

國立陽明交通大學

運輸與物流管理學系

碩士論文

Department of Transportation and Logistics Management

National Yang Ming Chiao Tung University

Master Thesis

公共運輸服務缺口分析之研究

The Study of analyze the Transit Deserts

研 究 生：陳欣妤（Chen, Hsin-Yu）

指導教授：王晉元（Wang, Jin-Yuan）

中華民國一一二年八月

August 2023

公共運輸服務缺口分析之研究

The Study of analyze the Transit Deserts

研 究 生：陳欣妤

Student：Hsin-Yu, Chen

指導教授：王晉元 博士

Advisor：Dr. Jin-Yuan, Wang

國立陽明交通大學

運輸與物流管理學系

碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Yang Ming Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Traffic and Transportation

August 2023

Taiwan, Republic of China

中華民國 一一二年八月

公共運輸服務缺口分析之研究

學生：陳欣妤

指導教授：王晉元

國立陽明交通大學運輸與物流管理學系碩士班

摘要

公共運輸不僅滿足民眾基本民行之所需，亦是區域發展之根基。基於節能減碳、永續運輸、區域發展、實現社會公平正義等原因，推動公共運輸在各先進國家發展策略上都有十分重要之地位。為落實公共運輸之發展，必須針對公共運輸服務現況進行檢視，以尋找公共運輸服務之缺口。本研究之目的為發展一套方法，可以合理地定義出公共運輸服務供需落差之區域。

本研究利用公車站牌、歷史動態資料量化公共運輸之供給程度，並透過持有車輛、社會經濟特性等資料衡量公共運輸之潛在需求。本研究提出可及頻率方法，針對公共運輸服務缺口分析進行改善、優化，其中於供給層面指標中詳加考慮了班次頻率，並和現有之二種方法進行比較。實證研究結果顯示，本研究提出之方法在搜尋公共運輸服務缺口時，更具有合理性，且在指標設計上亦具備了簡易性、易讀性與可解釋性。

關鍵詞：公共運輸、公共運輸服務缺口分析、PTAL、涵蓋率、可及性

The Study of analyze the Transit Deserts

Student : Hsin-Yu, Chen

Advisor : Dr. Jin-Yuan, Wang

Department of Transportation and Logistics Management
National Yang Ming Chiao Tung University

Abstract

Public transportation not only meets the basic needs of diverse user groups but also stands as a cornerstone for regional development. Driven by imperatives such as energy conservation, carbon reduction, sustainable transportation, regional development, and the realization of social equity, the promotion of public transportation holds a significantly vital position in the development strategies of nations worldwide. In order to facilitate the advancement of public transportation, it is imperative to assess the current status of public transportation services to identify existing gaps. The purpose of this study is to develop a methodology that can judiciously define the gap in the supply and demand of public transportation services.

This study aims to establish a clear and better method for calculating and quantifying gaps between transit demand and supply by utilizing bus real-time data, car ownership data, and various social indicators. Furthermore, this study proposes a supply indicator that takes into account service frequency and compares it with two existing methods. The empirical testing reveals that the method proposed in this study exhibits enhanced rationality in identifying the Transit Deserts, while also demonstrating simplicity, legibility, and interpretability in its indicator design.

Keywords : public transportation 、 analysis of the transit deserts 、 PTAL 、 coverage 、 accessibility

目錄

摘要	i
Abstract.....	ii
目錄	iii
圖目錄	iv
表目錄	v
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究流程	2
第二章 文獻回顧	4
2.1 公共運輸服務缺口	4
2.2 小結	14
第三章 研究方法	16
3.1 公共運輸服務供給	17
3.2 公共運輸服務需求	24
3.3 研究實測場域簡介	25
第四章 研究結果	26
4.1 資料來源	26
4.2 基本統計分析	27
4.3 公共運輸服務缺口	30
4.4 公共運輸服務缺口差異比較	39
第五章 結論與建議	47
5.1 結論	48
5.2 建議	49
參考文獻	50

圖目錄

圖 1 研究流程圖	3
圖 2 公共運輸低供給-高需求區域_伯斯.....	6
圖 3 羅倫茲曲線_伯斯及雪梨	7
圖 4 PTAL_尖峰_雪梨.....	8
圖 5 供需落差_尖峰_低收入戶	8
圖 6 研究方法與架構圖	16
圖 7 空間服務合理涵蓋率示意圖	20
圖 8 時段性空間服務合理涵蓋率示意圖	20
圖 9 興趣點可及性示意圖	20
圖 10 公車動態定點資料(A2)資料清洗流程圖	23
圖 11 PTAL 之頻率資料集產製流程圖.....	24
圖 12 可及頻率之頻率資料集產製流程圖	24
圖 13 公共運輸服務缺口_PTAL	30
圖 14 公共運輸服務缺口_涵蓋與可及性.....	33
圖 15 公共運輸服務缺口_可及頻率.....	36
圖 16 公共運輸服務缺口差集_可及頻率	39
圖 17 公共運輸服務缺口差集_PTAL	40
圖 18 公共運輸服務缺口差集_涵蓋與可及性	41
圖 19 仁勢村_家戶與公共運輸場站分布	43
圖 20 柯湖里_家戶與公共運輸場站分布	44
圖 21 新雅里_家戶與公共運輸場站分布	46
圖 22 公共運輸服務供需落差缺口分析標準化作業流程	47

表目錄

表 1 文獻回顧彙整_供給與需求變數	11
表 2 文獻回顧彙整_缺口衡量方法	12
表 2 文獻回顧彙整_缺口衡量方法(續)	13
表 3 PTAL 指標轉換表	18
表 4 公車動態定點資料(A2)欄位說明	22
表 5 日常活動功能量表(ADLs)分類	25
表 6 資料來源彙整	26
表 7 公共運輸服務供給_PTAL 基本統計分析表	27
表 8 公共運輸服務供給_涵蓋與可及性基本統計分析表	27
表 9 公共運輸服務供給_可及頻率基本統計分析表	28
表 10 公共運輸服務需求基本統計分析表	29
表 11 公共運輸服務缺口_PTAL_供給	31
表 12 公共運輸服務缺口_PTAL_需求	32
表 13 公共運輸服務缺口_涵蓋與可及性_供給	34
表 14 公共運輸服務缺口_涵蓋與可及性_需求	35
表 15 公共運輸服務缺口_可及頻率_供給	37
表 16 公共運輸服務缺口_可及頻率_需求	38
表 17 公共運輸服務缺口差集_可及頻率	39
表 18 公共運輸服務缺口差集_PTAL	40
表 19 公共運輸服務缺口差集_涵蓋與可及性	41
表 20 仁勢村_公共運輸服務供給	42
表 21 仁勢村_公共運輸服務需求	42
表 22 柯湖里_公共運輸服務供給	44
表 23 柯湖里_公共運輸服務需求	44
表 24 新雅里_公共運輸服務供給	45

表 25 新雅里_公共運輸服務需求	45
-------------------------	----



第一章 緒論

1.1 研究背景

公共運輸不僅滿足民眾基本民行之所需，亦是區域發展之根基。我國交通部「公路公共運輸多元推升計畫(106-109)年」提及發展公共運輸具有節能減碳、解決交通壅塞、促進交通安全、促進地方經濟發展之功能 [1]。英國倫敦交通局「市長交通策略」(Mayor's Transport Strategy)將改善公共運輸列為重要之工作項目，並制定了一連串相對應之改善政策[2]。澳洲坎培拉「運輸策略」(ACT Transport Strategy 2020)表示優良的公共運輸不僅能降低碳排放也為住房、服務和商業帶來了嶄新的機會[3]。國外研究[4]亦顯示缺乏公共運輸服務會導致人們在就學、工作、就醫、日常購物等基本民生需求活動上的困難，進而造成該區域的社會劣勢(Social Disadvantage)和社會排除(Social Exclusion)。顯見基於節能減碳、永續運輸、區域發展、實現社會公平正義等原因，推動公共運輸在各先進國家發展策略上都有十分重要之地位。

為落實公共運輸之發展，必須針對公共運輸服務現況進行檢視，以尋找公共運輸服務之缺口。居住於公共運輸服務缺口之住民，因缺乏公共運輸而使其就學、就業、就醫、日常購物等基本民行活動受到限制，常導致社會劣勢與社會排除等問題，使住民成為弱勢人口。一旦成為弱勢人口，便會更難以搬離此區，且更難接近公共運輸服務，而使基本民行出現困難，造成惡性循環。因此檢視公共運輸服務缺口有其必要性。

在檢視公共運輸服務缺口時，除了考量供給層面的服務(如：公共運輸服務站點涵蓋率、公共運輸服務站點數量、路線服務頻率、起訖對連結性等)還必須加以考慮地區對於公共運輸需求之差異。避免出現某些區域雖公共運輸供給程度低，但實際上需求強度亦低落之情形，例如：該區域住戶多為年收入較高之高階管理階層，僅透過私家車出行。在面對現有資源有所限制的情況下，若針對此類地區進行資源之投入和公共運輸服務之改善，就無法對症下藥，造成資源的浪費。

考量公共運輸具有社會正義性質，且具資本密集、固定資本高以及沉沒成本之特性，因此在規劃、改善時必須切中要害，針對需求程度高但供給程度低之區域挹注資源，方能將資源配置最佳化。本研究希冀透過檢視公共運輸服務之供給程度並詳盡考慮各區域之需求強度，建立一評估公共運輸供需落差缺口之模式，以作為政策或相關單位改善公共運輸服務之參考。

1.2 研究目的

根據研究背景，本研究的目的為發展一套方法，可以合理地定義出公共運輸服務供需落差之區域。其中，透過蒐集公共運輸站點、時刻表等資料，量化公共運輸服務之供給程度，並配合社會經濟特性資料，以顯示區域間之潛在需求差異。

1.3 研究流程

綜上所述之研究目的及研究範圍，研擬本研究之研究流程圖，如圖 1，並針對各步驟進行說明如下：

1.問題定義

根據研究背景及目的，本研究希望構建一公共運輸供需落差缺口之模式，以找出真正亟待改善之區域。

2.文獻回顧

回顧過去有關公共運輸缺口分析之文獻，歸納、整理其研究範圍、方法、使用資料、使用特性以及評估指標等。並透過文獻回顧，了解現行研究之方向與不足，以供本研究方向之參考。

3.研究方法建立

本研究欲建立一公共運輸供需落差缺口之模式。將設計一套由資料輸入、建立模式至產出結果之一體化流程，此流程即為本研究之研究方法。

4.資料收集與處理

蒐集公車站牌(含公路客運、市區公車、幸福巴士、幸福小黃、台灣好行以及台灣觀光巴士)、時刻表、家戶資料、以及各項社會經濟相關資料(如:人口數、人口特性、持有車輛等)。

