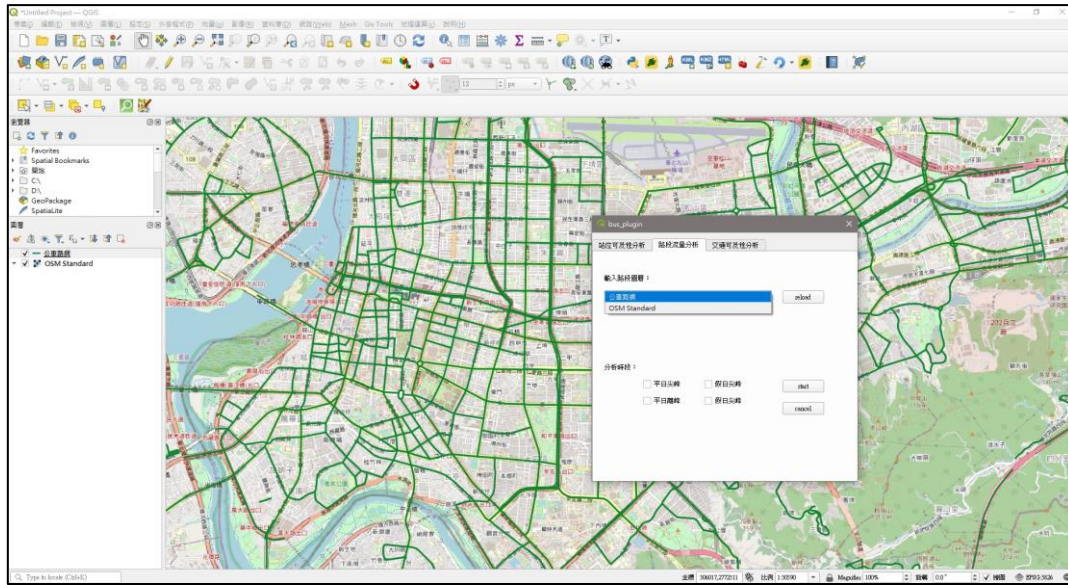


圖 3-22、路段流量分析之下拉式選單示意圖。

(2) 勾選分析時段後，按下開始即可進行路段流量分析，分析結果會以線圖層輸出為路段流量圖，如圖 3-23 所示，圖 3-24 則為路段流量分析結果屬性表。

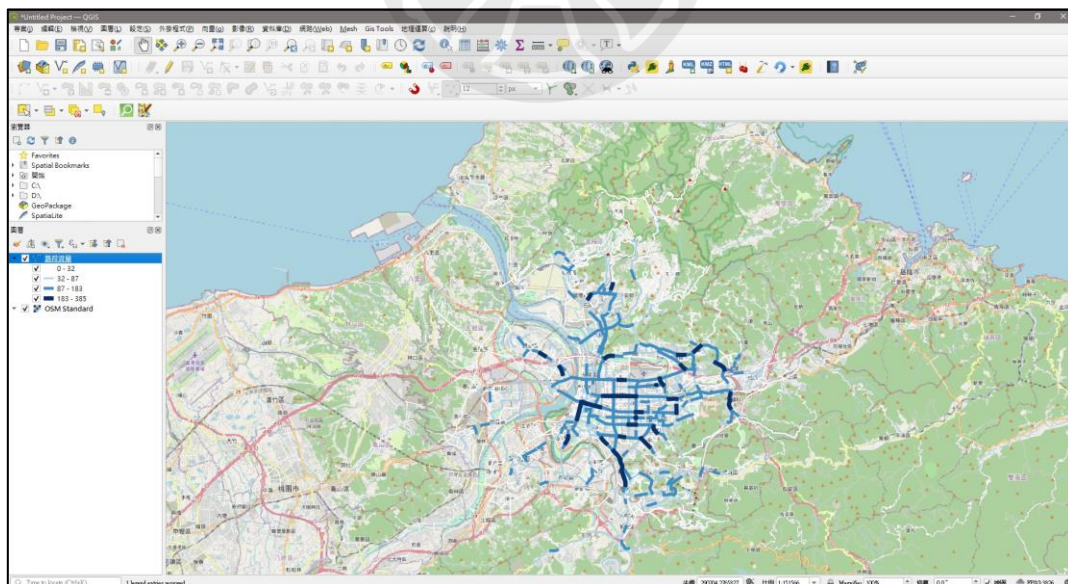


圖 3-23、路段流量分析結果示意圖。

平日尖峰時段路段流量 — Features Total: 3673, Filtered: 3673, Selected: 0

	road_id	road_name	count
1	487	忠孝西路一段	385
2	948	莊敬路	375
3	447	忠孝西路一段	373
4	1533	忠孝西路一段	351
5	1124	松山路	339
6	2056	忠孝西路一段	337
7	2458	公館高環	330
8	1221	成功路四段	329
9	1416	中華路一段	316
10	1412	中華路一段	307
11	709	羅斯福路四段	305
12	2175	羅斯福路六段	301

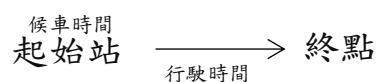
顯示所有圖徵

圖 3-24、路段流量分析結果屬性表。

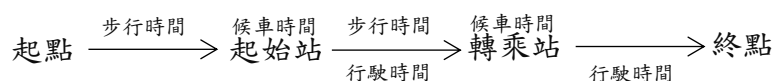
四、交通可及性

在 108 年雙北市民眾日常使用運具狀況調查中，報告指出雙北市民外出旅次的目的以通勤(包含通勤、通學)比例最高占 44.3%，而運具的使用市區公車占比 15.4%，為市占率最高的公共運具。此外，雙北市民平均每人單趟旅次花費 24.53 分鐘，花費時間在 30 分鐘之內者占 65.5%。

根據上述所提及之情況，市區公車對於臺北市交通發展有相當的影響力，為了解公車運輸系統對於臺北市交通影響程度，因此本研究對臺北市交通可及性進行量測，首先以單一公車站位的可及性來看，在不考慮沿途轉乘，僅以直達的方式乘坐公車，將各站依照平日與例假日、尖峰、離峰不同時段所營運的的路線、候車時間、站間行駛時間納入考量，在單位時間內各站在時間內所能抵達的所有站數，評估各站位的交通便捷程度。時間計算方式為各路線於通行站位之候車時間加上沿線到達站位所花費行駛時間之累計，站位直達模型如下：



利用最小統計區之中心點作為潛在乘客於各分區的起點，在一次轉乘的條件內，探討乘客於單位時間之內(含步行時間)所能抵達之範圍，步行的距離以及花費的時間都可透過分析的模組工具進行設置，圖 3-25 為公車轉乘示意圖，以花費時間 30 分鐘為例，由起點移動至步行範圍可抵達的站位搭乘公車，若步行範圍之內無任何站位，則以距離最近站位為代表，選擇轉乘站時，也須計算移動到轉乘站的步行距離，並將沿途行經站點作為評估分區交通好壞之依據。以下為公車轉乘行為模型：



本研究於進行公車可及性分析前，以下列假設為前提：

1. 各分區之中心點，以最小統計區之質心位置作為代表。
2. 移動方式僅考慮步行及搭乘公車兩種方式。
3. 步行距離為直線距離，不考慮實際路網情形。
4. 若步行範圍內無公車站位，則以最近之站位作為代表。
5. 所有公車皆可上車，無客滿之情形。
6. 每次搭乘前皆須花費候車時間。
7. 轉乘時，不得選擇同一條公車路線。
8. 花費時間為步行時間、公車行駛時間以及候車時間加總。

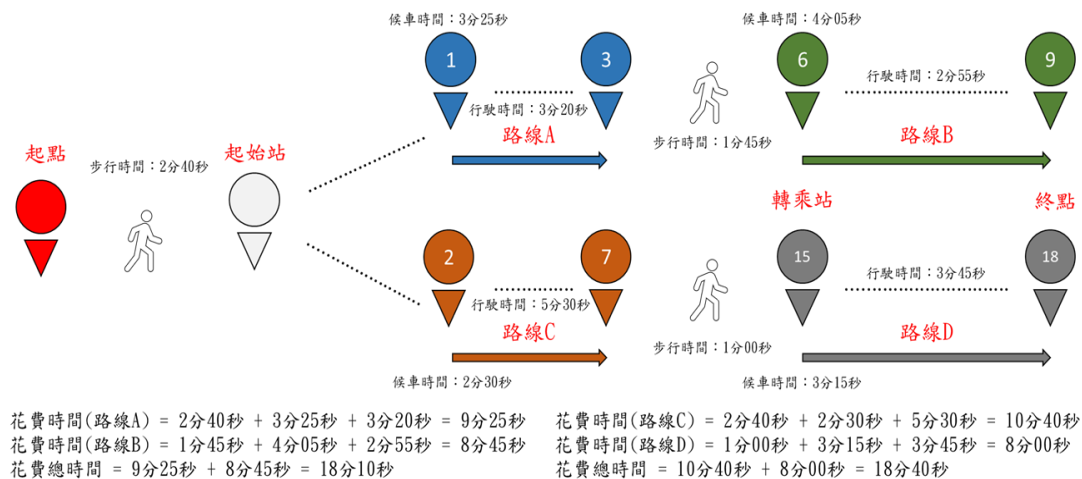


圖 3-25、公車轉乘示意圖。

比較現今大眾最常使用的地圖平台 GoogleMap 的規劃路線功能，本研究所設計的交通可及性分析與其相似之處在於皆是利用時間作為旅程度量的單位，在單位時間之內的可能搭乘方案，相異之處則在於 GoogleMap 是以點對點的概念，計算起點至特定目的地的可能選項，本研究則不預設特定目的地，尋找所有向外移動的可能搭乘選項，因此在實際應用上更傾向於都市的交通區位評估。

(一) 站位可及性分析

站位可及性分析包含單一站位可及性分析以及整體站位可及性分析，單一站位可及性分析以單一站位作為可及性量測對象，分析該站位於單位時間內，不進行轉乘，僅討論直達狀態下可以到達的所有可能站位數量，輸出結果包含到達各站位的時間資訊，以及在視覺化的呈現上將可到達的站位依照路線劃分展示，能夠了解該站位能夠連結至那些區域，也可以對站位的方便與否進行評估；整體站位可及性分析將所有站位之可及性進行量測，計算每一站於單位時間之內所有可能到達的站位數量作為評估指標，當數值越大時，表示該站位可及性越佳，輸出的結果包含各站位可到達其他站位的數量資訊以及整體的站位可及性地圖。

(二) 站位可及性分析流程

以下為站位可及性之分析流程之說明：

- (1) 匯入欲分析之交通運輸系統之站位向量點資料，作為站位圖層。
 - (2) 按分析時段不同匯入相對應的行駛時間、候車時間資料，花費時間、步行距離以及時段的選擇可依照需求使用不同修改參數並進行分析，本研究以平日、假日之尖離峰作為分析時段選項。
 - (3) 將欲分析之站位通行路線，於該站位之候車時間進行篩選，保留候車時間未超過時間限制之可能路線。
 - (4) 依照各路線情況，加入路線行經各站位的行駛時間，若花費時間超過限定時間則表示無法搭乘至該站位，反之則表示可到達該站位，若到達站位因路線重疊而造成重複紀錄，則保留花費時間最短的搭乘方案，剔除其餘花費時間成本較高者。
 - (5) 單一站位可及性分析：將所有可到達站位輸出為新的點資料圖層，依照所屬的路線進行分類，最後繪製成單一站位可及性地圖。
- 整體站位可及性分析：計算所有站位之所有可到達之站位數量，依照數量不同進行分類，最後繪製成整體站位可及性分析地圖。

(三) 站位可及性分析操作流程

主要說明交通運輸移動範圍視覺化系統的操作流程以及運作畫面，一共分為以下步驟：

- (1) 使用者須先匯入一筆向量點資料至 QGIS 圖層，接著透過使用者介面操作下拉式選單如下圖 3-26 所示，並選擇欲輸入之交通站位點資料圖

層。

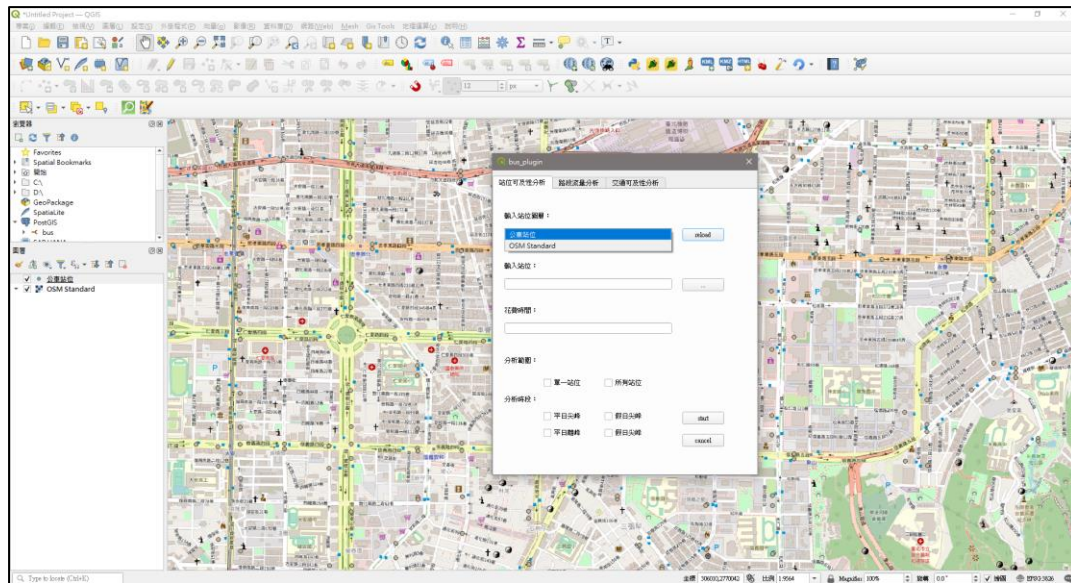


圖 3-26、站位可及性分析之下拉式選單示意圖。

(2) 手動輸入座標或點擊右方按鈕，利用選取工具標記欲分析之站位，如圖 3-27 所示，輸入欲分析之站位代碼後，設定花費時間，並勾選分析時段，並按下開始按鈕即可進行分析；若點選，則會將所有站位的可及性進行運算，並改為呈現所有站位的可及性分析地圖。

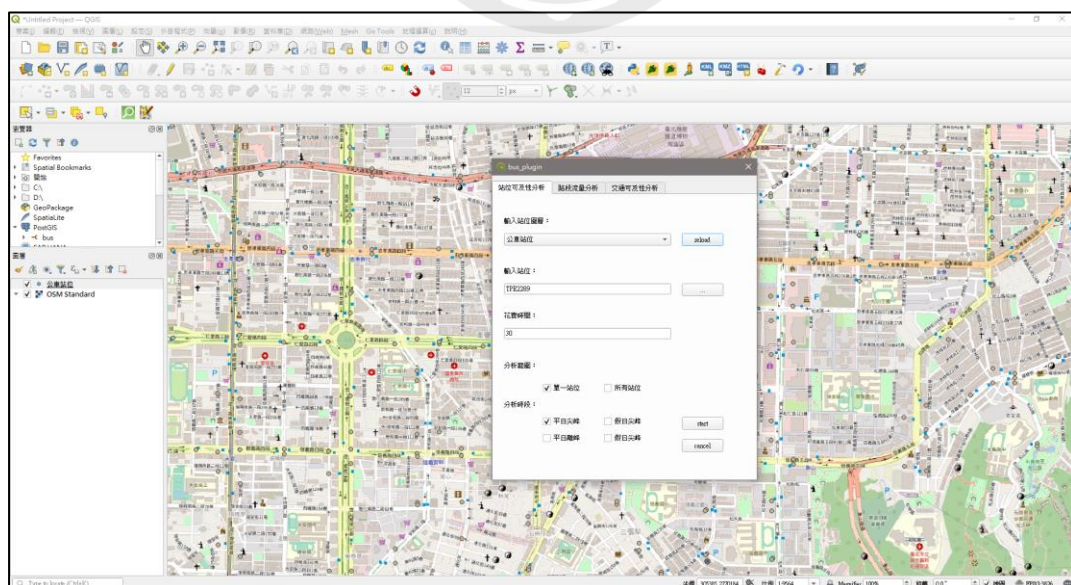


圖 3-27、站位輸入示意圖。

(3) 按下開始後，等待數秒後，單一站位可及性分析結果會以點圖層輸出，

不同的路線會以不同的顏色做為區隔，如圖 3-28 所示。圖 3-29 的部分則為到達站位的屬性資料表，從圖中可以看到至每一站位所花費的時間；若以所有站位進行分析，則會輸出為圖 3-30，每一個站位圖徵會隨該站可到達的站位數量不同而顯示不同的顏色及大小，圖 3-31 為所有站位可到達之站位數量屬性資料表，包含各站可以到達的站位數量。

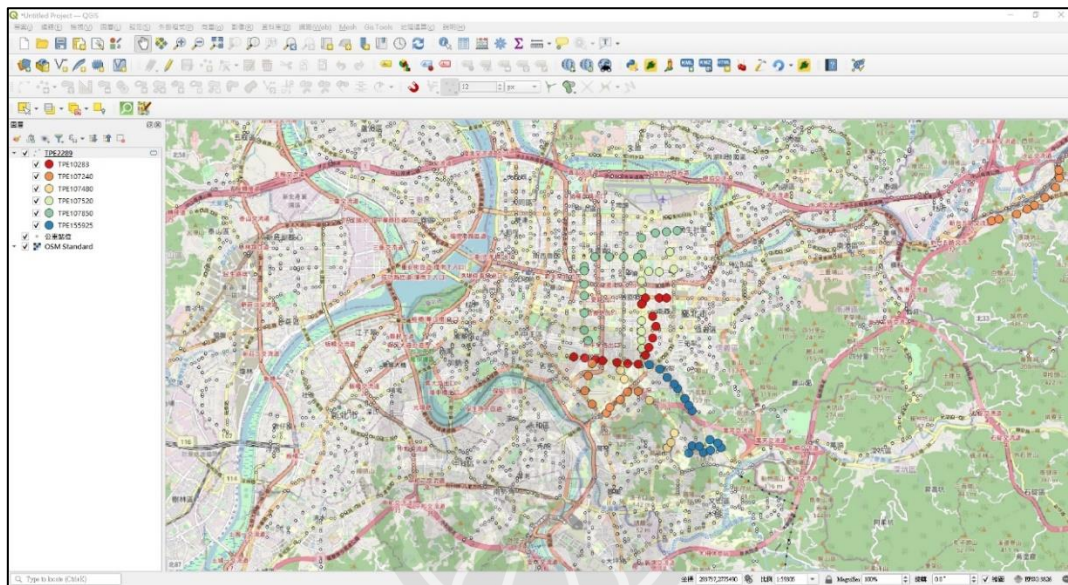


圖 3-28、單一站位可及性分析結果示意圖。

TPE2289 — Features Total: 84, Filtered: 84, Selected: 0

	station_id	stationname	townname	route_id	direction	stopsequence	sum_time
1	TPE2291	師大綜合大樓	大安區	TPE10283		0	00:03:18.963
2	TPE3914	溫州街口	大安區	TPE10283		0	00:03:43.652
3	TPE2190	大安森林公園	大安區	TPE10283		0	00:05:20.389
4	TPE2345	龍門國中(和平)	大安區	TPE10283		0	00:05:37.193
5	TPE2327	復興南路口	大安區	TPE10283		0	00:06:04.562
6	TPE2300	國立臺北教育...	大安區	TPE10283		0	00:07:22.905
7	TPE2267	臥龍街	大安區	TPE10283		0	00:07:37.144
8	TPE59003	全安里	大安區	TPE10283		0	00:08:37.958
9	TPE59002	立人國際國中...	大安區	TPE10283		0	00:09:10.666
10	TPE59001	文昌街口	大安區	TPE10283		0	00:09:33.213
11	TPE6920	捷運信義安和...	大安區	TPE10283		0	00:10:32.567
12	TPE2210	仁愛國中	大安區	TPE10283		0	00:10:47.820

顯示所有圖徵

圖 3-29、單一站位可及性分析結果屬性表。

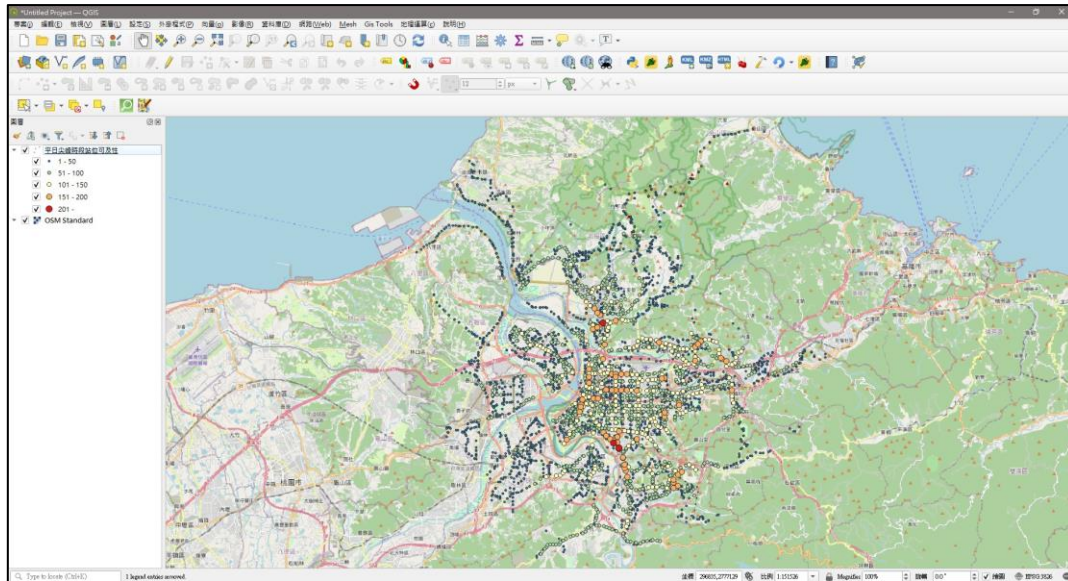


圖 3-30、整體站位可及性分析結果示意圖。

平日尖峰時段站位可及性 — Features Total: 5086, Filtered: 5086, Selected: 0

	station_id	stationname	townname	count
1	TPE1990	捷運公館站	大安區	220
2	TPE2231	台電大樓	中正區	205
3	TPE569	士林	士林區	202
4	TPE1991	捷運公館站	中正區	201
5	TPE581	士林區行政中...	士林區	200
6	TPE586	士林國中	士林區	200
7	TPE1000347	捷運芝山站一	士林區	195
8	TPE2230	台電大樓	大安區	194
9	TPE2179	興雅國中	信義區	193
10	TPE1441	昌吉重慶路口	大同區	188
11	TPE1103	湖光市場	內湖區	187
12	TPE1000078	中華路北站	中正區	184

顯示所有圖徵

圖 3-31、整體站位可及性分析結果屬性表。

(四) 交通可及性分析

交通可及性分析包含：單一地點可及性分析以及多地點可及性分析兩種，在單一地點可及性分析的部分，主要在探討任一地點於不同時段的移動範圍表現，除了可以了解在特定時段中，該地點在單位時間內可到達的站位分布，也可以從各時間間隔的範圍看出通往不同方向的便捷程度，了解兩地之間的時間與空間上的距離，輸出的結果包含到達各站位的時間資訊以及單一地點的可及

性地圖；多地點可及性分析則是探討多個地點的可及性比較，藉由比較各點位在單位時間內可到達的站位數量，了解在不同的時間尺度之下，不同地點甚至區域之間的可及性差異，輸出的內容則有各地點在單位時間內可到達的站位數量資訊以及多地點的可及性地圖。

（五）交通可及性分析流程

以下為分區可及性分析流程之說明：

- (1) 匯入欲分析之交通運輸系統站位向量點資料，作為站位圖層。
- (2) 按分析時段不同匯入相對應的行駛時間、候車時間資料，花費時間、步行距離以及時段的選擇可依照需求使用不同修改參數並進行分析，本研究以平日、假日之尖離峰作為分析時段選項。
- (3) 添加欲分析之座標資料，與交通站位資料進行直線距離的運算，接著將距離值大於步行距離的站位資料排除，保留的站位資料依 75 公尺/分鐘，轉換為花費時間。
- (4) 在步行範圍內，各站位扣除步行花費時間後，加入公車路線的候車時間，若時間超過限定時間則認定無法搭乘該路線，若未超過限定時間則代表可以搭乘該路線。
- (5) 可搭乘路線依照上車站位之站序依序加入行駛時間，若花費時間超過限定時間則表示無法搭乘至該站位，反之則表示可到達該站位，若到達站位因路線重疊而造成重複紀錄，則保留花費時間最短的搭乘方案，剔除其餘花費時間成本較高者。
- (6) 以一次搭乘可到達的站位作為下車站，搜尋步行距離 250 公尺內的站位，計算彼此距離轉換為步行時間進行加總，若不超過限定時間則作為轉乘的搭乘站位，進一步加入各路線的候車時間，並剔除超過限定時間者。
- (7) 同流程(5)，依各路線依序加入行駛時間，並保留總花費時間最短之搭乘

方案，作為一次轉乘可到達的站位。

(8) 單一地點可及性分析：將單一地點於單位時間內，所有可到達站位輸出為新的點資料圖層進行最小幾何邊界分析，分析之幾何類型選擇凸包(Convex hull)以每五分鐘為間隔，最後繪製成交通運輸範圍地圖，可以了解該地點的區位交通便捷程度，作為空間選址之參考依據。

多地點可及性分析：將多個地點於單位時間內，所有可到達之站位數量進行統計，並依此繪製交通可及性地圖，可以作為比較地點或者區域之間的交通可及性差異與空間分布狀況之依據。

(六) 交通可及性分析操作流程

(1) 使用者須先匯入一筆向量點資料至 QGIS 圖層，接著透過使用者介面操作下拉式選單如圖 3-32 所示，並選擇欲輸入之圖層(交通站位點資料)。

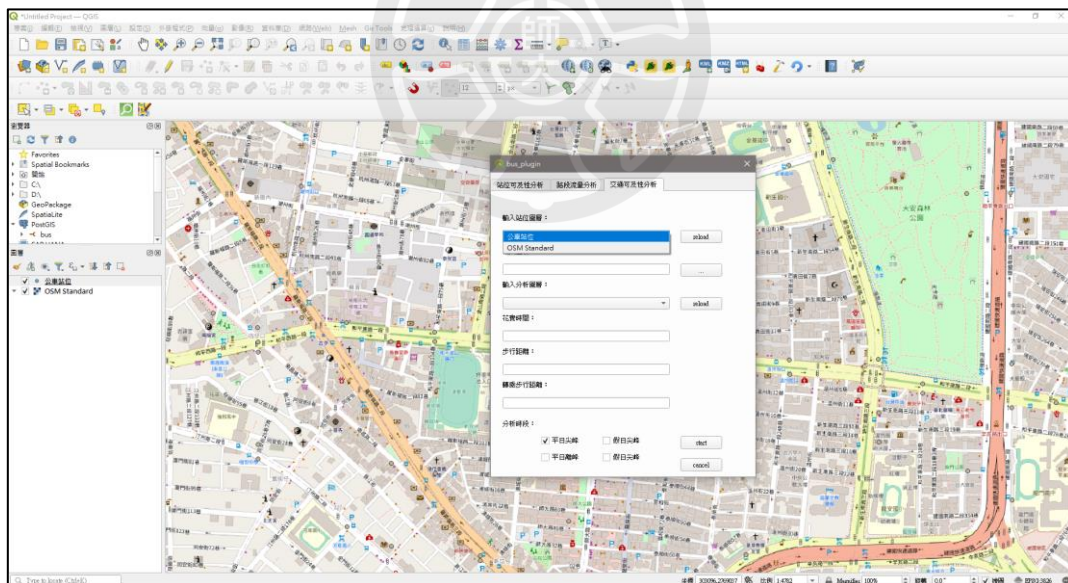


圖 3-32、交通可及性分析之下拉式選單示意圖。

(2) 手動輸入座標或點擊右方按鈕，待滑鼠游標轉換為十字狀，如圖 3-33 所示，以直接點選地圖的方式取得欲分析位置之座標值，接著輸入花費時間、步行距離，最後勾選分析時段如圖 3-34，並按下開始按鈕即可

進行分析；若要分析多個地點的可及性差異，可以在匯入欲分析之點圖層後，從選擇圖層的選單中選取該圖層，按下開始按鈕即可進行分析。

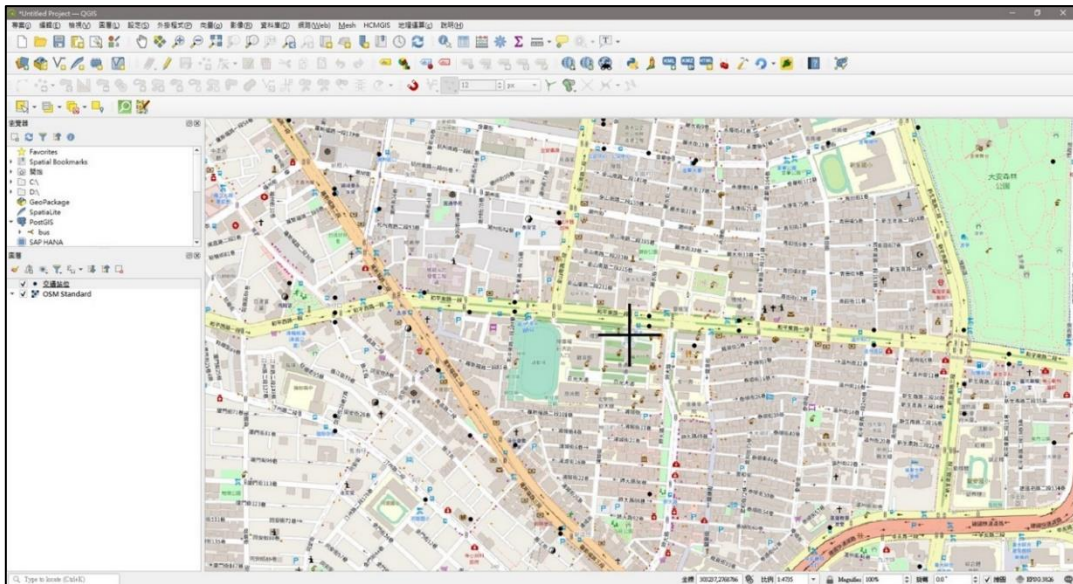


圖 3-33、點選座標狀態示意圖。

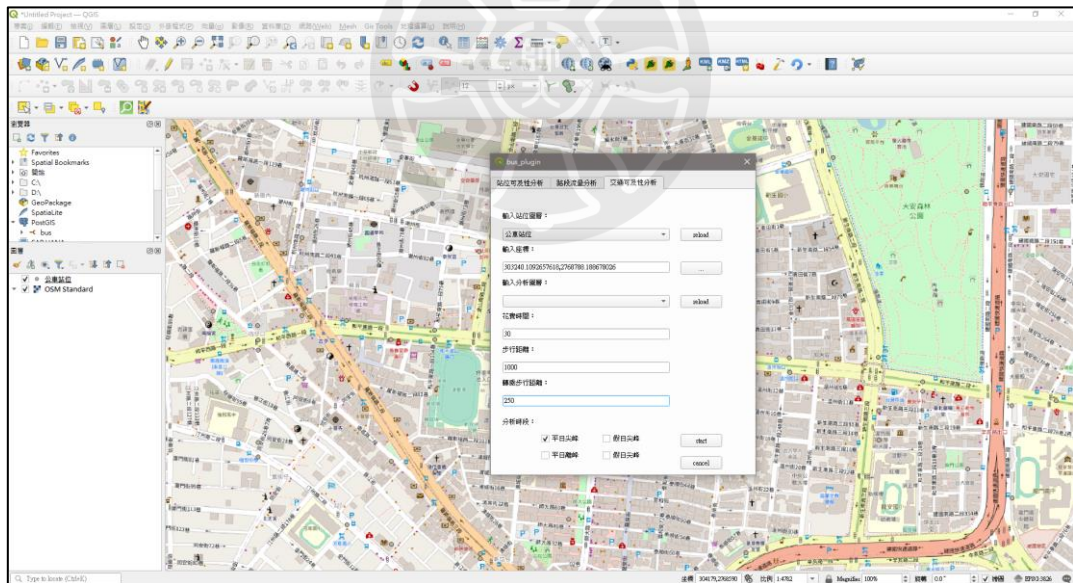


圖 3-34、座標輸入示意圖。

(3) 按下開始後，等待數秒後，分析結果會以點以及面圖層輸出，點圖層為可到達之站位，顏色越深，表示至該位置的時間花費越長，面圖層則為移動範圍，花費時間越長，其顏色越接近藍色，如圖 3-35 所示。圖