5.實例應用

利用所蒐集的資料套入公共運輸缺口分析模式，並依據模式分析結果產出公共運輸服務供需落差之區域。

6.結果分析

針對實例應用模擬結果進行討論與分析。

7. 結論與建議

綜整本研究之研究結果、研究限制，並歸納本研究提供之貢獻，並針對研究成果提出未來研究之方向與建議。

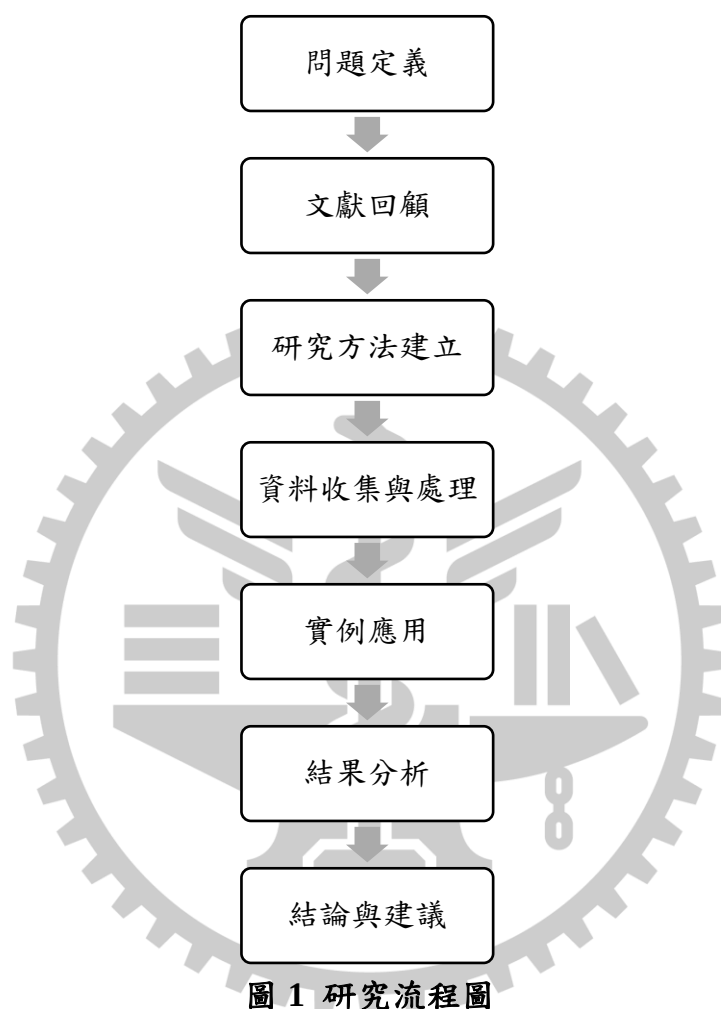


圖 1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

有關公共運輸缺口之衡量國外學界常將之與公平、社會正義結合探討。為衡量公共運輸系統之表現以及公平性，量化公共運輸之供給以及需求並檢視兩者之差異，即可定義出公共運輸之缺口。本節將回顧過去國內外有關公共運輸缺口分析之研究，了解過去研究之貢獻，以作為本研究方向之參考依據。

2.1 公共運輸服務缺口

Jiao(2013)[4]首先提出了「運輸沙漠」(transit deserts)之概念，並提出一量化方法計算公共運輸之供給和需求，並以 GIS(Geographic Information Systems)空間分析方法檢視供給和需求之差距。該研究分析美國四個主要城市：夏洛特(Charlotte)、芝加哥(Chicago)、辛辛那提(Cincinnati)以及波特蘭(Portland)。在需求層面，作者依據汽車持有和年齡組成計算公共運輸依賴人口(Transit-dependent population)分數以代表該區域之需求，其中公共運輸依賴人口(Transit-dependent population)計算如下式(1)至式(3)。

$$\text{家戶駕駛人數} = (16 \text{ 歲以上人口數}) - (\text{團體住所(group quarters)人數}) \quad (1)$$

$$\text{公共運輸依賴家戶人數} = (\text{家戶駕駛人數}) - (\text{可用車輛數(vehicles available)}) \quad (2)$$

$$\text{公共運輸依賴人口} = (\text{公共運輸依賴家戶人數}) + (12-15 \text{ 歲人口數}) + (\text{非機構化團體住所(如:兄弟會、姐妹會)人數}) \quad (3)$$

供給層面作者則以四項指標：1.公車鐵路站點數 2. 公車鐵路服務頻率 3.路線數 4.自行車道及人行道長度聚合成一標準化分數(Z-score)以判斷該區域之公共運輸供給程度。以此二供給和需求標準化分數即可得其差距，透過空間分析方法即可將之呈現於地圖上，該研究結果發現「運輸沙漠」常出現於舊市鎮周邊或偏遠農村地區。

Saeid 等人(2019)[5]分析紐西蘭奧克蘭、澳洲布里斯本、澳洲伯斯以及加拿大溫哥華之公共運輸可及性，並以社會正義的觀點探討公共運輸資源的分配。可及性計算以交通分析區(Traffic Analysis Zone, TAZ)作為最小計算單位，並計算每個 TAZ 累計可及性(A_i)，其計算方法如式(4)。

$$A_i = \sum_{j=1}^N \frac{1}{(1 + \exp(\beta_1(t_{ij} - \beta_2)))} E_j \quad (4)$$

其中 E_j 為 TAZ 可達之迄點數量， β_1 控制函數 $f(t_{ij}; \beta)$ 隨 t_{ij} 衰減之陡峭程度， β_2 則為中點，例如：當 $f(t_{ij}; \beta) = 0.5$ 時，變數範圍為 20 至 60 分鐘。

接著利用空間滯後模型(Spatial Lag Model)以得知可及性和平均家庭收入、人口密度、工作密度的關係，如式(5)。

$$\log(A) = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{Income}) + \beta_2 \log(\text{PD}) + \beta_3 \log(\text{Job}) + \varepsilon_i \quad (5)$$

其中 A 為可及性，PD 為人口密度，係數 β 為各變數的估計彈性。

作者回顧運輸與社會正義文獻並歸納四大規則(運輸可及權利(the right to access transit)、最低可及性(minimum transit accessibility)、為低收入族群提供更好的可及性(better accessibility for low-income)、公平分配的空間性(spatiality of a just distribution))。研究結果表明，欲成為一具公平之運輸系統，應優先改善交通不便且收入較低之區域，因為交通不便會導致失業與貧困，而貧困會限制居民搬出這些地區而造成貧困循環。

Jianhong 等人(2016)[6]以供給和需求層面分析澳洲伯斯和雪梨的公共運輸。作者為其關注的三大交通弱勢群體(高齡者、無車家戶、低收入家戶)計算在每個城市對公共運輸需求的高低並進一步利用羅倫茲曲線(Lorenz curves)和吉尼係數(Gini coefficients)衡量其公平性。

供給方面，作者以第一級統計區(Statistical Area Level1, SA1)和各交通場站步行 buffer 重疊之面積與服務次數計算各 SA1 之供給指數，如式(6)。

$$SI_{SA1} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{B_i}}{A_{SA1}} \times SL_{B_i} \right) \quad (6)$$

其中 SI 為供給指數，n 為 SA1 內之交通場站數量， A_{SA1} 為 SA1 之面積， A_{B_i} 為步行 buffer 之面積， SL_{B_i} 則為交通場站每週服務次數。

然而該供給指數無法進行多個城市之間之比較，故須進一步根據城市人口計算標準供給指數(Normalised supply index by population by area, NSIPA)，計算如式(7)。

$$NSIPA_i = \frac{SI_i}{(P_i \times A_i)} \quad (7)$$

其中 P 為 SA1 之人口數量，A 為 SA1 之面積。

需求方面，作者統計各 SA1 之高齡者、無車家戶以及低收入家戶比例，並以第一和第四四分位數定義出各特性高需求以及低需求區域，以此和 NSIPA 交集出需要關注之區域(低供給-高需求區域)，如圖 2。

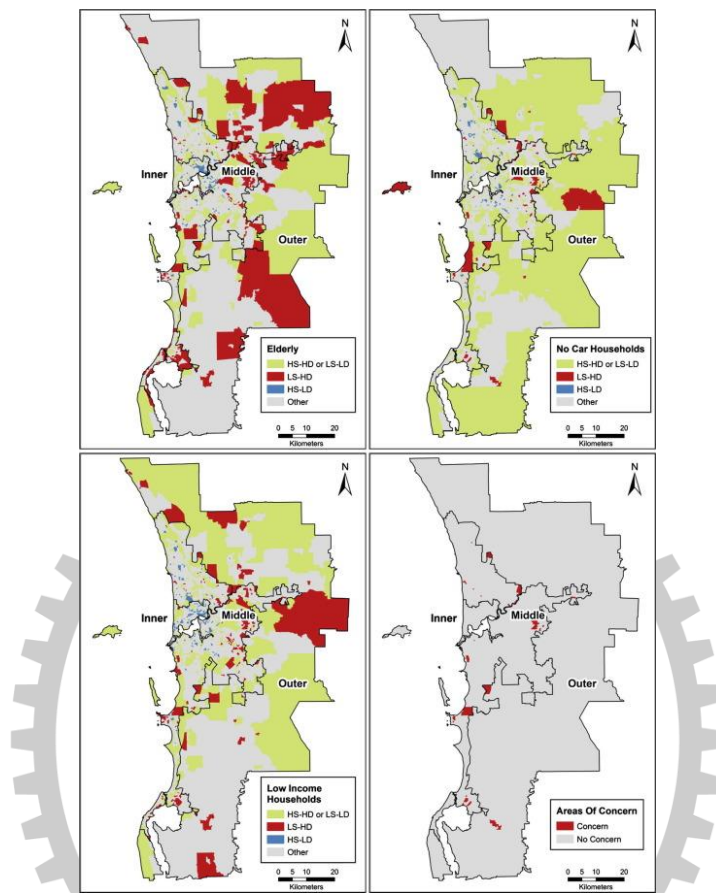


圖 2 公共運輸低供給-高需求區域_伯斯

於公共運輸公平層面，作者利用供給指數計算總人口以及三種特性(高齡者、無車家戶、低收入家戶)人口之羅倫茲曲線，計算如式(8)。

$$G_1 = 1 - \sum_{K=1}^n (X_K - X_{K-1})(Y_K + Y_{K-1}) \quad (8)$$

其中為 X_K 為人口累積比例，且 $X_0 = 0$ 、 $X_n = 1$ ； Y_K 為公共運輸服務之累計比例，且 $Y_0 = 0$ 、 $Y_n = 1$ 。其結果如圖 3。