3-36 的部分則為到達站位的屬性資料表，從圖中可以看到至每一站位所花費的時間以及時間區間：若以輸入點圖層的方式進行分析，則分析結果會輸出每一個圖徵在單位時間內可以到達之站位數量如圖 3-37，並繪製出多地點交通可及性如圖 3-38 所示。

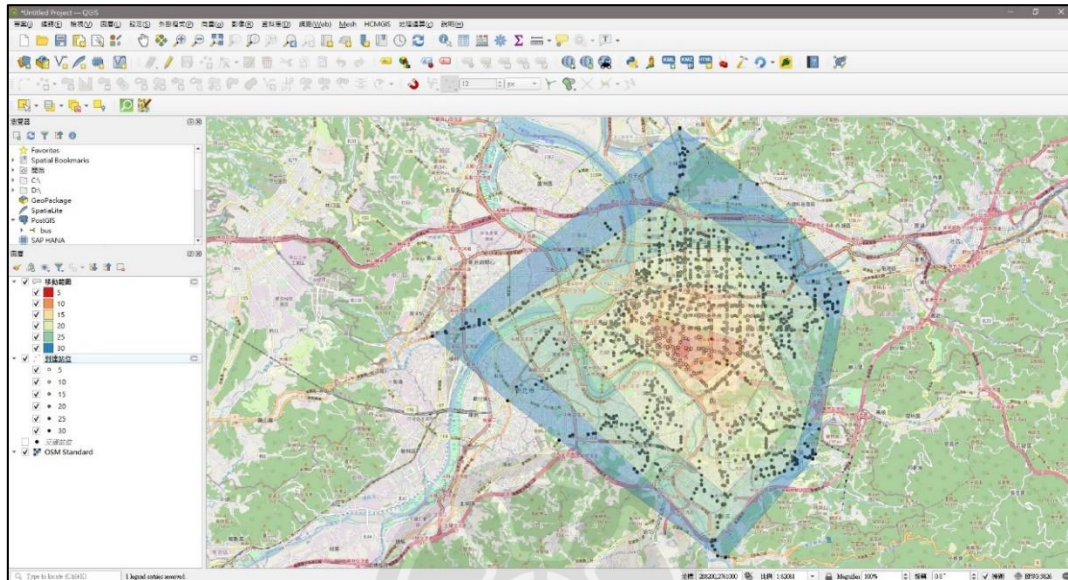


圖 3-35、單一地點交通可及性分析結果示意圖。

到達站位 — Features Total: 1490, Filtered: 1490, Selected: 0

	station_id	stationname	townname	latitude	longitude	sum_time	time_range
1	TPE1829	傳昌街口	萬華區	300460.153400	2768650.9060...	0 days 00:22:5...	25
2	TPE1834	龍山國小	萬華區	299951.367200	2769867.4330...	0 days 00:20:4...	20
3	TPE1833	龍山寺(西園)	萬華區	300354.715400	2769891.0970...	0 days 00:19:3...	20
4	TPE1842	臺北護理健康...	萬華區	300755.922600	2770490.6890...	0 days 00:16:4...	20
5	TPE1835	龍山國中	萬華區	300864.208400	2769843.6120...	0 days 00:18:3...	20
6	TPE1848	二二八和平公園	中正區	301764.929000	2770572.0120...	0 days 00:18:3...	20
7	TPE1847	一女中(公園)	中正區	301968.488300	2770085.3820...	0 days 00:11:3...	15
8	TPE1850	三元街口	中正區	301366.682700	2769197.0370...	0 days 00:14:2...	15
9	TPE1849	三元街	中正區	301771.182400	2768921.5870...	0 days 00:13:4...	15
10	TPE1853	小南門(和平院區)	中正區	301364.059400	2769894.8540...	0 days 00:17:5...	20
11	TPE1851	三元南海路口	中正區	301371.974100	2769125.5020...	0 days 00:15:0...	15
12	TPE1858	中正二分局	中正區	301869.987000	2769464.7170...	0 days 00:11:4...	15

顯示所有圖徵

圖 3-36、單一地點交通可及性分析屬性表。

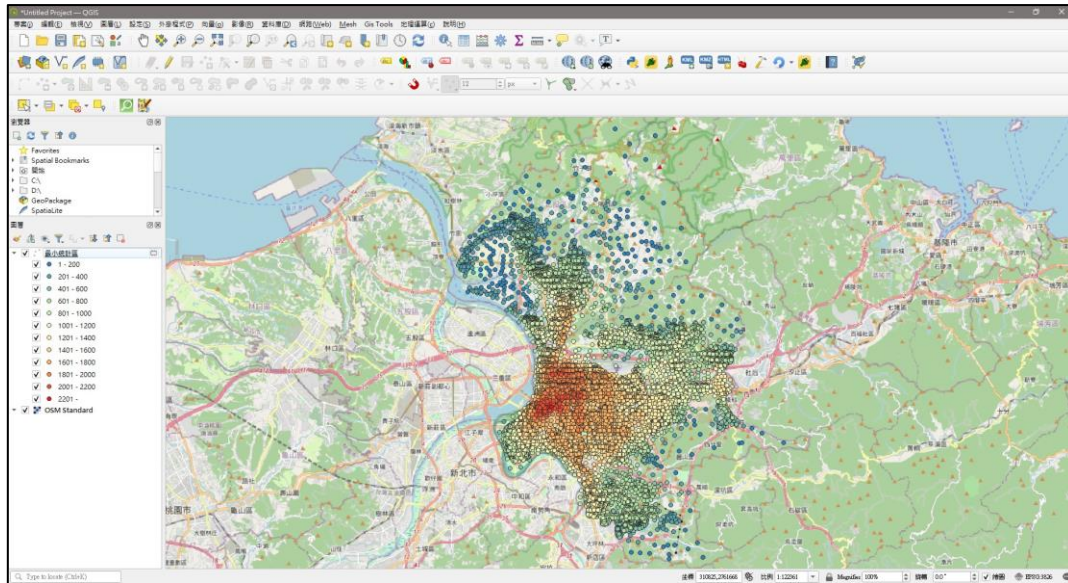


圖 3-37、多地點交通可及性分析結果示意圖。

最小統計區 — Features Total: 11490, Filtered: 11490, Selected: 0

	CODEBASE	townname	count
1	A6305-0025-00	中正區	2214
2	A6305-0022-00	中正區	2209
3	A6305-0012-00	中正區	2180
4	A6305-0015-00	中正區	2171
5	A6305-0011-00	中正區	2169
6	A6305-0013-00	中正區	2161
7	A6305-0017-00	中正區	2160
8	A6305-0035-00	中正區	2149
9	A6305-0006-00	中正區	2148
10	A6305-0023-00	中正區	2148
11	A6305-0034-00	中正區	2148
12	A6305-0029-00	中正區	2146
13	A6305-0019-00	中正區	2145
14	A6305-0018-00	中正區	2143

顯示所有圖徵

圖 3-38、多地點交通可及性分析屬性表

五、模組驗證

本研究在可及性分析模組開發後，實際對分析功能進行驗證，將分析結果與 GoogleMap 的規劃路線功能相互比較，觀察兩者結果是否近似，以確認分析模組可行性。

首先本研究以國立臺灣師範大學為起點進行單一地點可及性分析，花費時間設置在 30 分鐘以內，步行及轉乘步行距離分別設為 1000、250 公尺，分析時段為平日尖峰時段，並抽取 10 筆紀錄，利用 GoogleMap 規劃相同的旅行路線方案，比較兩者時間計算差異。結果如表 3-13 所示。

從下表中，可以觀察到本研究計算之花費時間與 Google 預估時間之差異約在一分鐘至兩分鐘之間，以本研究分析使用之間隔 10 分鐘而言，誤差尚不影響分析結果。

表 3-13、驗證資料之分析結果。

路線	起始站	終點站	花費時間	Google 預估時間	時間差
和平幹線	師大	景福門	00:10:57	00:09:30	+00:01:27
復興幹線	師大	捷運公館站	00:10:13	00:11:00	-00:00:47
235	師大	國立臺北教育大學	00:09:15	00:10:30	-00:01:15
1	羅斯福金門街口	國立臺灣科技大學	00:18:45	00:18:00	+00:00:45
235 轉 630	師大	國盛國宅	00:19:13	00:18:00	+00:01:13
214	金山潮州街口	中正橋頭	00:09:23	00:10:00	-00:00:37
251	羅斯福金民街口	考試院	00:25:41	00:26:00	-00:00:19
606 轉 民生幹線	金山潮州街口	馬偕醫院	00:28:00	00:30:00	-00:02:00
606 轉 民生幹線	金山潮州街口	捷運雙連站	00:28:22	00:28:00	+00:00:22
644	羅斯福金門街口	新店高中	00:29:40	00:32:00	-00:02:20

第四章、臺北市公車可及性分析案例

本章利用本研究所設計之交通可及性分析系統，針對臺北市市區公車交通可及性作探討。第一節為發車時段分析，對於臺北市市區公車營運策略與使用者行為進行探討。第二節透過站位可及性分析模組對臺北公車站位進行站位可及性分析，從地理位置與周遭環境的面向檢視各個站位的交通便捷程度。第三節藉由路段流量分析模組分析臺北市區公車系統行駛路段之流量，探討公車路網的交通流量走勢。第四節以交通可及性分析模組對臺北市區公車系統進行分析，以單點及最小統計區作為分析單元探討臺北市單一地點和各個分區之交通可及性，了解臺北市整體的公共運輸服務表現。

本研究所使用之車機資料時間為 2018 年 7 月 1 日至 7 月 31 日止，共計 31 天，公車路線有 501 條，依方向分類則有 904 條，將各路線以行經之站位數每十站為依據劃分，如表 4-1 所示，站位數在 11 以上 60 站以下的路線佔整體路線的 88%，其中沿途停靠最多站的路線為 1505(淡海發車)之去程，路線代碼為 TPE157800，由淡水區淡海站出發至新店區安和里站，沿途經過北投、士林、大同、中山、中正、大安、永和以及中和等 10 個行政區，總計達 111 站。

表 4-1、路線停靠站位數量表。

停靠站位數	路線數	百分比
1~10	39	4.31%
11~20	140	15.49%
21~30	165	18.25%
31~40	222	24.56%
41~50	174	19.25%
51~60	97	10.73%
61~70	40	4.42%
71~80	18	1.99%
81~90	7	0.77%
91~100	0	0.00%
101~110	1	0.11%
111~	1	0.11%
總計	904	100.00%

在站位的部分則有 5086 站，如表 4-2 所示，站位停靠路線小於 10 條佔大多數高達 80%，停靠路線數量最多的為內湖區的瑞光路(TPE1132)，附近有多個公車調度站，是公車集中以及發散的區域，因此行經路線數量多達 57 條，圖 4-1 為公車站位的分布圖，從圖中可以看出停靠路線較多的站位主要集中在士林區以及內湖區。

表 4-2、站位通行路線數。

停靠路線數	站位數	百分比
1~10	4073	80.08%
11~20	758	14.90%
21~30	208	4.09%
31~40	30	0.59%
41~50	15	0.29%
51~	2	0.04%
總計	5086	100.00%

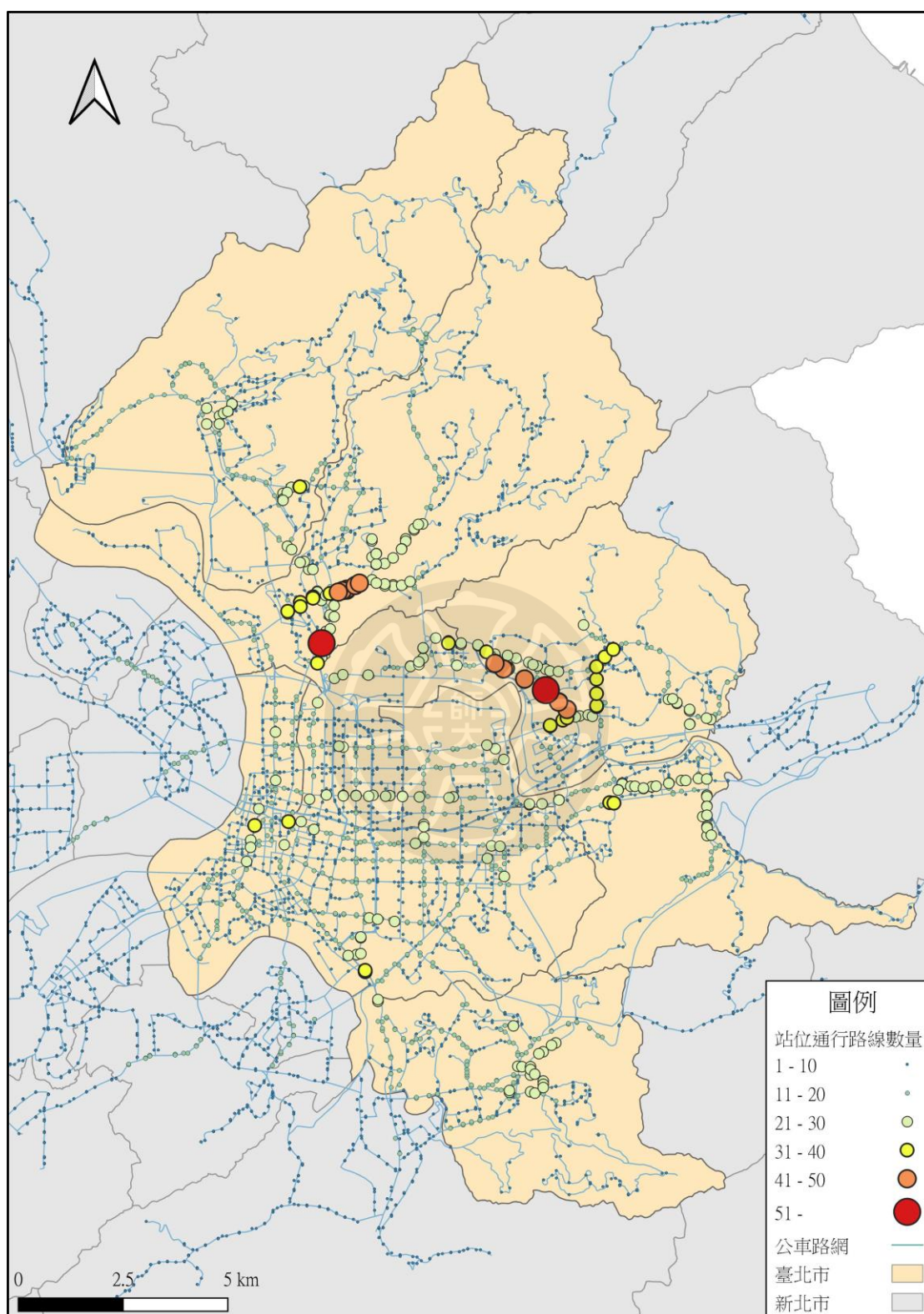


圖 4-1、公車站位通行路線數量分布圖。

第一節、發車時段分析

臺北市區公車依照車機資料，如表 4-3 所示，平日發車數約 31395 車次、例假日則為 22174 車次，平日發車數最多之時段為上午 7:00 至 8:00 之間約 2269 車次佔全天發車數 7.23%；在例假日發車數最多時段則落在上午 10:00 點至 11:00 之間，約有 1436 車次，佔全天發車數 6.48%。

由各時段的比較中(圖 4-2)可以看出，平日早上的尖峰約在 7:00 至 9:00，接著發車數量開始逐步下降，在中午 12:00 至下午 14:00 期間為最低峰，接著又逐步上升，下午 16:00 至 18:00 時達到下午的尖峰時段。假日的部分，早上的尖峰時段位在 10:00 至 12:00 期間，接著略為下降，並在下午 15:00 至 17:00，出現下午尖峰時段。總體來看，平日不論是尖峰或者是離峰時段發車數量皆高於假日，兩者都在上午 6 點時，發車數量快速增加，並在下午 18 點以後，發車數量逐漸減少。



表 4-3、各時段發車數。

時段	平日		假日	
	發車數	百分比	發車數	百分比
0	60	0.19%	61	0.28%
1	5	0.02%	3	0.01%
2	0	0.00%	0	0.00%
3	0	0.00%	0	0.00%
4	37	0.12%	25	0.11%
5	656	2.09%	399	1.80%
6	2007	6.39%	1079	4.87%
7	2269	7.23%	1239	5.59%
8	2144	6.83%	1336	6.03%
9	2049	6.53%	1408	6.35%
10	1928	6.14%	1436	6.48%
11	1712	5.45%	1410	6.36%
12	1607	5.12%	1373	6.19%
13	1617	5.15%	1364	6.15%
14	1686	5.37%	1393	6.28%
15	1928	6.14%	1428	6.44%
16	2114	6.73%	1425	6.43%
17	2126	6.77%	1367	6.16%
18	1884	6.00%	1261	5.69%
19	1697	5.41%	1144	5.16%
20	1421	4.53%	1029	4.64%
21	1182	3.76%	917	4.14%
22	900	2.87%	751	3.39%
23	366	1.17%	326	1.47%
總計	31395	100.00%	22174	100.00%

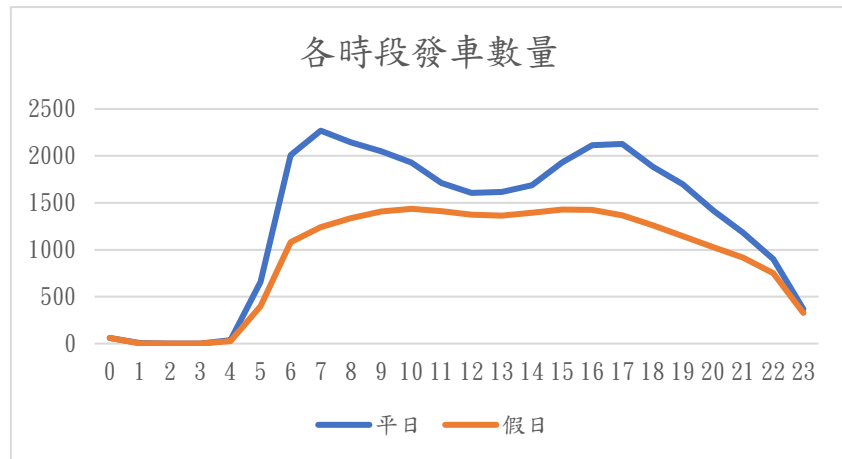


圖 4-2、各時段發車數量。

根據各時段發車數百分比，如圖 4-3 所示，可以發現，平日的發車時段有兩個高峰，分別對應至大眾上、下班之通勤時段，而在假日的部分則沒有明顯的高峰，且在十點之後持續至下午四點都處於運輸的活絡期間，此種安排顯示業者為配合民眾的生活習性，而作出的編排。

在假日時，搭乘公車供給與平日不同，民眾普遍較晚出門，其搭乘目的可能以外出飲食、購物等休閒活動為主，因此假日公車在此區間發車頻率較高，而平日乘客搭乘目的多以通勤為主，多數的民眾中午及下午時段通常仍在上班、上課，在此段期間對於移動需求降低，因而造成供給隨之減少，最大差距減少約 29% 的發車量，造成發車數量有顯著的差異。

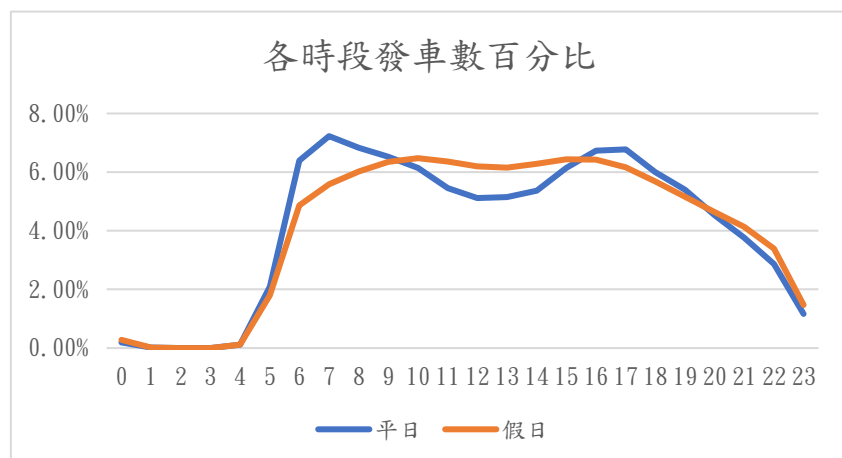


圖 4-3、各時段發車數百分比。

第二節、站位可及性

本研究藉由可及性分析系統的整體站位可及性分析工具對臺北市的公車站位進行探討，在花費時間的參數設定上以 30 分鐘為例，並將各站位直達可到之站位數以每 50 為間距進行分類，依發車時段分析之結果分為平日、假日之尖峰與離峰共四個時段，根據站位的位置、環境以及特性進行探討。首先在空間的分布上以平日尖峰時段為展示(圖 4-4)，如表 4-4 所示。

直達可到達之站位數低於 50 站者在四個時段皆在 70% 上下，其分布相當廣泛，遠離市區的山路、鄰近自然旅遊景點的站位皆屬此類，此外在市中心也有許多可到達站位數較低之站位，經調查發現其原因為該站停靠路線少或是路線車次較少需花費較多的時間等候公車；可到達站位數介於 51 至 100 站者，在各個時段佔約 20%，主要分布在郊區、聯外幹道或者是市區中由主要幹道分岔延伸至社區的部分。

表 4-4、平日及假日尖、離峰單一站 30 分鐘直達可到達之站位數。

直達可到達站位數	平日				假日			
	尖峰		離峰		尖峰		離峰	
	數量	百分比	數量	百分比	數量	百分比	數量	百分比
1~50	3210	69.44%	3136	71.70%	2998	72.52%	2977	71.79%
51~100	1007	21.78%	918	20.99%	878	21.24%	913	22.02%
101~150	334	7.22%	272	6.22%	227	5.49%	222	5.35%
151~200	68	1.47%	46	1.05%	29	0.70%	35	0.84%
201~	4	0.09%	2	0.05%	2	0.05%	0	0.00%
總計	4623	100.00%	4374	100.00%	4134	100.00%	4147	100.00%

可到達站位數介於 101 至 150 站者，佔 5%至 7%不等，從站位的分布已可看出臺北市中心主要幹道的輪廓，以及各個區域之間的連結，如中山北路串聯了士林區與中山區；可到達站位數介於 151 至 200 站者，在四個時段佔比皆小於 2%，這些站位的出現通常與其地理位置或附近的地標有關，如羅斯福路四段，鄰近台大商圈加上位於大安區與文山區的交界，屬於交通要道，因此來往的公車數量密集，可及性較高。

最後可到達站位數大於 200 站，在平日尖峰有 4 站、平日離峰與假日尖峰各 2 站，假日離峰時段則沒有站位的可到達站位數超過 200 站，可到達站位數超過 200 站以上的站位，數量相當稀少，為了解這些站位可及性較高之原因，以下將其另作討論，並納入各時段可及性前五高的站位一併檢視，並將結果整理成表 4-5。



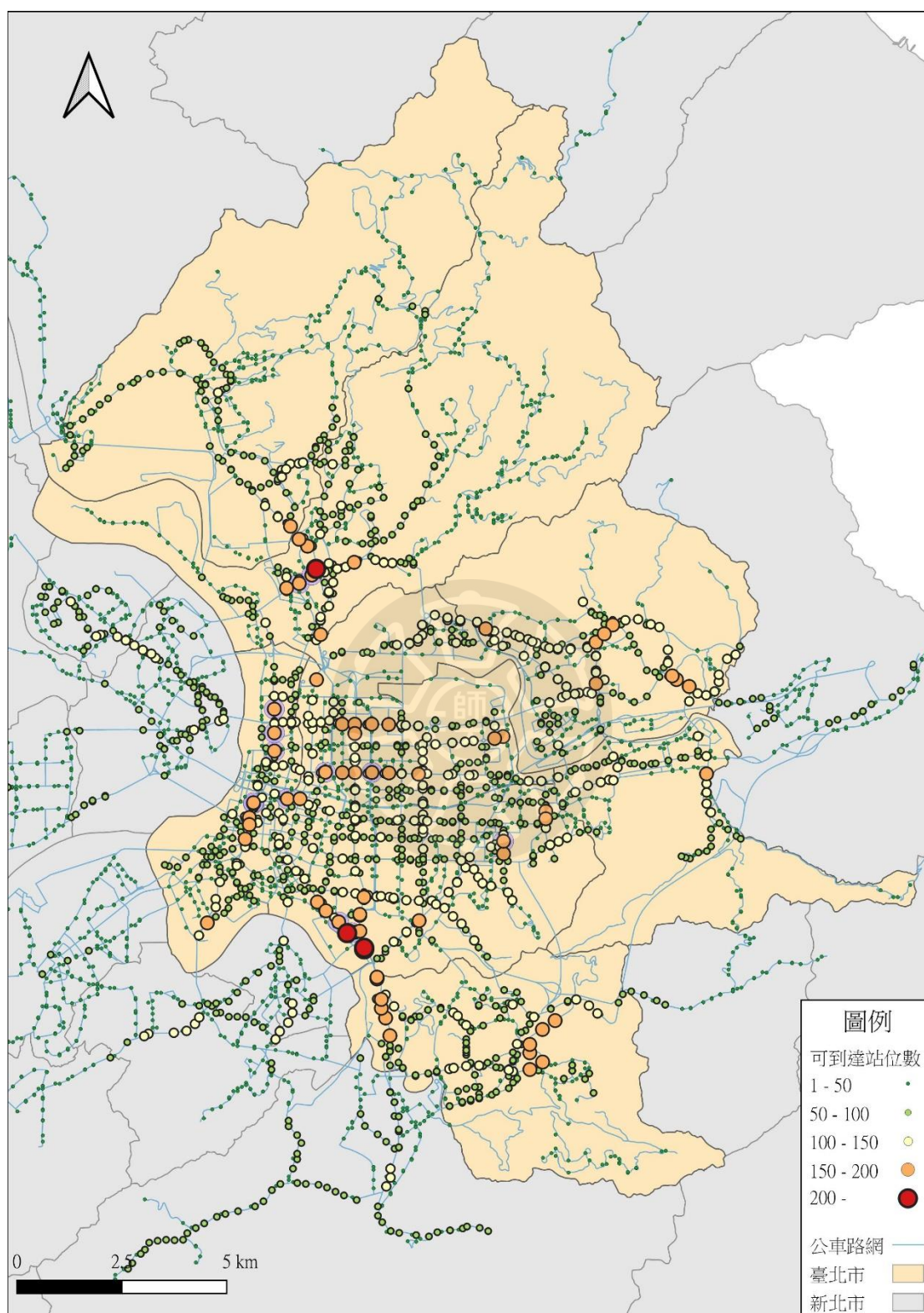


圖 4-4、平日尖峰直達可到達站位數。

表 4-5、前十五大直達可到達之站位數。

平日					
尖峰			離峰		
站位	站位數	路線數	站位	站位數	路線數
捷運公館站 (TPE1990)	220	21	捷運公館站 (TPE1990)	214	21
台電大樓 (TPE2231)	205	15	台電大樓 (TPE2231)	201	15
士林 (TPE569)	202	16	昌吉重慶路口 (TPE1441)	199	11
捷運公館站 (TPE1991)	201	18	士林國中 (TPE586)	192	13
士林國中 (TPE586)	200	13	士林區行政中心(中正)(TPE581)	191	15
士林區行政中心(中正)(TPE581)	200	15	中華路北站 (TPE1000078)	191	16
捷運芝山站一 (TPE1000347)	195	15	興雅國中 (TPE2179)	188	11
台電大樓 (TPE2230)	194	15	台電大樓 (TPE2230)	186	15
興雅國中 (TPE2179)	193	11	捷運公館站 (TPE1991)	180	18
昌吉重慶路口 (TPE1441)	188	11	捷運台電大樓站 (TPE2353)	176	13
湖光市場 (TPE1103)	187	14	中華路北站 (TPE1744)	175	17
中華路北站 (TPE1000078)	184	16	士林 (TPE569)	174	16
捷運內湖站 (TPE1071)	182	15	臺北車站(忠孝)(TPE1000082)	172	18
臺北車站(忠孝)(TPE1000082)	180	18	涼州重慶路口 (TPE8625)	171	9
成功路三段 (TPE1029)	180	14	南京林森路口 (TPE16013)	169	13
假日					
尖峰			離峰		
站位	站位數	路線數	站位	站位數	路線數
士林國中 (TPE586)	203	13	士林國中 (TPE586)	199	13
興雅國中 (TPE2179)	201	11	興雅國中 (TPE2179)	197	11
捷運公館站 (TPE1991)	184	18	捷運公館站 (TPE1990)	197	21
昌吉重慶路口 (TPE1441)	184	11	台電大樓 (TPE2231)	188	15
捷運公館站 (TPE1990)	184	21	昌吉重慶路口 (TPE1441)	187	11
台電大樓 (TPE2231)	181	15	台電大樓 (TPE2230)	186	15
榮總 (TPE483)	180	11	捷運公館站 (TPE1991)	178	18
中華路北站 (TPE1000078)	179	16	中華路北站 (TPE1000078)	177	16
台電大樓 (TPE2230)	177	15	士林區行政中心(中正)(TPE581)	173	15
士林區行政中心(中正)(TPE581)	176	15	中山市場 (TPE1000712)	167	8
臺北車站(忠孝)(TPE1000082)	172	18	臺北車站(忠孝)(TPE1000082)	167	18
信義行政中心(松仁)(TPE2121)	164	11	中華路北站 (TPE1744)	165	17
臺大 (TPE2224)	164	13	捷運台電大樓站 (TPE2353)	164	13
中山市場 (TPE1000712)	163	8	臺北市立美術館 (TPE101)	164	13
捷運台電大樓站 (TPE2353)	161	13	涼州重慶路口 (TPE8625)	161	9

從平日尖、離站位的空間分布及地理位置，如圖 4-5 所示，兩個時段重疊的站位共有 11 站，在士林區有士林國中 (TPE586)、士林 (TPE569)、士林區行政中心(中正) (TPE581)三站重疊，此三站位置處於士林區的文林路與中正路為精華地段，位在周遭有士林商圈、士林捷運站、多所高中職及國中、小學，屬於明星校區，此外還有士林行政中心、新光醫院、臺北市立天文館等重要設施也坐落於此，加上中正路經重陽橋可以連通士林與三重區，是重要的交通要道，因此公車路線及車次往來密集；台電大樓、捷運公館站的三個站位，皆位在羅斯福路兩側，除了上文所提及之外，屬於重要幹道的新生南路就位在兩站之間，是許多公車路線交會的地點。

平日尖峰不重疊的站位之中，尖峰時期在內湖區有三個站，湖光市場 (TPE1103)、捷運內湖站(TPE1071)以及成功路三段(TPE1029)，但在離峰時其可到達站數分別剩下 149、144、138 站，平均減少了約 20%，這三個站位皆位在成功路四段上，為內湖區的主要幹道，道路兩旁商家林立，附近除了設有多所中小學，周圍還有中國醫藥大學附設醫院，並鄰近捷運內湖站，可提供民眾轉乘服務，根據上述機能推測可能為其平日尖、離峰可到達站位數有較大差異的原因；士林區的捷運芝山站一(TPE1000347)位於文林路上，除了位置就在捷運站旁之外，該站臨近士林橋是關渡與石牌的公車往返士林的並經路段，因此公車多往此處匯聚。