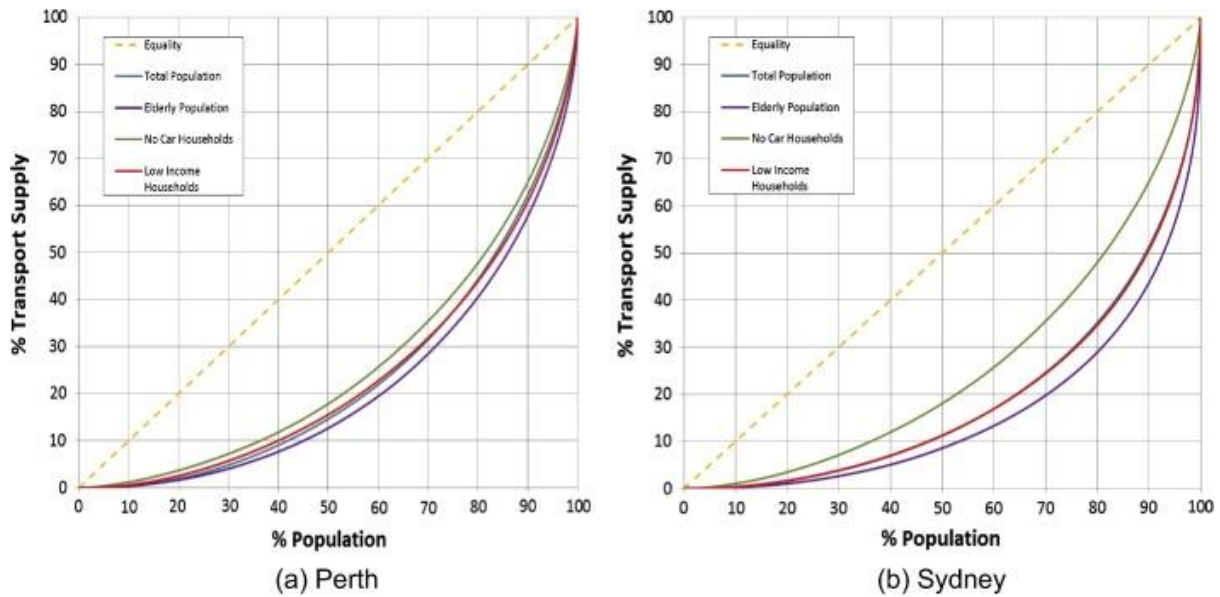


圖 3 羅倫茲曲線_伯斯及雪梨

該研究結果顯示無車家戶在取得公共運輸之供給最為公平，高齡者則相反，是為最不公平之群體。另關於城市之間公共運輸之比較，伯斯則較雪梨更具公平性。

Corinne 等人(2017)[7]分析公共運輸之供給與需求，並以澳洲雪梨作為實驗場域。供給方面，採用 PTAL 方法量化公共運輸之供給，該方法為倫敦交通局 (Transport for London, TfL) 所創，被英國、澳洲等公部門交通局採用，各文獻亦常採用此方法[7][11][12]。PTAL 目標為衡量一地點到公共運輸路網的連結性 (connectivity)，其中考量了步行到公共運輸場站的時間、在公共運輸場站等待的平均時間。PTAL 指標的計算方式首先需加總步行時間、平均等待時間以及可靠度懲罰值，計算出總接近時間 (total access time, TAT)。接著，轉換為及門頻率當量 (equivalent doorstop frequency, EDF)，轉換如式(9)。

$$EDF(\text{equivalent doorstop frequency}) = \frac{30}{TAT(\text{total access time})} \quad (9)$$

並依據每條路線之 EDF 總和出該點之 PTAL 指標分數，亦可根據 PTAL 指標分數分類為非常差 (very poor)、差 (poor)、中等 (moderate)、好 (good)、非常好 (very good) 或優秀 (excellent)。該研究將尖峰與離峰之 PTAL 指標分別呈現，其中澳洲雪梨之尖峰研究結果如圖 4。

需求方面，則以高齡者(75 歲以上)比例、低收入戶比例以及原住民作為潛在需求之衡量，並以中位數分為高需求以及低需求區域。研究結果如圖 5，圖 5 為尖峰時間需求(低收入戶比例)與供給之間之差距。該研究表明不論尖峰、離峰之供給與各需求變數之間之關係，皆存在不匹配 (mismatch) 之情形 (高需求-低供給)，其中原住民相較於其餘二需求變數 (高齡者、低收入戶) 不匹配之情形更為嚴重。

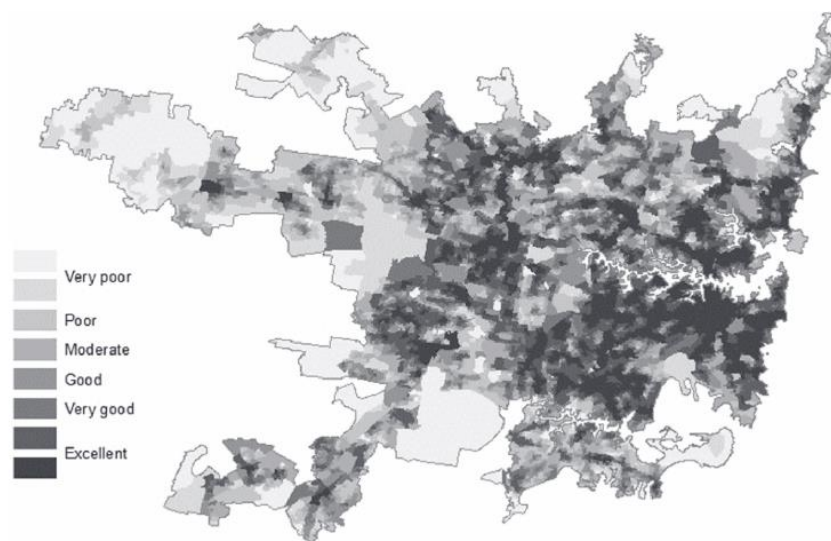


圖 4 PTAL_尖峰_雪梨



圖 5 供需落差_尖峰_低收入戶

Javad 等人(2020)[8]以量化公共運輸供給和需求之方法，檢視美國德克薩斯州達拉斯市的運輸沙漠。該研究以公共運輸可及性 CPTA 衡量運輸系統供給的時空可及性，並將高需求與低供給之區域視為運輸沙漠。在需求層面，作者考慮了家戶收入、持有車輛、失業率、受教育程度、公民身份、英語熟練程度、年齡(10-19 歲人口、60 歲以上人口)、殘疾人口等特性，並以第三和第四四分位數表示公共運輸中高依賴和公共運輸高依賴地區。在供給方面則計算每個人口普查區(census tracts, CT)的 CPTA 分數，CPTA 由四個面向組成，共可分為三個層級：指標層級 CPTA、因素層級 CPTA、總體 CPTA。指標層級 CPTA 計算如式(10)、因素層級 CPTA 計算如式(11)。

$$CPTA_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } A_{ij} \text{ is among the lowest 25\% of measure} \\ 0, & \text{if } A_{ij} \text{ is not among the lowest 25\% of measure} \end{cases} \quad (10)$$

$$CPTA_i = \sum_{j=1}^n CPTA_j \quad (11)$$

其中 A_{ij} 為個面向(因素)層級之分數，包含路網聯結(如：公車場站服務涵蓋、站牌密度等)、目的地聯結(如：一小時內可達之醫療院所數目等)、服務頻率(如：6:00 am - 10:00 am 是否有公車經過)、彈性與時間效率(30 分鐘內可達之醫療院所數目、路線數目等)。

在臺灣，公共運輸服務缺口之概念首先出現於 2013 年交通部運輸研究所之「先進公共運輸系統整合資料庫加值應用與示範計畫」。該計畫說明在臺灣評估公共運輸服務時，以家戶門牌建立評估指標，並以村里作為資料分析的最小空間分析單元，較符合目前我國之資料之蒐集現況。其中，該計畫設計「空間服務涵蓋率指標」、「時段性空間服務涵蓋率指標」、「連接行政區/POI 空間可及性指標」、「連接行政區/POI 大眾運輸旅行時間指標」等指標以衡量公共運輸之服務。

而後 2019 年之「公共運輸縫隙掃描決策支援系統之整合及推廣運用」計畫，將上述「空間服務涵蓋率指標」、「時段性空間服務涵蓋率指標」及「可及性指標」精進並納入資料庫系統構建中，且針對臺灣 13 個縣市進行實例分析。

王等人(2022)[9]延續上述研究並精進指標設計，利用「空間服務合理涵蓋率」、「時段性空間服務合理涵蓋率」、「興趣點可及性」三項指標衡量桃竹苗區域各村里之公共運輸服務，並定義三低區域為上述三指標皆低之區域，並視其為公共運輸匱乏之區域。其中「空間服務合理涵蓋率」 S_i 計算如式(12)。

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^n S_{ij}}{H_i} \times 100\% \quad (12)$$

S_{ij} 表站牌服務範圍內涵蓋之家戶數， H_i 表可被涵蓋到之合理家戶數。

「時段性空間服務合理涵蓋率」則逐時計算空間服務合理涵蓋率，並以尖峰小時(7-9 時、17-20 時)之涵蓋率平均作為該區域之「時段性空間服務合理涵蓋率」。

「興趣點可及性」則是計算家戶是否可藉由公車路線於各時間段抵達指定興趣點之可及性，亦為一日內逐時計算之指標，同上以尖峰小時(7-9 時、17-20 時)之平均值作為該區域之最終數值。該研究進一步定義「三低缺口」為以上三指標皆低之區域，研究結果顯示桃竹苗區域共有 35 個村里屬於「三低村里」。

吳等人(2022)[10]利用供給和需求層面分析臺中市之公共運輸服務缺口，以檢視臺中市運輸資源分配之公平性。作者以公共運輸場站步行範圍和服務水準(每週抵達班次總數)計算供給指數，如式(13)，並以最小統計區(basic statistical area)作為最小計算單位。

$$SI_{BSA} = \sum_N \left(\frac{Area_{Bn}}{Area_{BSA}} \times SL_{Bn} \right) \quad (13)$$