平日離峰時段不重疊站位則有民生重慶路口(TPE1422)、南京建國路口 (TPE1546)、南京林森路口(TPE16013)、捷運台電大樓站(2353)、涼州重慶路口 (TPE8625)等站，其中民生重慶路口與涼州重慶路口站，皆位於重慶路上，是大同區人口稠密的住宅區，除了銜接台北橋與重陽橋之外，同時也是公路客運上下交流道的路段，沿路各站屬於熱門的轉乘站點；南京建國路口及南京林森路口，位在南京東路上，是臺北市區的重要幹道，道路兩側多為銀行、旅館或者公司行號的商業大樓，周遭的巷弄內有許多社區及高級大廈，屬於住商混合區。

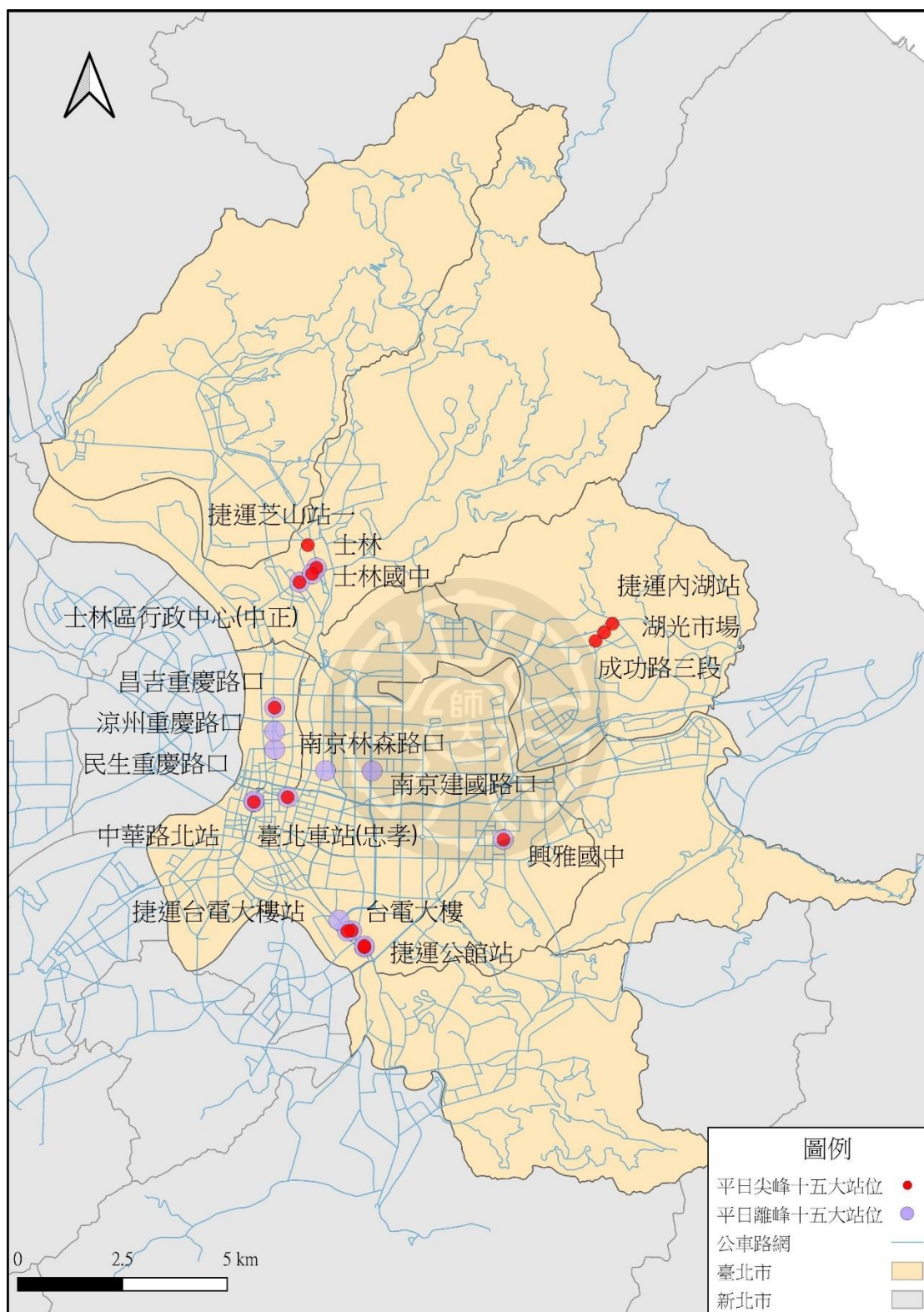


圖 4-5、平日尖、離峰時段可到達站位數前十五大之站位。

從假日尖、離峰站位的空間分布及地理位置，如圖 4-6 所示，其重疊的站位多與平日的狀況相同，僅在可到達站位數有些微下降，因此不再贅述，並將討論重點放在與上述有所差異的站位。在不重疊的站位之中，尖峰時期有北投區榮總站(TPE483)，信義行政中心(松仁)(TPE2121)以及臺大(TPE2224)三站，其中榮總站在平日的尖離峰時段可到達站位數為 144 及 145 站，在假日離峰則有 160 站，其可及性在假日時，反而比起在平日要高的許多，推測原因可能與其周遭的場所有關，在榮總站附近有天母生活市集、百貨公司、影城、天母棒球場等設施，在假日時，為大眾娛樂休憩的去處，加上其位置處於石牌與天母之間的主要幹道上，往來的路線多經過此站，行經公車班次也較密集，因而有較高的可及性；信義行政中心(松仁)，周遭有新光三越百貨、臺北 101 大樓以及大型金融中心，是著名的商業區，在假日期間屬於人口聚集的場所，加上該地屬於都市重劃區，開發較晚，其道路規劃較其他舊城區完善，有利於公車路線的營運與安排。

另外，在假日離峰時段的部分則有臺北市立美術館(TPE101)以及涼州重慶路口(TPE8625)兩站，美術館站，屬於台北市中心外圍，除了美術館本身之外，旁邊即是花博公園、臺北市立兒童育樂中心以及河濱公園，也是臺北市民假日戶外踏青的選項之一，並且此站也是上中山橋前的最後一站，是往來中山及士林區必定經過的站位，在交通上相當的便利。

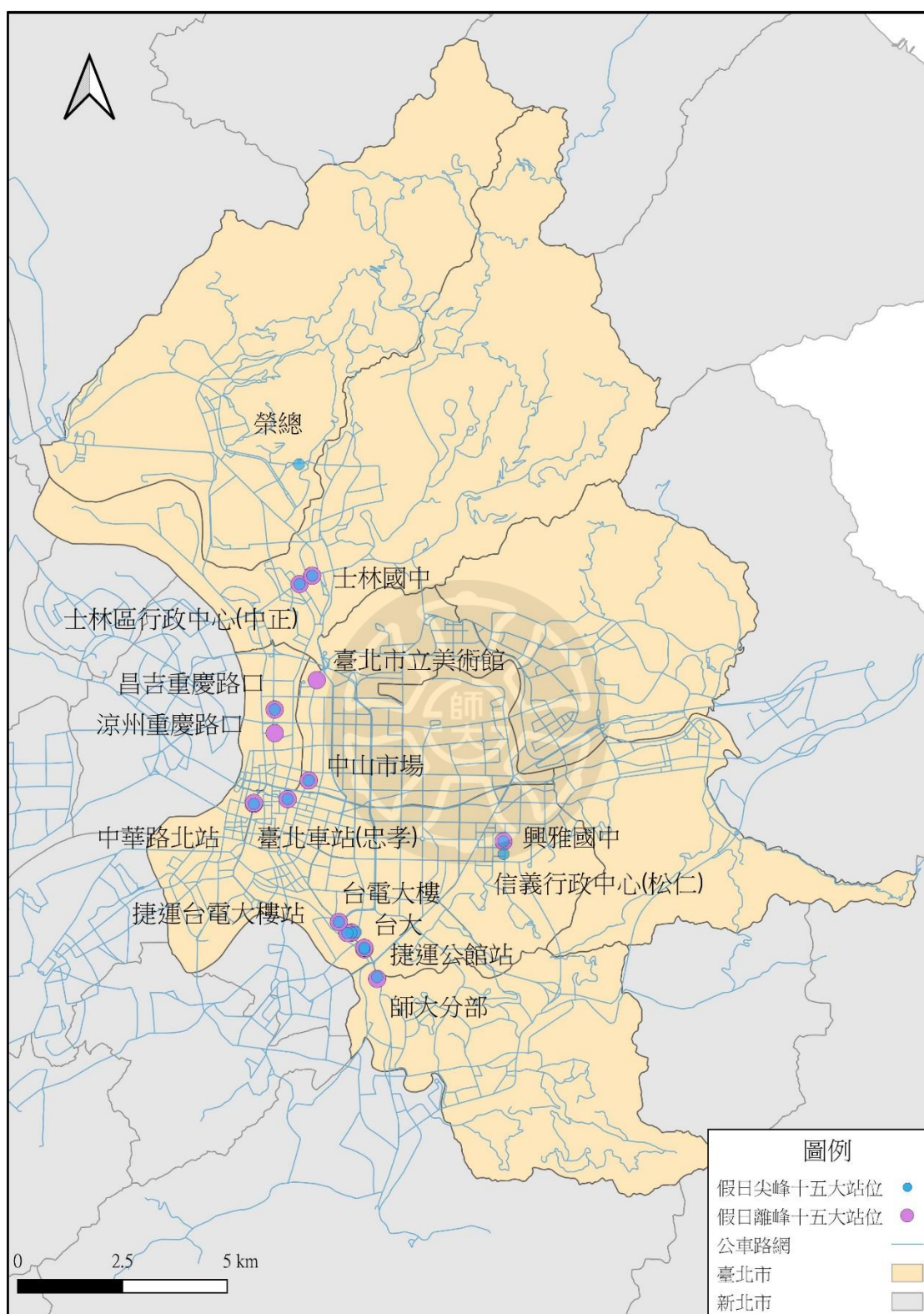


圖 4-6、假日尖、離峰時段可到達站位數前十五大之站位。

第三節、路段流量分析

本研究將單位時間內各路段被公車行經之次數進行統計，如表 4-6 依車次數將平日尖峰時段分類，通行車次數在 100 次以下佔總體約 90%，次數介於 101 到 200 之間的路段佔 9%，大於 201 次的路段僅佔 1%。接著將平日尖峰時段各公車路線行經路段次數連結至公車路網圖層，所得之結果即每小時路段通行流量圖，將通行次數依顏色深淺作為區隔，顏色越接近深藍色代表通行車次越高，其中表 4-7 為部分通行車次累計結果，該時段中通行次數最高者為忠孝西路一段，通行車次達 385 次。

表 4-6、平日尖峰路段平均每小時通行車次數。

車次	路段數	百分比
1~50	2710	76.38%
51~100	483	13.61%
101~150	243	6.85%
151~200	71	2.00%
201~250	16	0.45%
251~300	12	0.34%
301~350	9	0.25%
351~	4	0.11%
總計	3548	100.00%

表 4-7、平日尖峰路段前十大通行車次表。

路段編碼	路段名稱	車次/小時	通過路線數
487	忠孝西路一段	385	79
948	莊敬路	375	16
447	忠孝西路一段	373	75
1533	忠孝西路一段	351	66
1124	松山路	339	30
2056	忠孝西路一段	337	66
2458	公館圓環	330	93
1221	成功路四段	329	66
1416	中華路一段	316	89
1412	中華路一段	307	85

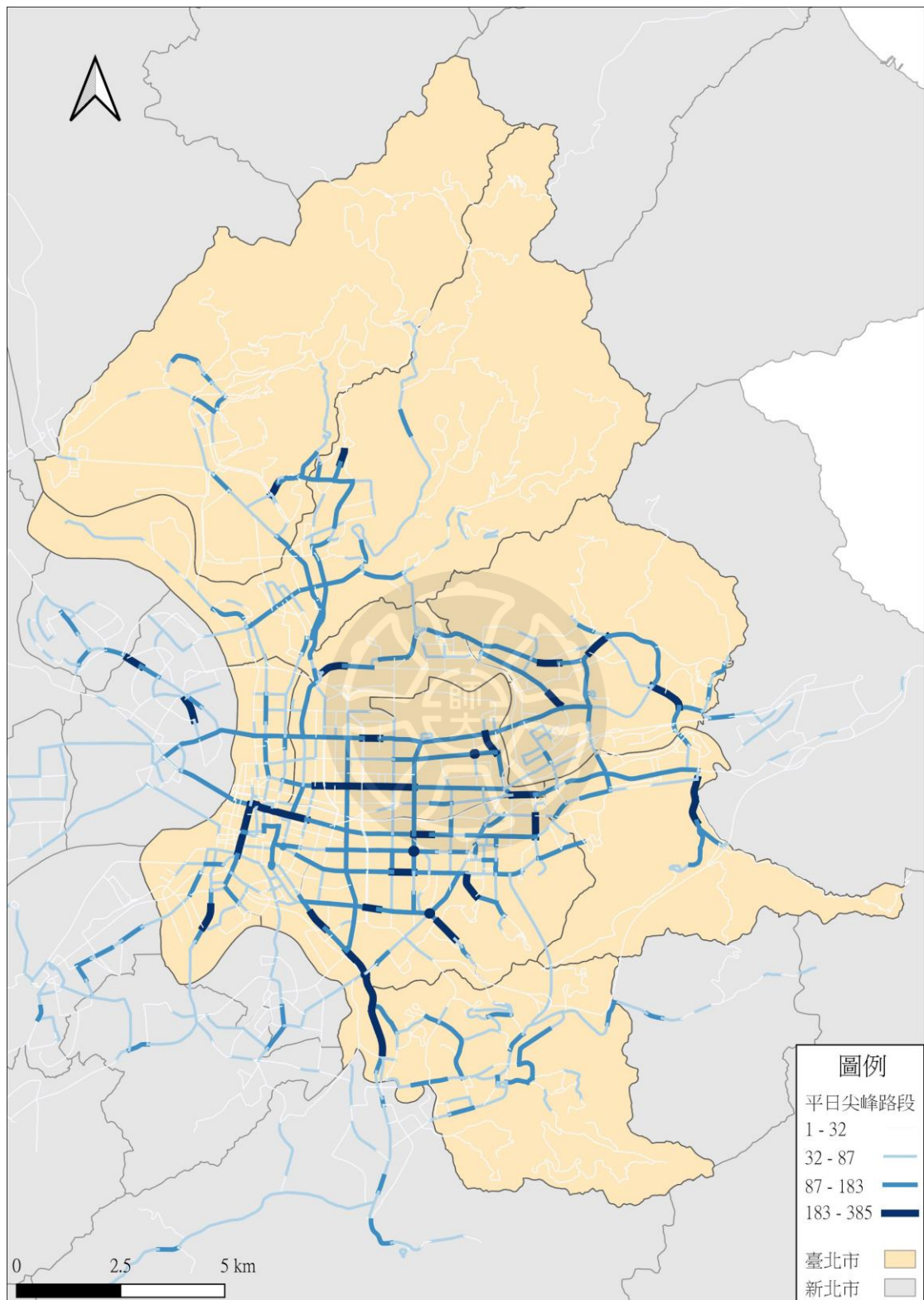


圖 4-7、平日尖峰時段路段流量圖。

圖 4-7 為平日尖峰時段之路段流量圖，本研究使用之車次數值分級方法為自然間斷法(Jenks natural breaks)，並將數值分為四級，從圖中可以觀察到行經次數大於 183 次的路段多集中在臺北市。

在臺北市區內部，有三條較規模相對完整的路段具有的較大公車流量，如圖 4-8 紅色圓圈處所示，第一條是由中華路一段延伸至忠孝西路一段，為進入或離開臺北車站的必經路段，周邊連結忠孝橋、中山北路一段等交通要道；第二條為南京東路一段至南京東路三段，該路段包含松江南京以及南京復興兩個捷運站；最後一條則是羅斯福路四段至六段，為通往文山區的主要幹道，周遭有臺灣大學學區及公館商圈。其餘高流量路段則零星散落在市區各處，萬大路則是連接華中橋，為萬華區與中和、板橋區的聯繫道路，南港研究院路二段行經中央研究院，提供舊庄地區及中華科技大學交通所需，同時也是大有巴士、三重客運的調度站。



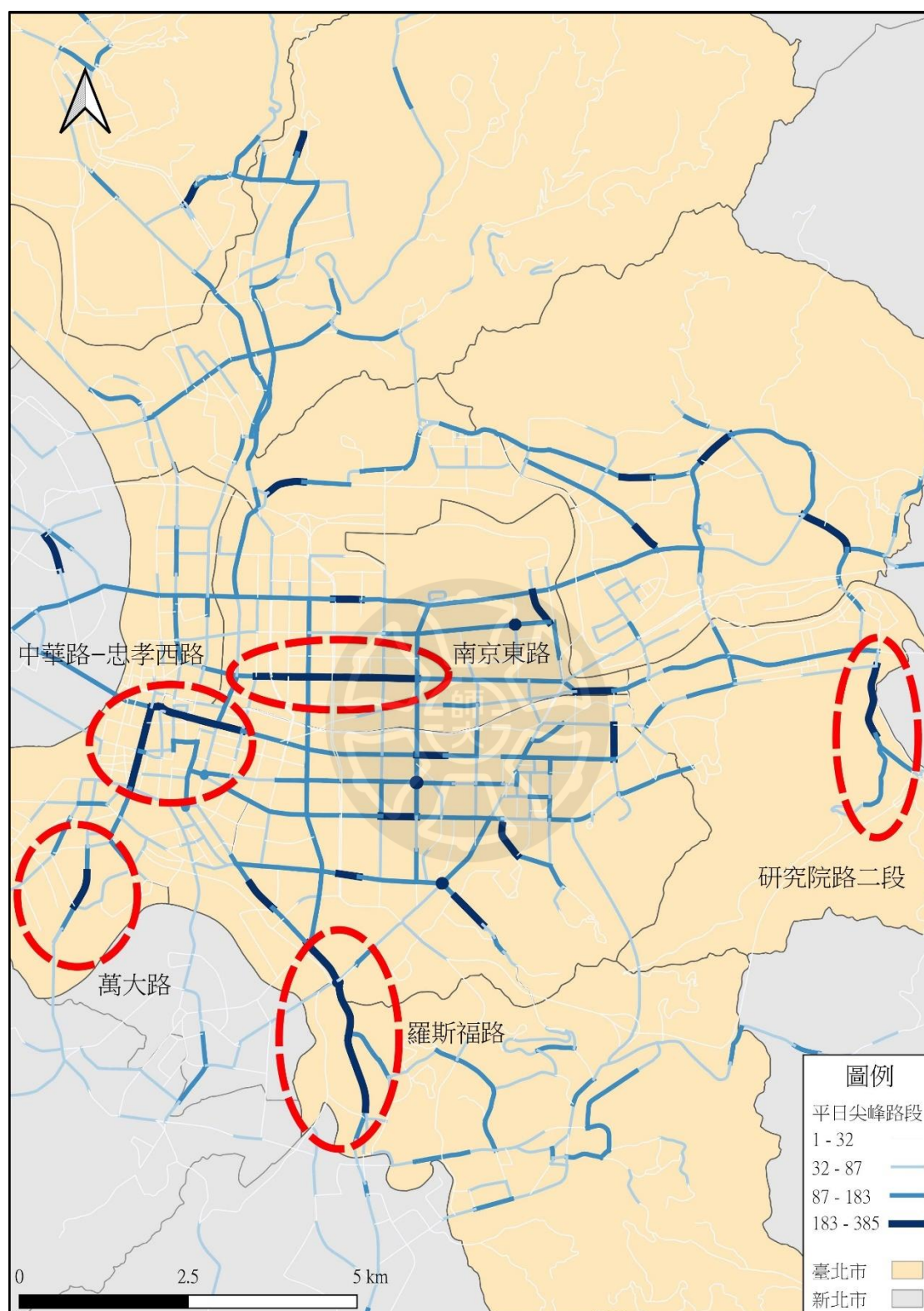


圖 4-8、平日尖峰時段路段流量局部放大圖。

將路段流量圖套疊站位流量圖產生圖 4-9，其中行經車次數量較高的路段通常沿路停靠的站位也會較多，但在部分路段則不然，究其原因為該路段屬於重要交通節點，如東門圓環、和平東路圓環、仁愛敦南圓環等等，行經車次每小時約 150 次，此類節點由於屬路口交界處，能夠提供各方向的車輛通過，而非一般路口只能以其中單一車道通行，因此在車次累計上較為突出。



圖 4-9、路段流量圖套疊站位流量圖。

臺北市作為全臺灣公車路網規模最完整，公車路線最多的城市，是目前國內少數擁有公車專用道的縣市，根據臺北市交通管制工程處的資料顯示，表 4-8 為各公車專用道的起訖點以及長度資訊，自民國 85 年開始，臺北市在松江路設置了第一個公車專用道，時至今日已規劃了 15 條公車專用道，總長度達到 60.5 公里。

本研究將公車專用道數化為向量圖層後，與路段流量圖進行套疊，如圖 4-10 所示，可以清楚發現臺北市區內行經車次較高的路段多設有公車專用道，專用車道的好處除了公車不必頻繁的切換車道外，由於其有優先使用權，因此在交通繁忙的時段一定的速率通行，能夠減少公車行駛時間以及乘客候車時間的花費，能使乘客在有限的時間之內到達更多的站位，然而公車專用道的設置除了與單位時間的車流量有關之外，也與道路的寬窄有關，只有在道路夠寬敞的情況之下，才有設立公車專用道的可能，因此目前臺北市的公車專用道僅在幾條主要的幹道上有所設置。





圖 4-10、公車專用道套疊路段流量圖。

表 4-8、公車專用道起訖表，整理至臺北市交通管制工程處。

路線別	起點	終點	長路(公里)
松江路	民權東路	八德路	3.7
新生南路	忠孝東路	和平東路	3.56
敦化南北路	民權東路	信義路	3.15
民權東路	敦化北路	承德路	7.2
民權西路	承德路	延平北路	1.28
南京東路	中山北路	三民路	8.4
仁愛路	中山南路	敦化南路	6.2
仁愛路延伸段	敦化南路	逸仙路	2.4
信義路	中山南路	基隆路	9
重慶北路	酒泉街	南京西路	4
中華路	開封路	愛國西路	2.12
羅斯福路	寧波東街	興隆路	6.75
新光路	新光路動物園前圓環	汴水處理廠迴轉道	2.2
玉門街	民族西路	酒泉街	0.4
忠孝西路	館前路	重慶北路	0.14

若將路段流量圖套疊最小統計區人口密度圖，如圖 4-11 所示，可以觀察到在人口密度高的區域其鄰近路網也多為高車流量之路段，尤其在離臺北市中心越遠的地區，此現象就越明顯，例如北投區的石碑路二段至天母西路連結石碑與天母兩地，提供天母地區民眾轉乘捷運石碑站服務，中山區北安路貫穿大直主要住宅社區為大直往士林或臺北市區的主要聯外道路，內湖區康寧路三段至內湖路一段沿線經過內湖東湖社區、清白新村以及西湖社區等聚落。

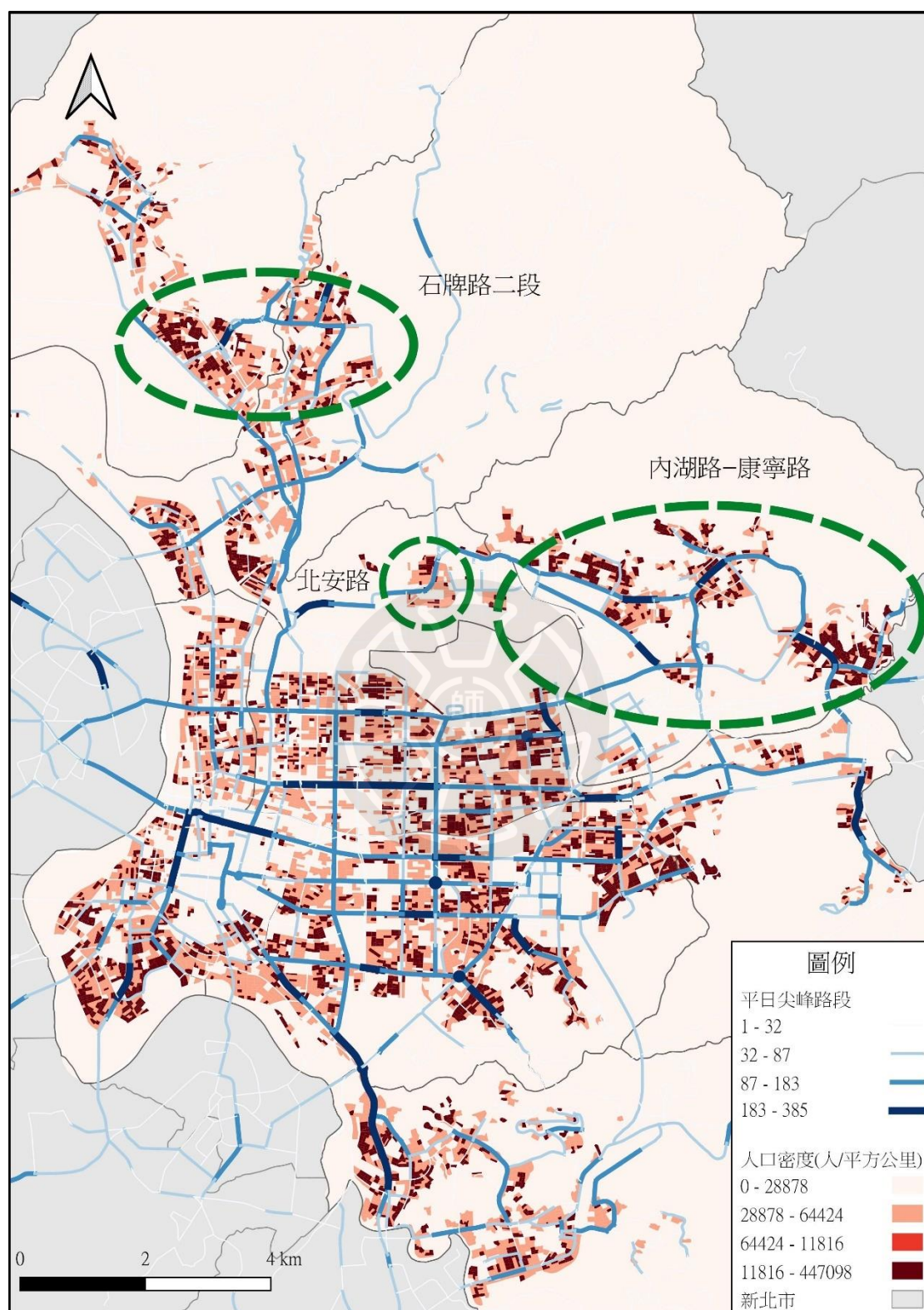


圖 4-11、路段流量圖套疊人口密度圖。

第四節、公車可及性分析

本研究藉由可及性分析系統的單一地點可及性分析工具，由國立台灣師範大學作為起點出發，將花費時間設定在 30 分鐘，步行距離 1000 公尺，轉乘步行距離 250 公尺以內，量測在平日尖峰時段時，其搭乘公車可及之站位，並以每十分鐘為區間，繪製單一地點交通可及性地圖，如圖 4-12 所示，可到達的站位數量在 10、20、30 分鐘時分別為 105、541、840 站，總計 1486 站，從圖中可以發現最北可到士林區忠誠公園、最南邊至新店區青潭、西邊至新莊區營盤口、東至南港區陸軍後勤指揮部。

於 10 分鐘之內可到達的區域來看，移動範圍主要集中在中山南路至敦化南路之間，往南則到達捷運公館站周遭，整體仍在大安區以及中正區之內；20 分鐘之內可到達的區域涵蓋了臺北市的大同、中正、中山、大安、萬華、文山、信義、松山區並且跨越到了新北市的永和、新店、三重、板橋、中和區；在 30 分鐘之內，則比 20 分鐘時多了士林、內湖、蘆洲三個行政區，臺北市境內除了北投區之外，其他行政區皆可抵達。

以整體的移動範圍來看，可以發現從師大出發在 30 分鐘之內在往東邊移動時，移動的距離相較之下明顯不如通往其他的三個方向，但從通過的站位來看，其原因和通行的站位位置與路線的規劃有關，如往蘆洲、士林、中和地區的方向，其通行的站位是隨著一條主要道路向外延伸，呈現筆直的分布情形，沿途多為該地區人口較集中之區域；在通往南港的方向則是散佈在多條道路之間，呈現面狀的分布特徵，公車路線以繞行社區的方式設計，因此站位分布較為集中在某一區域範圍之內。上述兩者在佔位的空間分布差異，顯示公車路線在規劃時，多半會考慮一地的人口分佈狀況以及公車使用需求進行評估。

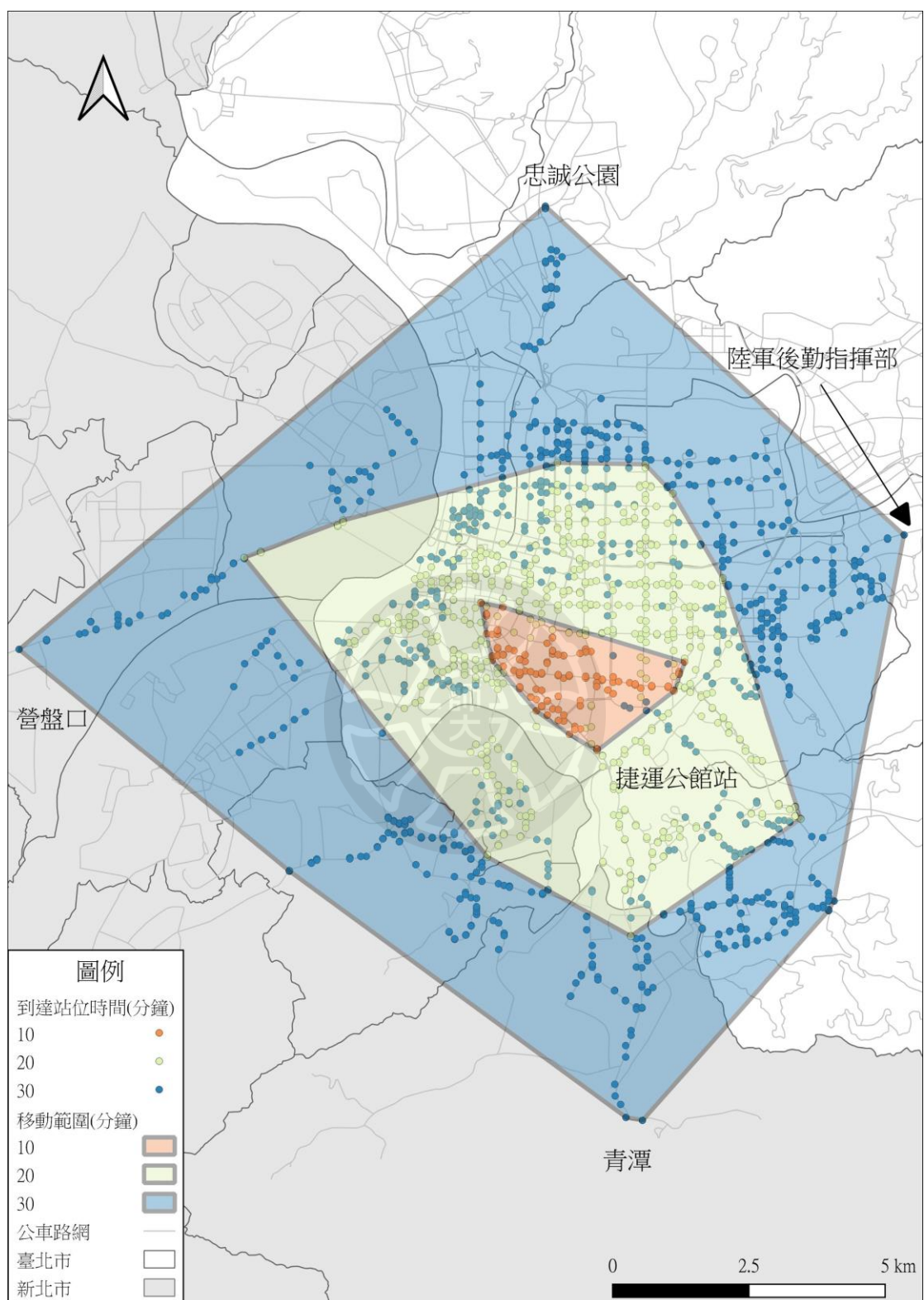


圖 4-12、單一地點交通可及性地圖。

為了了解臺北市區公車系統對於臺北市公共交通的影響程度，延續單一地點交通可及性分析，本研究以最小統計區之中心點作為出發點，進行多地點的交通可及性分析，對於每一分區之可及性進行量測，計算在一次轉乘的限制下，移動至站位的步行距離 1000 公尺、轉乘距離 250 公尺以及 30 分鐘之內，可到達的站位數量作為各分區的可及性好壞的依據，並將其為臺北市平日尖峰時段最小統計區公車可及性地圖，如圖 4-13 所示，此圖中顏色越接近紅色表示該自該區域中心點出發，30 分鐘內所能到達的站位就越多，可及性越高，反之越接近藍色則表示可及性較差，在單位時間內，所能到達的站位數較少，表 4-9 為各區間的站位數統計表。