其中 SI_{BSA} 為公共運輸服務供給指數、 N 為公共運輸場站數量、 $Area_{BSA}$ 為最小統計區之面積、 $Area_{Bn}$ 為公共運輸場站步行範圍與最小統計區重疊之面積、 SL_{Bn} 為服務水準(每週抵達班次總數)並將之化為標準化分數(Z-score)。公共運輸服務需求則考慮四項人口特徵：學生人口數、老年人口數、中低收入戶戶數、身心障礙人口數，並分為「年齡弱勢」、「經濟弱勢」和「身心障礙」三大面向。透過 Natural Breaks 將各面向分組，並取最低分組之交集，作為公共運輸服務缺口。該研究結果顯示臺中市公共運輸服務缺口多分布於偏僻山區與海區。

以上相關研究與文獻所探討之公共運輸缺口面向各有不同，其計算方式不盡相同，使用之公共運輸、社會經濟特性亦有所差異，為便於比較差異與作為本研究之參考，將上述相關文獻彙整於表 1 與表 2：表 1 統整各文獻所使用之公共運輸服務供給、需求變數、表 2 綜整各文獻分析缺口之方法(僅列出探討供給與需求之差距或衡量供給與需求有關之文獻)，惟須注意本研究並不探討公共運輸分配之公平性，故表中並無呈現公平性之相關分析(空間滯後模型、羅倫茲曲線等)。

表 1 文獻回顧彙整_供給與需求變數

作者(年代)	研究國家	供給變數	需求變數
Jiao(2013)	美國	公車鐵路站點數、公車鐵路服務頻率、路線數、自行車道及人行道長度	汽車持有、年齡組成
Jianhong 等人(2016)	澳洲	交通場站數量、班次數、人口、面積	高齡者、無車家戶、低收入家戶
Corinne 等人(2017)	澳洲	距交通場站距離、路線頻率、可靠度	高齡者、低收入家戶、原住民
Saeid 等人(2019)	紐西蘭、澳洲、加拿大	迄點數量、時間	平均家庭收入、人口密度、工作密度
Javad 等人(2020)	美國	公車場站密度、路線覆蓋、公車場站服務涵蓋、時段內可達之目的地數、時段內可達之醫院場所數、特定時段內是否有公車抵達、路線數等	收入、持有車輛、失業、受教育程度、移民狀況、兒童、高齡者、社會孤立者、行動不便者、運輸服務使用者
王等人(2022)	臺灣 桃竹苗區域	交通場站服務涵蓋、時段性交通場站服務涵蓋、興趣點可及性	高齡人口、收入中位數
吳等人(2022)	臺灣 臺中市	交通場站服務涵蓋、班次數	學生人口、老年人口、中低收入戶、身心障礙

表 2 文獻回顧彙整_缺口衡量方法

作者(年代)	研究國家	供給衡量方法	需求衡量方法	缺口衡量方法
Jiao(2013)	美國	1.公車站牌和火車站數量 2.公車站和火車站每日頻率 3.路線數量 4.自行車和人行道長度 將上述 4 數值化為標準化分數(Z-score)後相加並平均	將公共運輸依賴人口數化為標準化分數(Z-score)	供給標準化分數(Z-score)-需求標準化分數(Z-score)
Jianhong 等人 (2016)	澳洲	計算 NSIPA 分數，以低於最低四分位數之地區為低供給地區	1. 高齡者比例 2. 無車家戶比例 3. 低收入家戶比例 以高於最高四分位數之地區為高需求地區(三項變數各自產出三種高需求地區)	根據 3 種需求各自與供給疊圖，產出低供給-高高齡者需求等 3 張圖。再將此 3 張圖疊圖出缺口地區
Corinne 等人 (2017)	澳洲	分別計算尖峰與離峰 PTAL 分數，文中無提及以何種方法(如:四分位數)區別高供給與低供給區域	1. 高齡者比例 2. 低收入家戶比例 3. 原住民比例 以中位數區分為高需求與低需求	根據 3 種需求各自與 2 種供給(尖峰、離峰)疊圖，產出尖峰-高齡者等 6 張圖

表 2 文獻回顧彙整_缺口衡量方法(續)

作者(年代)	研究國家	供給衡量方法	需求衡量方法	缺口衡量方法
Javad 等人 (2020)	美國	計算總體 CPTA 分數(Overall CPTA score)，以四分位數分為「高、中高、中低、低」四組。	將 10 項指標化為標準化分數(Z-score)後相加以產生交通依賴(transit-dependency)分數，再以四分位數分為「高、中高、中低、低」四組。	將缺口分為三類：極端、高度與中度。 極端：需求高、供給低； 高度：需求高、供給高； 中度：需求中高、供給中低
王等人(2022)	臺灣 桃竹苗區域	將三指標(值皆介於 0%-100%)低於 20%者疊圖產出交集區域即為三低區域	將高齡人口(65 歲以上)比例低於 20%、低收入區(低於桃竹苗區第 20 百分位)呈現於圖中	將三低區域視為缺口區域
吳等人(2022)	臺灣 臺中市	計算公共運輸服務供給指數(SI)，並將之化為標準化分數(Z-score)	1. 學生人數+老年人數 2. 中低收入戶戶數 3. 身心障礙人口數 並將之化為標準化分數(Z-score)	將供給標準化分數(Z-score)-3 種需求之標準化分數(Z-score)，得到 3 種面向各自之缺口值，再透過 Natural Breaks 將各面向分為 10 組，並取最低分組之交集

2.2 小結

回顧過去國內外有關公共運輸缺口分析之研究，了解過去研究之貢獻，以作為本研究之參考。小結將分為三部分，綜整過去研究之公共運輸供給(變數與方法)、公共運輸需求(變數與方法)以及缺口衡量方式，並嘗試找出研究缺口(research gap)，以作為本研究改進之方向。

由表 1 可知國內外均有公共運輸服務缺口分析之相關研究，且研究多考慮供給與需求。然而，如表 2 所示，各研究衡量供給、需求以及缺口(供需落差)之方法有所差異，而目前尚無針對不同方法進行比較之研究，故本研究將透過比較不同方法之差異，希冀提供適切之方法以進行公共運輸服務缺口之分析。

一、公共運輸供給

公共運輸指標設計原則包含簡單性、易讀性、考量頻率、考量空間涵蓋[7]。綜觀表 2 所示六篇研究，供給層面之指標、變數和衡量方法，可大致分為三類：1.以公共運輸場站覆蓋面積為基礎之方法(如: Jianhong 等人(2016)、吳等人(2022))；2.以 PTAL 為計算基礎(Corinne 等人(2017))；3.以三低指標為基礎(王等人(2022))。其中第一類以公共運輸場站覆蓋面積為基礎之方法，僅以場站覆蓋面積除以研究區面積，而無考量家戶之分布，雖便於計算，但比起後二方法較為不完整。其餘兩篇(Jiao(2013)、Javad 等人(2020))研究之方法亦無該二方法完整、豐富、適宜，其中 Jiao(2013) 之研究僅考慮場站、路線數量與頻率，亦缺乏家戶所在位置之評估。Javad 等人(2020)之研究將總體 CPTA 分數分為四個面向之因素層級分數，各因素層級下各自有其不同數量之指標層級分數，合計 13 個指標層級分數，在分析上缺乏簡單性，合為總體 CPTA 時亦較缺乏易讀性與解釋性。

而第三類:以三低指標為基礎(王等人(2022))之研究，研究架構完整、豐富，亦具高度易讀性與解釋性，然指標中無考慮服務頻率。有鑑於此，本研究將以三低指標概念為基礎，進行精簡與加入服務頻率，設計出新指標。

綜上所述，本研究於供給層面之指標計算將分為 3 類：1. 以 PTAL 為基礎(Corinne 等人(2017))；2. 以三低指標為基礎(王等人(2022))；3.改良新指標。

二、公共運輸需求

在公共運輸需求層面，不若供給層面有不同指標，研究多嘗試納入不同變數以表潛在公共運輸之需求，因此本研究將以過去文獻作為研究之基礎。由表 1 可觀察出各研究考量眾多變數，包含：汽車持有、高齡者、兒童、學生、中低收入戶、低收入戶、家庭收入、失業、移民、受教育程度、行動不便、身心障礙等。其中 Javad 等人(2020)之研究考量十項變數(收入、持有車輛、失業、受教育程度、移民狀況、兒童、高齡者、社會孤立者、行動不便者、運輸服務使用者)，然而其中多數為其他研究中未提及之變數(如:受教育程度、移民狀況)。因此本研究將聯集其餘五篇研究(Jiao(2013)、Jianhong 等人(2016)、Corinne 等人(2017)、王等人(2022)、吳等人(2022))提及之需求變數，作為本研究之參考，以期能更加貼近於真實公共運輸服務之需求強度。

三、缺口衡量方式

觀察表 2，在衡量方式的部分，研究多以供給與需求標準化分數(Z-score)差異表示供需落差(Jiao(2013))，或是以四分位數(Jianhong 等人(2016)、Javad 等人(2020))、特定數值(王等人(2022))、中位數(Corinne 等人(2017))、Natural Breaks 分組(吳等人(2022))方式疊圖、交集篩選出供需落差之區域。

其中 Natural Breaks 僅適用一維數據，過去研究(吳等人(2022))以 Natural Breaks 對每個需求變數分組後再取最低分組的交集，且分組數目為自訂。然而考量本研究可能採用多個供給、需求變數，因此並不考慮使用 Natural Breaks 進行衡量。且本研究希冀以完整、豐富且具簡易性、易讀性、一致性之指標設計與衡量方式，因此在衡量方式部分，本研究欲嘗試以標準化分數(Z-score)(如: Jiao(2013))配合百分位數(或四分位數)衡量供需落差之缺口。

第三章 研究方法

本研究欲利用公共運輸缺口分析，找出公共運輸供給和需求有所落差之區域。根據文獻回顧，本研究將主要聚焦於針對公共運輸服務缺口，比較不同方法之差異。研究方法包含：1.公共運輸服務供給，根據文獻回顧小結，供給層面之指標計算將分為3類：以三低指標為基礎(涵蓋與可及性)、以 PTAL 為基礎、改良新指標(本研究)，以分析公共運輸供給層面之程度(3.1 節)；2.公共運輸服務需求：依據各項區域特性，分析其潛在需求程度(3.2 節)；3.公共運輸服務缺口分析，綜整上述供給和需求，檢視並探討各方法搜尋出供給不足且具高度潛在需求之地區，以找出真正公共運輸亟需改善之區域。研究方法與架構如圖 6。