表 4-9、分區可到達站位數統計表。

可到達站位數	分區數	百分比	累計百分比
1 - 200	192	1.67%	1.67%
201 - 400	533	4.64%	6.31%
401 - 600	892	7.76%	14.07%
601 - 800	1552	13.51%	27.58%
801 - 1000	1535	13.36%	40.94%
1001 - 1200	1336	11.63%	52.57%
1201 - 1400	1664	14.48%	67.05%
1401 - 1600	1666	14.50%	81.55%
1601 - 1800	1304	11.35%	92.90%
1801 - 2000	714	6.21%	99.11%
2001 - 2200	100	0.87%	99.98%
2201 -	2	0.02%	100.00%
總計	11490	100.00%	

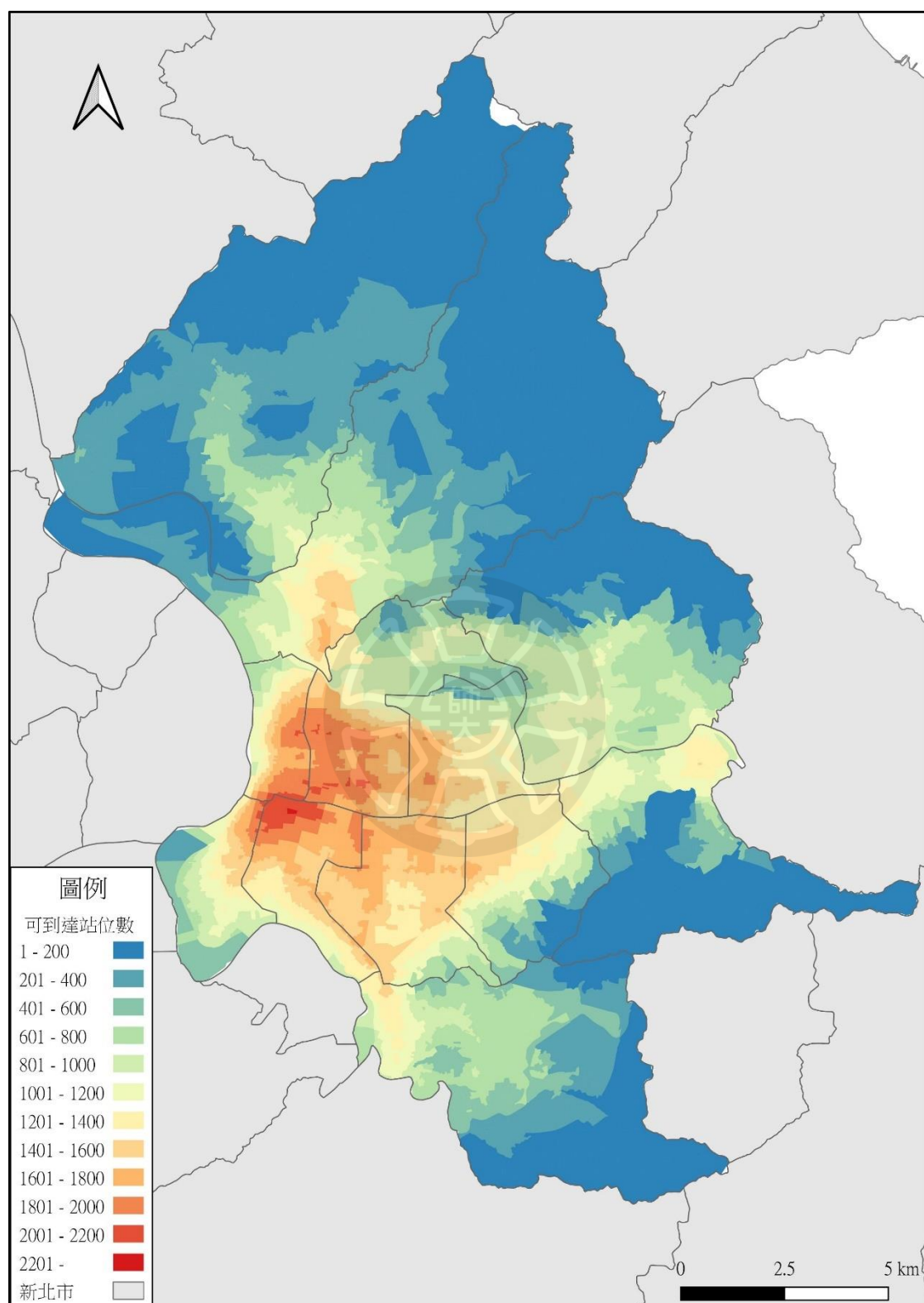


圖 4-13、平日尖峰時段公車可及性可及性地圖。

將地圖進一步放大，透過圖 4-14 可以得知，在平日的尖峰時段臺北市整體的可及性呈現西高東低的現象，顏色最接近紅色的區域其可及性越高，可到達站位數在 2200 站以上的僅有兩個分區，皆位在臺北火車站前的忠孝西路一段，分別可以到達 2214、2209 站，數量在 2000 站以上的分區佔整體數量地的 0.87%，分布在大同區、中正區、中山區與部份的萬華區，主要以臺北火車站為中心向周遭擴散，以及南京東路、民權西路的幾個重要交通路口。

數量介於 1800 至 2000 站的分區佔整體數量的 6.21%，其空間分布從南北向來看，分區主要分布在中山北路與新生北路之間以及松江路沿線至新生南路二段，東西向來看的話，則是民權西路由台北橋至松江路交會口和南京西路至南京東路二段。

數量介於 1600 至 1800 站的分區佔整體數量的 11.35%，空間上的分布除了由前面提到的道路向外延伸之外，南北向多了敦化北路至敦化南路一段，東西向包含由臺北火車站所在的忠孝西路至東區商圈的忠孝東路四段、總統府前的仁愛路一段至仁愛路四段的仁愛敦南圓環，以及同樣從總統府開始但信義路一段至國父紀念館所在的信義路四段。

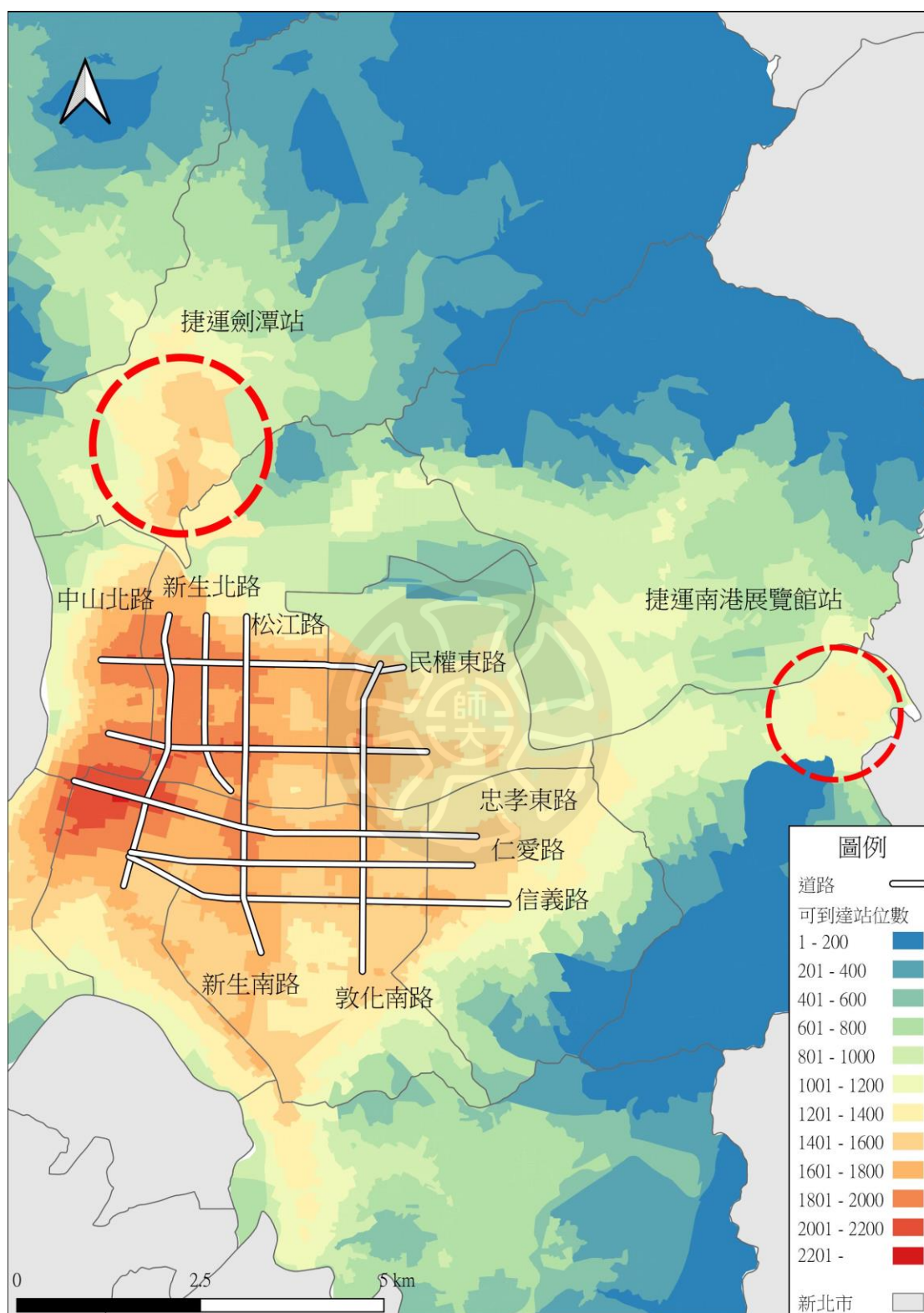


圖 4-14、平日尖峰時段公車可及性可及性局部放大圖。

在圖中部分區域並未與上述的道路相連，且可及性相對附近區域較佳的地區，例如士林區劍潭捷運站周圍，可到達的站位數約在 1400 至 1800 站上下，與臺北市區相差無幾，捷運南港展覽館站附近的南港展覽館以及南港軟體園區等地，可到達的站位數約莫在 1200 至 1400 站左右。

由於臺北市的公共運輸選項相較於國內大部分都市多了捷運系統這個選項，且捷運已融入臺北市民的生活中，是不可或缺的重要交通運輸工具，因此若只以公車運輸系統評估各地的可及性可能無法代表臺北市公共運輸交通網路的全貌，因此本研究進一步將臺北捷運系統納入討論，並繪製成臺北市交通可及性地圖，如圖 4-15 所示，其中捷運各路線的行駛時間以及候車時間以臺北市大眾捷運股份有限公司所公開之時刻表及班距為主，表 4-10 為加入捷運後各區間的站位數統計表。。



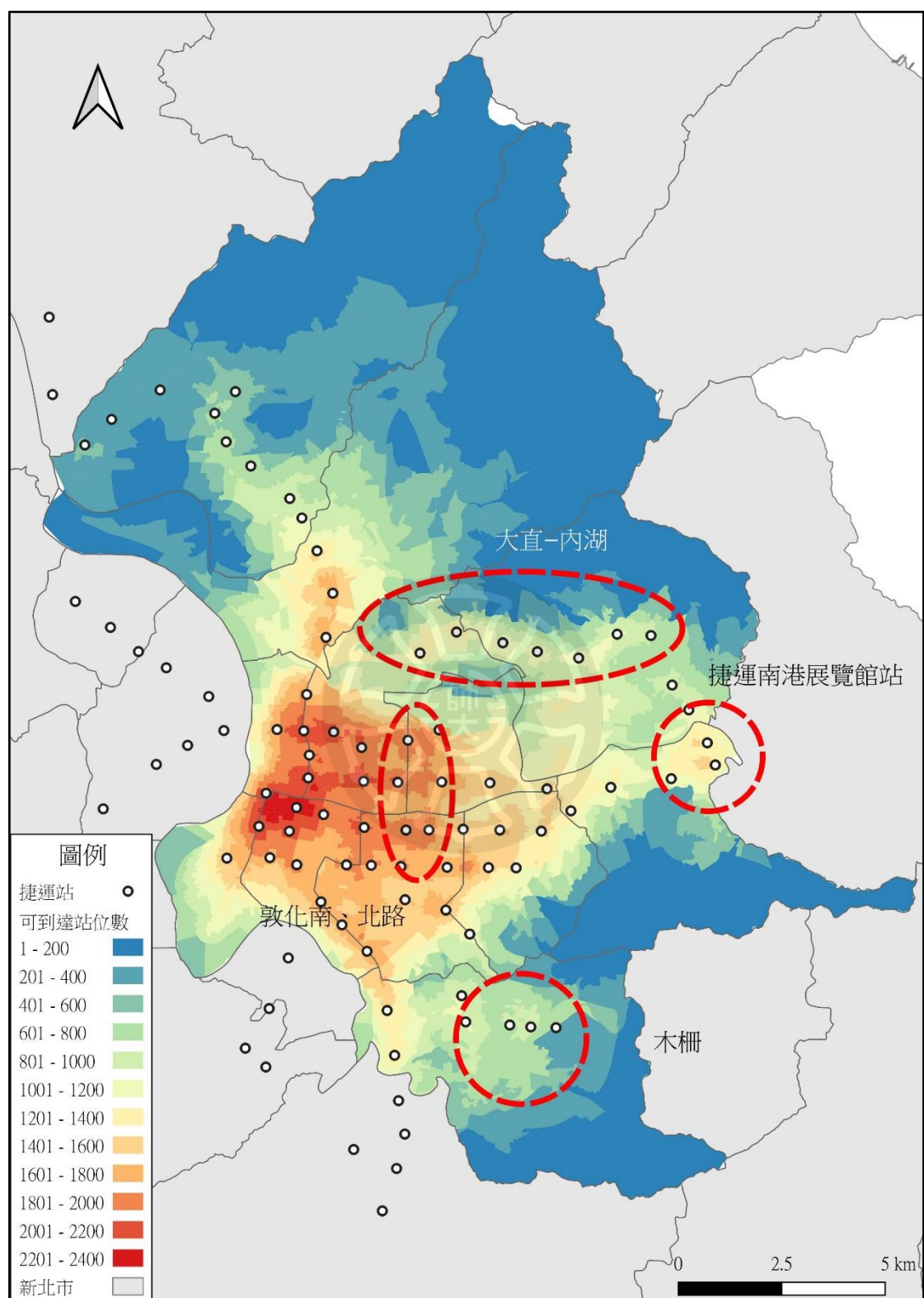


圖 4-15、平日尖峰時段交通可及性可及性地圖。

表 4-10、站位數統計表(加入捷運)。

可到達站位數	站位數	百分比	累計百分比
1 - 200	177	1.54%	1.54%
201 - 400	491	4.27%	5.81%
401 - 600	691	6.01%	11.83%
601 - 800	1357	11.81%	23.64%
801 - 1000	1485	12.92%	36.56%
1001 - 1200	1269	11.04%	47.61%
1201 - 1400	1477	12.85%	60.46%
1401 - 1600	1425	12.40%	72.86%
1601 - 1800	1503	13.08%	85.94%
1801 - 2000	1202	10.46%	96.41%
2001 - 2200	355	3.09%	99.50%
2201 -	58	0.50%	100.00%
總計	11490	100.00%	