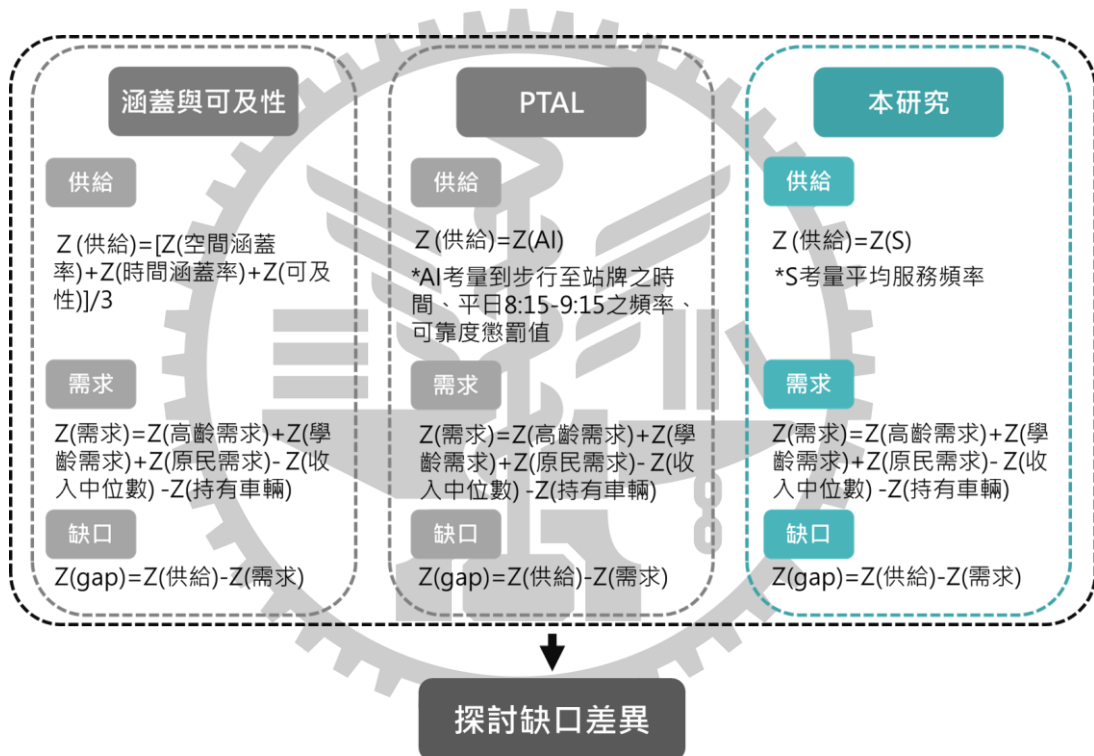


圖 6 研究方法與架構圖

根據文獻回顧小結，本研究欲比較使用不同方法衡量供需落差缺口之結果。考量本研究考慮之需求變數較多，為避免以疊圖方式產生之缺口可能會造成資訊缺少之問題(如：某區域高齡需求低，但其餘需求皆高，以疊圖方式分析則無法被列入缺口區域)，因此在衡量方式的部分將以標準化分數(Z-score)進行分析。為使產生缺口之衡量方式一致且可比較，在衡量方式上，三種方法皆將以供給與需求標準化分數(Z-score)差異(Z(gap))表示供需落差。另，為使圖表呈現清楚，以缺口分數低於適當百分位數(本研究設定為第 10 百分位數)之地區作為公共運輸缺口，並探討各方法之缺口差異。本研究之最小統計單位為村里。

供給層面，研究方法包含：1.以 PTAL 為基礎(3.1.1 節)；2. 以三低指標為基礎(涵蓋與可及性)(3.1.2 節)；3.可及頻率(改良新指標) (3.1.3 節)。其中，三低指標因產生之供給分數有 3 個，分別為空間涵蓋率、時間涵蓋率、可及性，過去研究透過疊圖方式產生缺口。然因本研究加入需求考量和為比較不同方法所篩選出之差異，欲使比較基準一致，因此將 3 分數各自標準化後取平均以作為供給分數。

需求層面，依據文獻回顧，將所有採用之需求變數聯集後，刪除無法取得之資料(身心障礙)，以此作為本研究考慮之需求變數。需求特性分別為高齡需求、學齡需求、原民需求、收入中位數、持有車輛。其中，收入中位數與持有車輛對公共運輸潛在需求為負向影響，因此需求分數為 5 個需求變數各自標準化後，以正向影響之變數(高齡需求、學齡需求、原民需求)相加後減去負向影響之變數(收入中位數、持有車輛)。

3.1 公共運輸服務供給

本節將說明採用之三種量化公共運輸供給之方式包含：1.PTAL；2. 涵蓋與可及性(三低指標)；3.可及頻率(改良新指標)。

3.1.1 PTAL(Public Transport Access Level)

PTAL(Public Transport Access Level)為一透過評估連結性(connectivity)量化公共運輸服務之分析方法，該方法由倫敦交通局(Transport for London, TfL)提出，並被廣泛運用於運輸計畫、道路規劃甚至是醫療院所、住房等都市計畫範疇。

PTAL 目標為衡量一地點到公共運輸路網的連結性，其中考量了步行到公共運輸場站的時間、在公共運輸場站等待的平均時間和公共運輸可靠度。PTAL 值依據低到高分為八個層級，分別為：0、1a、1b、2、3、4、5、6a 以及 6b，值越高通常代表該地距離公共運輸場站很近、在最近的公共運輸場站等候時間很短等意義。

PTAL 指標的計算方式如下：

1. 計算該地至可服務公共運輸場站(service access points, SAPs)之步行時間，其中 SAP 為距該地最大步行距離內之所有公共運輸場站。有關最大步行距離之設定，本研究為統一各指標計算參數，將最大步行距離設為 500 公尺，步行速度設為 1 公尺/秒[13]。

2. 計算各個 SAP 之預期等候時間(scheduled waiting time，SWT)，以服務頻率計算，為公共運輸服務間隔時間的一半，如式(14)。其中頻率為平日 8:15-9:15 之服務頻率，同一站牌不同方向則以較高頻率方向為計算。

$$SWT = 0.5 \times \left(\frac{60}{\text{frequency}} \right) \quad (14)$$

3. 計算各個 SAP 之平均等待時間(average waiting times，AWT)，為預期等候時間(SWT)加上可靠度係數。其中，公車之可靠度係數為 2 分鐘。

4. 計算各個 SAP 之總接近時間(total access time，TAT)，為步行時間加上平均等待時間(AWT)。

5. 計算各個 SAP 之及門頻率當量(equivalent doorstep frequency，EDF)，將時間單位轉換為頻率單位，其意義為若無步行時間，該地點對該 SAP 之服務頻率為何，轉換方式如式(15)。

$$EDF(\text{equivalent doorstep frequency}) = \frac{30}{TAT(\text{total access time})} \quad (15)$$

6. 根據每個 SAP 之權重計算可及指數(Access Index，AI)，計算方式如式(16)

$$AI = \text{Largest EDF} + 0.5 * \sum \text{all other EDFs} \quad (16)$$

依最小統計單位(如:縣市、鄉鎮市區、村里)等，可將各地點之可及指數(Access Index，AI)進行平均，並依對照表轉換為 PTAL 指標層級，對照表如表 3。

為保留以 PTAL 方法算出之分數細緻程度，以作為後續比較之依據，本研究將以可及指數(AI)而非 PTAL 分數作為供給程度之表示。另外，本研究最小統計單位為村里，且本研究欲關注村里內之家戶是否可被公共運輸服務，因此計算村里內每個家戶之可及指數(AI)並平均作為村里公共運輸之供給程度。

表 3 PTAL 指標轉換表

PTAL	Access Index range	Map colour
0 (worst)	0	
1a	0.01 – 2.50	
1b	2.51 – 5.0	
2	5.01 – 10.0	
3	10.01 – 15.0	
4	15.01 – 20.0	
5	20.01 – 25.0	
6a	25.01 – 40.0	
6b (best)	40.01+	

3.1.2 涵蓋與可及性

本研究將以王等人(2022)之研究為基礎，以村里為最小計算單位，計算「空間服務合理涵蓋率」(下稱空間涵蓋率)、「時段性空間服務合理涵蓋率」(下稱時段涵蓋率)以及「興趣點可及性」(下稱可及性)三項指標。延續該研究「三低缺口」之定義，時間涵蓋率挑選晨峰（7-9 時）與昏峰（17-20 時）之時間涵蓋率並取平均值。可及性如同時間涵蓋率，挑選晨峰（7-9 時）與昏峰（17-20 時）之平均值進行評估。

3.1.2.1 空間服務合理涵蓋率

空間服務合理涵蓋率為衡量家戶可於合理步行範圍(500 公尺)[10]內抵達公共運輸場站之比例，是謂公共運輸最基本層面之供給。本研究參考王等人(2022)之研究，合理家戶數計算依該研究之核心地區、都會地區及鄉村地區分類。核心地區所有家戶均視為可服務；都會地區和鄉村地區則以省道、縣道、鄉道及一般市區道路（不含路名以巷、弄結尾之道路）500 公尺範圍內之家戶為可服務家戶。其計算為以該村里之涵蓋家戶數除以該村里之合理家戶數，若一家戶被多個站牌涵蓋則僅計算一次，公式如式(17)，其值介於[0,1]之間。

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^n S_{ij}}{H_i} \times 100\% \quad (17)$$

S_i 為該村里空間服務合理涵蓋率， S_{ij} 表站牌服務範圍內涵蓋之家戶數， H_i 表合理家戶數， i 為最小計算單位：村、里。

3.1.2.2 時段性空間服務合理涵蓋率

時段性空間服務合理涵蓋率為衡量一日內逐時家戶可於合理步行範圍(500 公尺)[10]內抵達公共運輸場站之比例。此指標探討在指定時間內公共運輸場站之涵蓋家戶比例，公式如式(18)，其值介於[0,1]之間。

$$T_i = \left(\sum_{k=1}^N \frac{\sum_{j=1}^n T_{ijk}}{H_i} \times 100\% \right) \times \frac{1}{N} \quad (18)$$

T_i 為該村里時段性空間服務合理涵蓋率， T_{ijk} 表 k 時站牌服務範圍內涵蓋之家戶數， H_i 表合理家戶數， i 為最小計算單位：村、里， k 為尖峰小時(7-9 時、17-20 時)。

空間服務合理涵蓋率及時段性空間服務合理涵蓋率計算方式與差異示意圖如圖 7 及圖 8。假設該地區有兩條路線(路線 1、路線 2)、五個站點(A、B、C、D、E)通過，則其空間涵蓋率為灰色家戶點數量除以所有家戶點數量，如圖 7。對於時間涵蓋率，若上午 7 時路線 2 尚未開始營運，路線 1 之公車會通過之 A、B、C 三站牌，則站點 E 和站點 D 沒有涵蓋範圍，其時間涵蓋率為灰色家戶點數量除以所有家戶點數量，如圖 8 左。

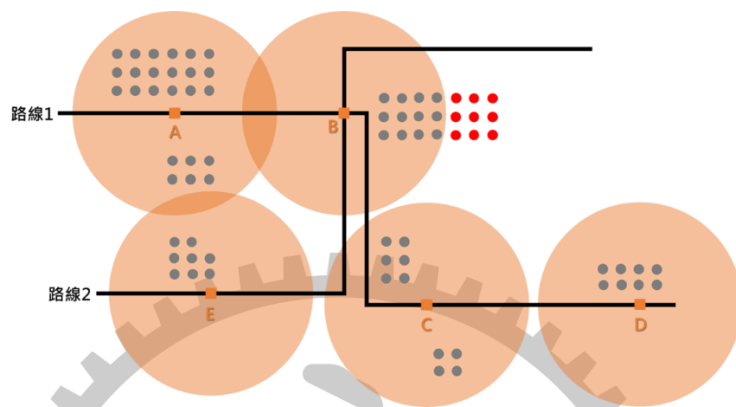


圖 7 空間服務合理涵蓋率示意圖

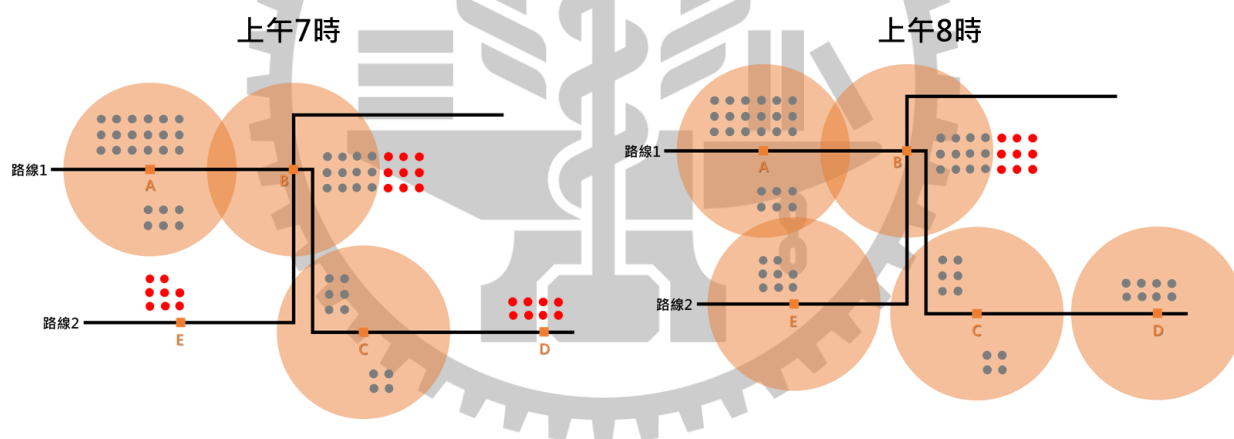


圖 8 時段性空間服務合理涵蓋率示意圖

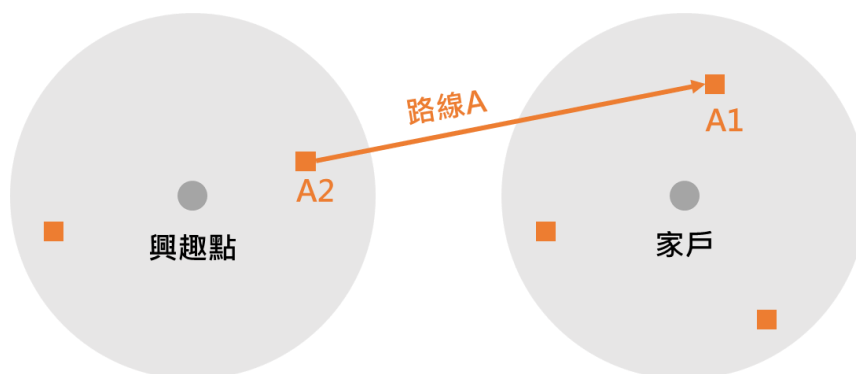


圖 9 興趣點可及性示意圖

3.1.2.3 興趣點可及性

興趣點可及性為衡量一日內逐時家戶可於合理步行範圍(500 公尺)[10]內透過公共運輸抵達各興趣點(Point of Interest, POI)之比例，此指標相較於空間涵蓋率與時間涵蓋率，更進一步檢視公共運輸是否能「滿足旅運需求」。計算公式如式(19)，其值介於[0,1]之間。本研究依據王等人(2022)之研究方法及流程產出各村里之興趣點可及性比例進行後續分析。

$$P_i = \left(\sum_{k=1}^N \frac{\sum_{j=1}^n P_{ijk}}{H_i} \times 100\% \right) \times \frac{1}{N} \quad (19)$$

P_i 為該村里興趣點可及性， P_{ijk} 表 k 時該村里可透過公共運輸抵達興趣點之家戶數， H_i 表合理家戶數， i 為最小計算計算單位：村、里， k 為尖峰小時(7-9 時、17-20 時)。

3.1.3 可及頻率

如文獻回顧小節，本研究欲設計一指標，指標應具簡單性、易讀性、易解釋性與合理性，同時考量公共運輸場站涵蓋家戶和班次服務頻率。以三低指標為基礎，分析家戶是否可於合理步行範圍(500 公尺)內抵達站牌(可及站牌)，並進一步加入班次頻率。在 PTAL 之計算中，僅考慮平日 8:15-9:15 之服務頻率，然各路線於各時間段之頻率大相逕庭，僅考慮特定時間段頻率可能同時存在高估、低估實際服務頻率之情形，因此本研究將考慮所有班次頻率，並將之化為平均每日頻率，詳細資料處理過程見 3.1.4。另外，考量一家戶可能被多個屬同一路線之站牌涵蓋，在現實情形下乘客應只會選擇一站牌搭乘，這些屬於同一路線之站牌提供之效用應無太大差異。然而在 PTAL 計算中會重複計算其 EDF 值，可能有高估實際公共運輸供給之疑慮，為改善此一問題，本研究之指標設計會以各站牌頻率之平均作為計算，計算公式如式(20)。

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^n (S_{ij} \times \frac{\sum_{k=1}^N f_{jk}}{N})}{n} \quad (20)$$

S_i 為該村里可及頻率， S_{ij} 表家戶是否可及站牌 $\in \{0,1\}$ ， f_{jk} 表 j 家戶可及之 k 站牌頻率， i 為最小計算計算單位：村、里， n 為村里家戶總數， N 為家戶可及站牌總數。

另外，本研究設計之指標中並無考慮興趣點(Point of Interest, POI)。過去研究中計算可及性，某一家戶僅須可及某一興趣點即被列為興趣點可及，以此方式計算較無法顯現對於所有不同興趣點之供給差異。且興趣點本身含有對特定地點

需求之概念，更適合用於針對特定種類之目的地進行可及性分析。考量本研究欲提供一整體概括之運輸服務缺口分析，因此本研究並無考慮興趣點(Point of Interest, POI)。

3.1.4 資料清洗

本研究進行公共運輸服務供給，欲計算每一站牌之服務頻率。服務頻率之計算使用公車動態定點資料(A2)，為使三方法使用之資料一致，同王等人(2022)之研究，使用 2021 年 3 月份之歷史資料。

根據交通部數據匯流平台之公車動態定點資料(A2)，可得欄位如下表 4。公車動態定點資料(A2)雖含有進站與離站之時間，然實際之資料則常見於同一站重複進站或出站、僅含進站之時間或僅含出站之時間、在發車站紀錄之進站時間與出站時間差距大等問題。為處理以上之問題，本研究將針對 A2 資料進行清洗，流程如圖 10。

表 4 公車動態定點資料(A2)欄位說明

欄位名稱	欄位說明
PlateNumb	車牌號碼
OperatorID	營運業者資料
RouteUID	路線唯一識別碼
RouteID	路線代碼
RouteNameZh	路線中文名稱
RouteNameEn	路線英文名稱
SubRouteUID	公車附屬路線唯一識別碼
SubRouteID	公車附屬路線代碼
SubRouteNameZh	公車附屬路線中文名稱
SubRouteNameEn	公車附屬路線英文名稱
Direction	去返程
StopUID	站牌唯一識別碼
StopID	站牌代碼
StopNameZh	站牌中文名稱
StopNameEn	站牌英文名稱
StopSequence	停靠站序
DutyStatus	勤務狀態
BusStatus	車輛狀態
A2EventType	進站狀態(0:離站、1:進站)
GpsTime	GPS 日期時間(yyyy-MM-ddTHH:mm:sszzz)