此外我們可以還看到在臺北市除了較偏遠的外圍山區之外，大部分的分區可到達的站位在納入捷運系統進行計算後，數量皆有所提升，在顏色上有比較明顯差異的區域如市區的部分在 1800 站以上的分區從松江路向東延伸至敦化南北路，幾個遠離大型路口的分區也都增加到 1600 站以上，先前分析中提到的南港展覽館站周遭的分區可及性也有可觀的提升，在內湖區的部分與大直之間沿著捷運站形成了一條交通廊道，原先表現較一般的木柵地區也因為捷運站的關係帶動附近的分區交通狀況。

以統計數據來看，表 4-11 為未加入捷運及加入捷運後其分區可到達站位的四分位數、最小、最大以及平均值，整體的角度來看平均值在納入捷運系統後，從原先的 1131.3 站成長至 1217.3 站，平均每個分區可在 30 分鐘內可多移動至 86 個站位，而最大值則增加至 2390 站，同樣位在臺北火車站前的忠孝西路一段。

表 4-11、四分位數比較表。

分位	分位數	
	未加入捷運	加入捷運
最小值	1	1
第一四分位數	759	820
第二四分位數	1160	1243
第三四分位數	1516	1631
最大值	2214	2390
平均值	1131.29	1217.30

為了更明確地對比臺北市可及性在加入捷運系統的差異，本研究將各分區前後增加的站位數比例值依四分位數的方式進行分組，繪製成可及性增加比例圖，如圖 4-16 所示，圖中顏色越接近深棕色的區塊，代表該分區在納入捷運系統後，其可到達站位數的增加比例越高，從圖上可以發現，除了先前分析時所觀察到的內湖、南港、木柵等地方以外，從捷運關渡站開始，沿著捷運淡水信義線往市區的方向，在捷運站周遭的分區都不錯的表現，尤其在北投一帶，其中前後先差最多的分區就位於捷運復興崗站所在的分區，從原先的 242 站增加到 389 站，相差 147 站，提升的幅度達 60.7%，雖然增加的幅度如此之高，但其原因主要歸咎於基數較低，稍微增加站位數，就會有顯著的差異，但可及性依然遠遠低於整體的平均值，儘管如此，捷運系統的設置對於距離市區較遠的區域而言，還是有很大的幫助，這一點可以從增加百分比的空間分布狀況可見一斑。

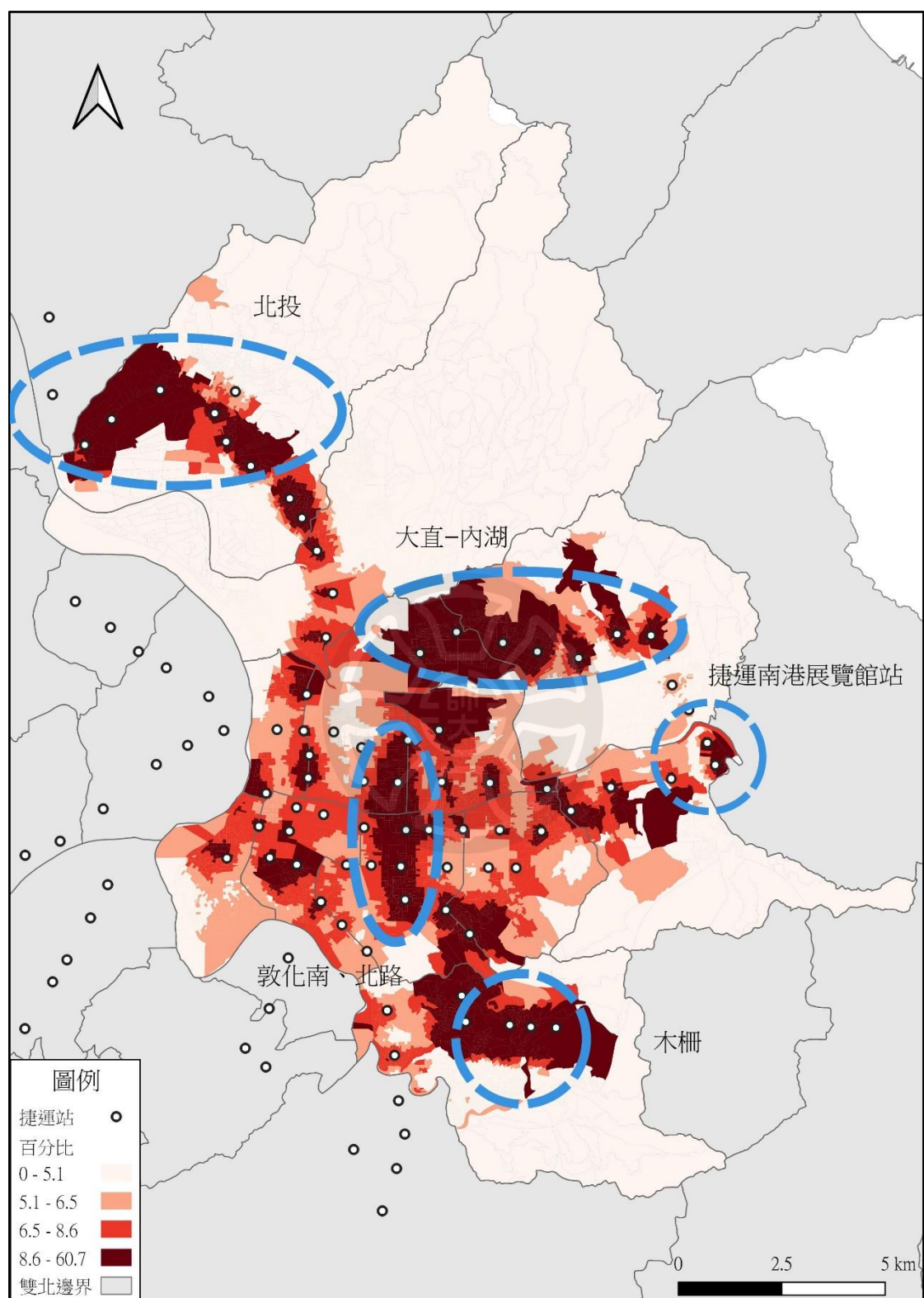


圖 4-16、站位數差異百分比圖。

第五章、結論與建議

第一節、結論

回顧前述之研究成果，本研究參考 GTFS 以及交通部對於大眾運輸系統資料的紀錄格式，提出一個公共運輸可及性分析的資料架構，由於資料格式具有通用的標準，因此其他種類的大眾運輸工具、不同城市甚至國家的大眾運輸資料，只要以相同的格式紀錄，都可利用本研究的資料架構進行分析，使用上有高度的拓展性。接著以此資料架構建立交通資料庫，結合地理資訊系統建置交通運輸可及性分析系統，利用自動化的方式，將繁雜的分析步驟簡化，減少人工分析時所花費的時間，提供快速分析的研究工具，可用於分析公共運輸系統對於一地交通可及性的影響，作為空間決策之參考。

本研究對台北市區公車原始資料進行加值應用，透過車次資料及路段處理流程，產生新的車次資料、路段資料結構，在車次資料的部分，從原先的公車站點資料進行排序及車次編碼，轉變為具有線段以及時間循環概念的路徑資料，因此本研究所建立之資料架構是具有一定程度的延展性，不僅適用於臺北市市區公車也可套用在全國的公車動態資訊系統，只要交通運輸系統具有固定的路線、行駛順序以及穩定的發車頻率等特性，並且在資料紀錄中包含路線、行進方向、停靠順序、停靠時間等資訊，皆可透過此資料框架進行分析及應用。

在可及性評估指標的建立，有別於以往其他研究以一般的分區可及性分析，僅將分區通行至其他分區的多寡作為量測的標準，本研究之個案分析將分析單元由交通分區縮小至最小統計區，以實際的歷史資料紀錄進行分析，並納入時間的要素，整理出長期的平均表現，希望能以最貼近民眾搭乘市區公車運輸系統的情境，了解各統計區以市區公車作為主要代步工具輔以步行的條件之下，各區在單位時間內交通可及性的高低。此外，在單一地點的交通可及性分析的部分，其功能雖與 GoogleMap 的規畫路線有相似的概念，但本研究將分析

著重在找出最多的可能移動範圍，而 GoogleMap 則注重在找出兩地之間所有可能的移動方案，前者適合用於例如：建案開發、買房租屋等區位選址時的參考，可以藉由比較兩地之間交通可及性及範圍差異，評估合適的開發或居住地點，因此兩者在使用的目的上，即有明顯的區別。

最後，透過實例分析本研究分別從點、線以及面三種不同的角度探討臺北市區公車運輸之現況，並以視覺化的方式展示分析結果，研究發現臺北市整體的交通可及性呈現西高東低的現象，可及性是由中正區的臺北火車站周遭向外遞減，在考量捷運系統的情況之下，對於市區的可及性影響較小，但對於市區外圍的區域其可及性是有明顯的提升。

第二節、後續研究建議

本研究在資料的使用上，並未將臺灣鐵路、高速鐵路、輕軌等運輸系統納入討論，後續研究可將上述系統一同納入討論，將可及性的分析對象拓展至整體的交通運輸系統，除了更符合一般大眾的使用需求之外，也能夠更全面的了解都市內部的交通態勢。目前本研究建立之資料架構僅適用於有固定營運模式之交通運輸系統，並沒有辦法處理如 YouBike、T-Bike 等具有固定樁之公共自行車系統，建議後續研究在課題的選擇上，也可以將此列入考量，以便更貼近不同使用者的角度。

此外，在路段分析的部分，本研究為了簡化路段資料，因此在處理路段資料時，將其設定為單線分段，並未將方向納入考量，然而實際情況並非如此，此種作法容易忽略道路不同方向的流量是否存在著某種差異，若將路段改採雙線分段的方式建構，不僅能夠更符合現實公車的移動軌跡，也能藉此了解整體路網的車流趨勢。

最後，受限於資料不足，由於本研究使用之資料日期為 2018 年 7 月之車機資料，然而直至 2019 年 7 月 1 日，雙北公車系統才將刷卡方式改為上下車皆須刷卡，在此之前則依路線分段要求進行刷卡，因此無法將電子票證資料與車機

資料一同分析，僅能以供應的角度進行探討，因此建議未來若要研究臺北市公車運輸系統，可將車機資料與電子票證資料結合，以不同的角度進行研究，且本研究僅使用臺北市聯營公車之車機資料，但由於臺北市與新北市實屬同一生活圈，因將兩者的公車系統一併納入考量，才能夠更加清楚的掌握雙北的公車運輸脈絡以及交通特性。



參考文獻

中文文獻

王湮筑 (2000)。市區公車之既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。

交通部運輸研究所 (2015)。交通部綠運輸節能減碳成果及未來推動方向之研究。

任磊、杜一、馬帥、張小龍、戴國忠(2014)。大資料可視分析綜述。軟體學報, 25(9)。

李舒媛 (2018)。「以悠遊卡大數據探討 YouBike 租賃及轉乘捷運之使用者行為」。淡江大學運輸管理學系碩士班碩士論文。

張家輔 (2005)。地理資訊系統應用於免費公車路線調整之分析。中原大學土木工程研究所碩士論文。

盛柏雄 (2013)。市區公車接駁路線調整原則之研究- 以台中市 BRT 快捷巴士接駁路線為例。逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文。

陳其華、吳東凌、陳翔捷、王晉元、邱裕鈞、蘇昭銘 (2016)，公車動態資訊系統巨量資料(Big Data)蒐集與視覺化分析研究(初版)，臺北市：交通部運輸研究所。

曾怡之 (2019)。以租用時間探討公共自行車使用者移動的時空特徵。中國文化大學地學研究所地理組碩士論文。

臺北市政府交通局 (2019)。107 年臺北市民眾日常使用運具狀況摘要分析。

臺北市政府交通局 (2019)。108 年 1 月臺北市交通統計月報。

裴文琦 (2019)。「城市公交時空軌跡資料可視分析研究」，西南科技大學碩士論文。

蔡京津 (2021)。客製化公車路線存活分析：可及性之影響。國立臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文。

蘇昭銘、邱裕鈞、張志鴻、王穆衡、王晉元、蔡欽同、沈美慧 (2013)。公路汽車客運路線審議作業空間決策輔助指標之建立與應用。運輸計劃季刊，42(2)，171-193。

英文文獻

Algueró, P. S. (2013). *Using Smart Card Technologies to Measure Public Transport Performance: Data Capture and Analysis*. Technical Report Industrial Engineering.

Benenson, I., Ben-Elia, E., Rofé, Y., & Geyzersky, D. (2017). The benefits of a high-resolution analysis of transit accessibility. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(2), 213-236.

Dharmadhikari, N., & Lee, E. (2015). Average opportunity-based accessibility of public transit systems to grocery stores in small urban areas. *Cogent engineering*, 2(1), 1068968.

Fan, J., Fu, C., Stewart, K., & Zhang, L. (2019). Using big GPS trajectory data analytics for vehicle miles traveled estimation. *Transportation research part C: emerging technologies*, 103, 298-307.

Han, C., Liu, X., Shen, X., Zhang, L., & Feng, N. (2019). Evaluating the spatial deprivation of public transportation resources in areas of rapid urbanization: accessibility and social equity. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2019.

He, F., & Shen, Z. J. M. (2015). Modeling taxi services with smartphone-based e-hailing applications. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, 93-106.

Itzhak Benenson, Eran Ben-Elia, Yodan Rofé & Dmitry Geyzersky (2017) The benefits of a high-resolution analysis of transit accessibility, *International Journal of Geographical Information Science*, 31:2, 213-236.

Kerren, A., Stasko, J., Fekete, J. D., & North, C. (Eds.). (2008). *Information*

- Visualization: Human-Centered Issues and Perspectives* (Vol. 4950). Springer.
- Rao, W., Wu, Y. J., Xia, J., Ou, J., & Kluger, R. (2018). Origin-destination pattern estimation based on trajectory reconstruction using automatic license plate recognition data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 95, 29-46.
- Shneiderman, B. (1996, September). The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations. In *Proceedings 1996 IEEE symposium on visual languages* (pp. 336-343). IEEE.
- T. L. Lei & R. L. Church (2010) Mapping transit-based access: integrating GIS, routes and schedules, *International Journal of Geographical Information Science*, 24:2, 283-304.
- Tribby, C. P., & Zandbergen, P. A. (2012). High-resolution spatio-temporal modeling of public transit accessibility. *Applied Geography*, 34, 345-355.
- Wang, Z., Ye, T., Lu, M., Yuan, X., Qu, H., Yuan, J., & Wu, Q. (2014). Visual exploration of sparse traffic trajectory data. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 20(12), 1813-1822.

網站資料

- Shih-Wen Wu(2019)，以公車路線解構大台北生活聚落，取自：
<https://medium.com/geopainter/%E4%BB%A5%E5%85%AC%E8%BB%8A%E8%B7%AF%E7%B7%9A%E8%A7%A3%E6%A7%8B%E5%A4%A7%E5%8F%B0%E5%8C%97%E7%94%9F%E6%B4%BB%E8%81%9A%E8%90%BD-3d784f1ee6a1>
- 一般大眾運輸動態饋給規格(2022)，General Transit Feed Specification，取自：
<https://gtfs.org>
- 公車 API 靜態資料使用注意事項(2022)，公共運輸整合資訊流通服務平台，取自：
<https://ptx.transportdata.tw/PTX/Monitor/etl>
- 交通資訊基礎路段編碼規範(2022)，運輸資料流通服務，取自：
<https://motclink.gitbook.io/link/lu-duan-bian-ma-nei-rong/3standard#1.-ming-ci-ding->

yi

靜態大眾運輸資訊(2022)。Google Transit API，取自：

<https://developers.google.com/transit/gtfs>