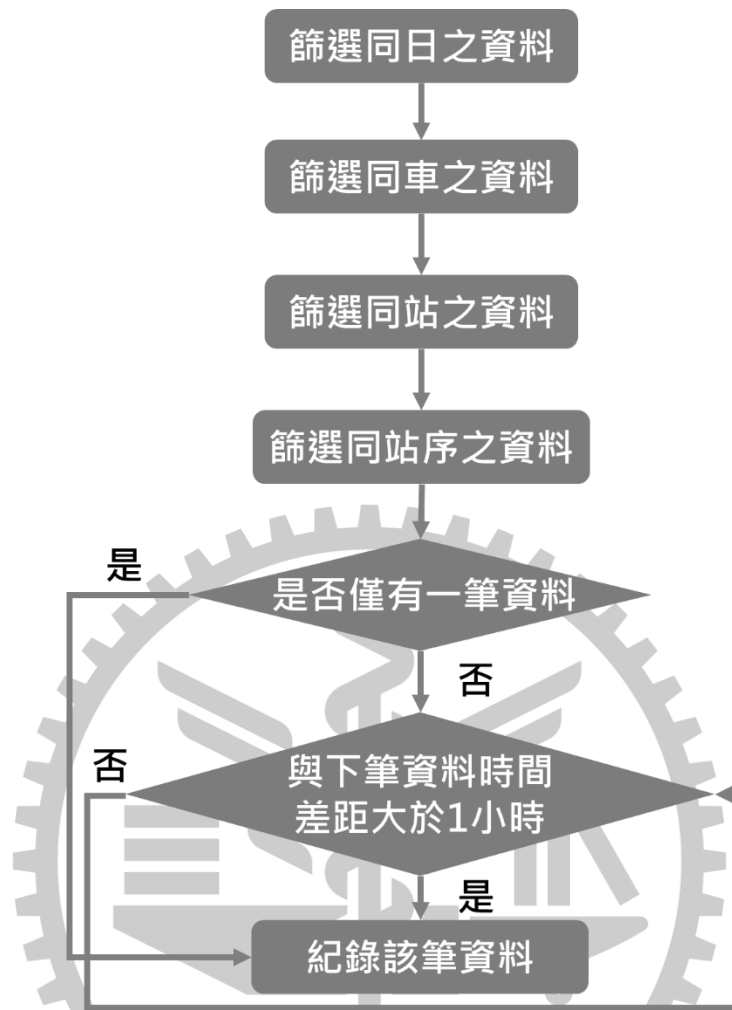


圖 10 公車動態定點資料(A2)資料清洗流程圖

首先根據 GpsTime 欄位篩選同一日之資料、PlateNumb 欄位篩選同一車之資料，接著依據 StopUID 欄位選取同一站牌之資料，其中環狀線之出發點與到達點之 StopUID 相同，因此再依 StopSequence(站序)欄位區分。所得之子資料集即為當日當車於當站牌當站序之資料，本研究欲取得該車離開該站牌之時間以作為服務頻率計算之依據(可解決前述在發車站紀錄之進站時間與出站時間差距大(通常為 10 至 15 分鐘)之問題)。而為處理前述所提之於同一站重複進站或出站、僅含進站時間或僅含出站時間之問題，則根據子資料集之筆數判斷，若僅有一筆資料(表該車在該站當日僅有一筆進站資料或一筆出站資料)，則記錄該筆資料為服務頻率計算之依據。若有大於一筆之資料(表該車在該站當日有一筆進站資料加上一筆出站資料或是該車在該站當日有多筆進出站資料(重複進出站或該車當日來回該路線多次))，則以與下筆資料之時間差距做為保留資料之判斷。考量該車當日來回該路線多次之情形，經同一站(同一站序)之時間通常會大於 1 小時，因此以 1 小時作為門檻值。以上述之流程遍歷資料集之所有日期、所有車牌、所有站點、所有站序，即可得當月所有公車經所有站牌之時間。

接者，須分別產製 PTAL 計算所需之頻率資料集以及可及頻率計算所需之頻率資料集，流程圖如圖 11 及圖 12。考量公車動態定點資料(A2)會出現車機未開或脫班等問題而使資料有所缺漏，為降低負面影響，本研究採用以月資料融合為日平均之方式，計算每一站牌在資料取得期間內之日平均頻率，作為頻率計算之依據。



圖 11 PTAL 之頻率資料集產製流程圖



圖 12 可及頻率之頻率資料集產製流程圖

3.2 公共運輸服務需求

在公共運輸服務需求之層面，考量資料取得之可行性，本研究選取以下五項特徵作為公共運輸需求強度之特性：收入、高齡需求、學齡需求、持有車輛以及原民需求。以下針對各特徵進行說明：

- 1.收入：使用私人運具所須付出之金錢成本高於公共運輸，且並非所有家戶皆能負擔，因此收入較低之家戶對公共運輸之需求應較高。本研究以各村里收入中位數作為收入特性之代表。
- 2.高齡需求：高齡者常因生理限制而無法自行騎車、駕車因此對公共運輸服務需求較高。過去研究常以高齡者總人數作為高齡需求之代表，然現實情況中亦有部分不良於行或臥病在床之高齡者無法自行透過公共運輸完成生活需求。因此為更加精準定義高齡者需求，本研究將以高齡者總人數扣除無法自行透過公共運輸完成旅次之高齡者人數作為高齡需求之代表。銀髮安居資料將長照者根據日常活動功能量表(ADLs)之 E11 題可將行動能力區分為五級(如表 5)，其中 Level 4 及 Level 5 之情形可斷定為其無法自行透過公共運輸完成旅次，以高齡者總人數扣除 Level 4 及 Level 5 高齡者人數作為該村里之高齡者需求人數。另，因各村里人口總數差距甚大，為比較各村里之高齡需求強度，將高齡需求人口總數除以村里人口總數得高齡人口比例作為高齡需求之代表。

表 5 日常活動功能量表(ADLs)分類

等級	說明
Level 1	可在平坦地面上跑跳
Level 2	可在平坦地面上行走或在不平坦的地面上放手行走相當吃力
Level 3	自己行走需扶持穩定物或需透過他人扶持才能行走
Level 4	無法跨步行走或坐在一般背靠高度且有扶手的椅子可保持坐姿穩定與平衡
Level 5	為坐在一般背靠高度且有扶手的椅子無法維持坐姿

3.學齡需求：考量國小前之學齡兒童多為家長接送少有公共運輸之需求、大學因無就近入學原則，學生不一定於戶籍地就學，因此計算 7 至 18 歲學齡人口總數。另，因各村里人口總數差距甚大，為比較各村里之學齡需求強度，將學齡人口總數除以村里人口總數得學齡人口比例作為學齡需求之代表。

4.持有車輛：未持有機動車輛者對公共運輸服務需求較高，因此以人均持有機動車輛數為代表，其中機動車輛包含自小客車以及機車。

5.原民需求：原住民因歷史淵源、結構性社會問題等常被認為是社會中的弱勢族群[14]，而弱勢族群對於公共運輸需求通常較高，也因公共運輸具實現社會正義之角色，因此將原民需求納入考量。另，因各村里人口總數差距甚大，亦將原民人口總數除以村里人口總數得原民人口比例作為原民需求之代表。

3.3 研究實測場域簡介

本研究選定區域間社會經濟狀況差距較大之新竹縣市以作為本研究之實測場域，以下根據新竹縣市區劃人口、現有公共運輸等進行簡介。

新竹縣市合計共 314 個村里(新竹縣：192、新竹市：122)。根據內政部 111 年 6 月統計區人口統計，新竹縣人口數為 574,504 人，新竹市人口數為 450,382 人，新竹縣市合計共 1,024,886 人。

新竹縣市區內公共運輸包含提供最大宗運輸服務之公路客運以及市區公車、臺灣好行、幸福巴士、幸福小黃、臺灣觀巴。本研究納入分析之路線範圍同王等人(2022)之研究，含公路客運路線 65 條、市區公車路線 58 條、臺灣好行路線 1 條、幸福巴士路線 12 條、幸福小黃路線 2 條以及臺灣觀巴路線 4 條。

有關新竹縣市公共運輸路線營運運量，以區域內主要服務之公路客運以及市區公車為例，統計 2019 年 1 月至 2021 年 12 月之資料。公路客運最高者為 5608 路線[新竹往下公館(經關東橋)]，月均運量約為 15 萬人次；市區公車最高者為藍線 1 區路線[火車站—竹中(循環線)]，月均運量約為 11 萬人次。

第四章 研究結果

4.1 資料來源

本研究所蒐集之資料、來源單位以及用途彙整於表 6。為顯現區域間之需求差異，本研究選定區域間社會經濟狀況差距較大之新竹縣市以作為本研究之實測場域，因此蒐集表 6 之新竹縣市各村里之資料。

其中機動車輛登記數，新竹縣資料為按鄉鎮市區區分，因此新竹縣村里之人均持有車輛數為持有車輛總數除以該鄉鎮市區總人口數；新竹市則僅有按縣市區分，因此新竹市村里之人均持有車輛數為持有車輛總數除以新竹市總人口數。惟須注意以放大尺度之方式計算持有車輛可能同時高估和低估某些村里之持有車輛數，然整體區域間之差異應仍具一定代表性。

表 6 資料來源彙整

資料名稱	資料來源	分析用途
公車站牌位置	數據匯流平臺	運輸供給
公車動態定點資料(A2)	數據匯流平臺	運輸供給
幸福巴士/小黃公車站牌位置 [未彙整於數據匯流平臺者]	營運之鄉公所	運輸供給
幸福巴士/小黃公車時刻表 [未彙整於數據匯流平臺者]	營運之鄉公所	運輸供給
綜稅所得總額 ¹	財政部財政資訊中心	收入
銀髮安居資料之行動健康需求指數 ²	社會資料服務平臺	高齡需求
行政區單歲年齡組學齡人口統計 ³	社會資料服務平臺	學齡需求
機動車輛登記數 ⁴	交通部統計查詢網	持有車輛
原住民人口統計 ⁵	社會資料服務平臺	原民需求
人口統計 ⁶	社會資料服務平臺	人口數
1：110 年 7、8 月綜稅所得總額全國各縣市鄉鎮村里統計分析表 2：110 年行政區銀髮安居資料之行動健康需求指數_村里 3：111 年 8 月行政區單歲年齡組學齡人口統計_村里 4：110 年機動車輛登記數_按行政區別分 5：111 年 6 月統計區原住民人口統計_村里 6：111 年 6 月統計區人口統計_村里		

4.2 基本統計分析

4.2.1 供給層面_PTAL

表 7 為公共運輸服務供給_PTAL 之基本統計分析表。依照前章 PTAL 之說明與定義計算，並以可及指數(Access Index，AI)表示。

表 7 公共運輸服務供給_PTAL 基本統計分析表

可及指數(Access Index，AI)	
平均數	1.3573
標準差	1.6269
變異數	2.6469
全距	13.1641
最小值	0.0000
最大值	13.1641
樣本數	314

可及指數(Access Index，AI)之部分，最低者為新竹縣尖石鄉秀巒村、新竹縣竹東鎮陸豐里等 11 個村里，可及指數為 0；最高者為新竹市東區榮光里，可及指數為 13.1641；新竹縣市平均可及指數為 1.3573。

4.2.2 供給層面_涵蓋與可及性

表 8 為公共運輸服務供給_涵蓋與可及性之基本統計分析表。依照前章之空間服務合理涵蓋率(空間涵蓋率)、時段性空間服務合理涵蓋率(時間涵蓋率)以及興趣點可及性(可及性)之說明與定義計算。

表 8 公共運輸服務供給_涵蓋與可及性基本統計分析表

	空間涵蓋率	時間涵蓋率	可及性
平均數	0.8680	0.7938	0.7751
標準差	0.2476	0.3276	0.3571
變異數	0.0613	0.1073	0.1275
全距	1.0000	1.0000	1.0000
最小值	0.0000	0.0000	0.0000
最大值	1.0000	1.0000	1.0000
樣本數			314

空間涵蓋率之部分，最低者為新竹縣竹東鎮陸豐里、新竹縣寶山鄉山湖村等 4 個村里，空間涵蓋率為 0；最高者為新竹市東區南門里、新竹市東區竹蓮里等 117 個村里，空間涵蓋率為 1；新竹縣市平均空間涵蓋率為 0.8680。

時間涵蓋率之部分，最低者為新竹縣尖石鄉秀巒村、新竹縣新豐鄉瑞興村等 19 個村里，時間涵蓋率為 0；最高者為新竹市東區南門里、新竹市東區竹蓮里等 117 個村里，時間涵蓋率為 1；新竹縣市平均時間涵蓋率為 0.7938。

興趣點可及性之部分，最低者為新竹縣尖石鄉秀巒村、新竹縣尖石鄉玉峰村等 34 個村里，興趣點可及性為 0；最高者為新竹市東區南門里、新竹市東區竹蓮里等 115 個村里，時間涵蓋率為 1；新竹縣市平均興趣點可及性為 0.7751。

4.2.3 供給層面_可及頻率

表 9 為公共運輸服務供給_可及頻率之基本統計分析表。依照前章可及頻率之說明與定義計算。

表 9 公共運輸服務供給_可及頻率基本統計分析表

可及頻率	
平均數	6.2975
標準差	4.7823
變異數	22.8707
全距	31.7244
最小值	0.0000
最大值	31.7244
樣本數	314

可及頻率之部分，最低者為新竹縣竹東鎮陸豐里、新竹縣寶山鄉山湖村等 5 個村里，可及頻率為 0；最高者為新竹縣竹東鎮三重里，可及頻率為 31.7244；新竹縣市平均可及頻率為 6.2975。

4.2.4 需求層面

表 10 公共運輸服務需求基本統計分析表

	收入	高齡需求	學齡需求	持有車輛	原民需求
單位	千元	人口比例	人口比例	輛/人	人口比例
平均數	701.5732	0.1673	0.1073	0.9756	0.0443
標準差	247.6871	0.0635	0.0439	0.0550	0.1590
變異數	61348.92	0.0040	0.0019	0.0030	0.0253
全距	2053.0000	0.2934	0.2525	0.2818	0.9529
最小值	476.0000	0.0270	0.0111	0.8133	0.0000
最大值	2529.0000	0.3204	0.2636	1.0952	0.9529
樣本數					314

表 10 為公共運輸服務需求基本統計分析表。由財政部財政資訊中心、社會資料服務平臺及交通部統計查詢網得之新竹縣市資料，依照前章各變數說明計算。

收入以各村里年收入中位數(千元)計算，最低者為新竹市北區中央里之 476,000 元；最高者為新竹市東區關新里之 2,529,000；新竹縣市平均為 701,600 元。

高齡需求以各村里具行動能力之高齡者比例計算，最低者為新竹縣竹北市北興里之 0.02697495；最高者為新竹縣北埔鄉南坑村之 0.3203593；新竹縣市平均為 0.16726。

學齡需求以各村里學齡兒童比例計算，最低者為新竹縣橫山鄉南昌村之 0.01111111；最高者為新竹縣竹北市十興里之 0.26356294；新竹縣市平均為 0.10728。

持有車輛以各村里每人持有機動車輛數計算。因資料取得限制，新竹縣最小計算單位為鄉鎮市區，因此同鄉鎮市區內之各村里數值一樣；新竹市則僅有縣市單位之資料，故新竹市內之北區、東區、香山區各村里數值皆相同。最低者為新竹縣尖石鄉之 0.8133455 輛/人；最高者為新竹縣寶山鄉之 1.0951646 輛/人；新竹縣市平均為 0.9756 輛/人。

原民需求以各村里原住民人口比例計算，最低者為新竹市東區榮光里、新竹縣新埔鎮南平里之 0.0000，最高者為新竹縣尖石鄉玉峰村之 0.95292830，新竹縣市平均為 0.0443。

4.3 公共運輸服務缺口

依據第三章研究方法，本研究將比較使用不同方法衡量供需落差缺口之結果。在衡量方式的部分，為使產生缺口之衡量方式一致且可比較，在衡量方式上將以供給與需求標準化分數(Z-score)差異(Z(gap))表示供需落差。為使圖表呈現清楚，以缺口分數低於適當百分位數(本研究設定為第 10 百分位數)之地區作為公共運輸缺口。研究結果如下所示。

4.3.1 PTAL(Public Transport Access Level)

以 3.1.1 節 PTAL 之計算方式，將可及指數(AI)標準化後減去需求標準化分數(Z-score)得到缺口數值 Z(gap)，其值越小表該地區之缺口越大(供給越小或需求越大)，亦即公共運輸供給無法滿足需求之程度越大。為於地圖呈現美觀和後續分析清楚，本研究以 Z(gap)取低於第 10 百分位數之村里(缺口越大之村里)作為公共運輸服務缺口，呈現如圖 13。以 PTAL 方法產生之公共運輸缺口共計 32 個村里，其可及指數(AI)如表 11，其需求特徵如表 12。

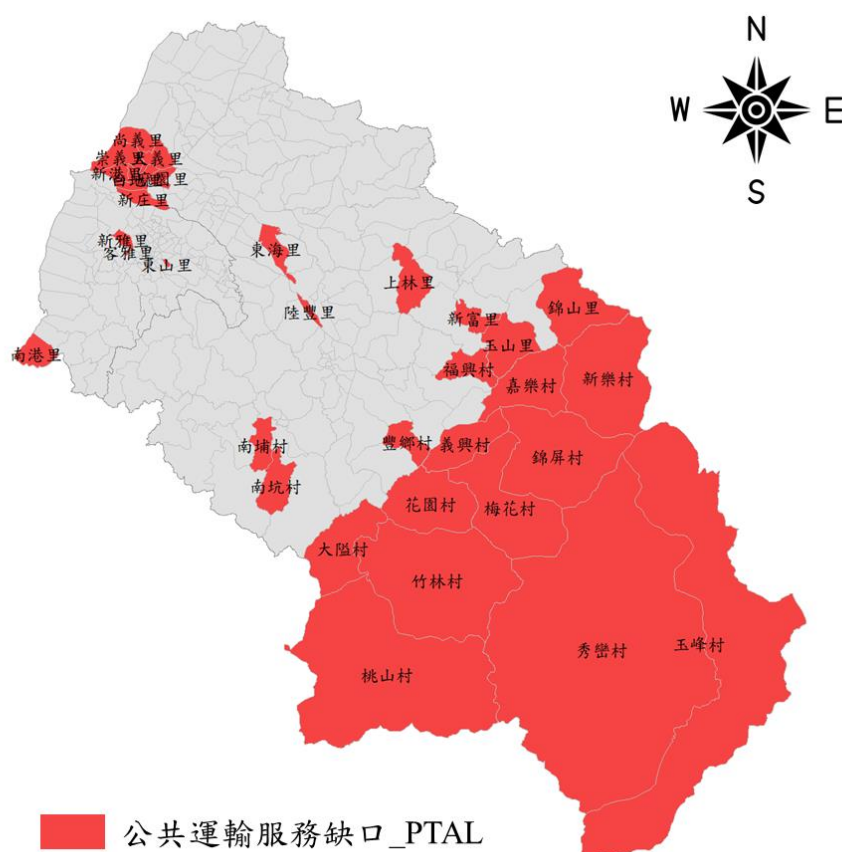


圖 13 公共運輸服務缺口_PTAL

表 11 公共運輸服務缺口_PTAL_供給

編號	鄉鎮市區	村里	PTAL
1	新竹縣尖石鄉	秀巒村	0.0000
2	新竹縣尖石鄉	玉峰村	0.0296
3	新竹縣尖石鄉	新樂村	0.5218
4	新竹縣尖石鄉	錦屏村	0.3831
5	新竹縣尖石鄉	梅花村	0.8122
6	新竹縣五峰鄉	桃山村	0.6118
7	新竹縣五峰鄉	竹林村	0.0013
8	新竹縣五峰鄉	花園村	0.0385
9	新竹縣五峰鄉	大隘村	1.3546
10	新竹縣尖石鄉	義興村	0.1013
11	新竹縣尖石鄉	嘉樂村	1.1851
12	新竹縣竹北市	新港里	0.2911
13	新竹縣橫山鄉	福興村	0.0029
14	新竹縣竹北市	大義里	0.4851
15	新竹縣北埔鄉	南坑村	0.2268
16	新竹縣竹北市	尚義里	0.4245
17	新竹縣竹北市	新庄里	0.3294
18	新竹縣竹北市	崇義里	0.6674
19	新竹縣關西鎮	錦山里	0.7163
20	新竹市北區	新雅里	0.3979
21	新竹縣關西鎮	上林里	0.0130
22	新竹縣竹東鎮	陸豐里	0.0000
23	新竹市東區	東山里	1.5116
24	新竹縣關西鎮	新富里	0.3885
25	新竹縣橫山鄉	豐鄉村	0.0000
26	新竹縣竹北市	東海里	0.9819
27	新竹縣關西鎮	玉山里	0.2666
28	新竹市香山區	南港里	0.0175
29	新竹縣竹北市	白地里	0.3649
30	新竹縣竹北市	麻園里	0.2684
31	新竹縣北埔鄉	南埔村	0.0560
32	新竹市北區	客雅里	1.0488

表 12 公共運輸服務缺口_PTAL_需求

編號	鄉鎮市區	村里	收入 中位數	原民 需求	持有 車輛	高齡 需求	學齡 需求
1	新竹縣尖石鄉	秀巒村	549	0.9488	0.8133	0.0438	0.1765
2	新竹縣尖石鄉	玉峰村	574	0.9529	0.8133	0.0531	0.1680
3	新竹縣尖石鄉	新樂村	524	0.8629	0.8133	0.0962	0.1358
4	新竹縣尖石鄉	錦屏村	531	0.9021	0.8133	0.0496	0.1528
5	新竹縣尖石鄉	梅花村	582	0.9194	0.8133	0.0705	0.1297
6	新竹縣五峰鄉	桃山村	525	0.8899	0.8432	0.1207	0.0967
7	新竹縣五峰鄉	竹林村	518	0.9117	0.8432	0.1098	0.0692
8	新竹縣五峰鄉	花園村	528	0.8818	0.8432	0.0969	0.0816
9	新竹縣五峰鄉	大隘村	534	0.9304	0.8432	0.1060	0.0972
10	新竹縣尖石鄉	義興村	639	0.6681	0.8133	0.1259	0.0993
11	新竹縣尖石鄉	嘉樂村	565	0.6506	0.8133	0.1532	0.0913
12	新竹縣竹北市	新港里	616	0.0014	0.8803	0.1789	0.0992
13	新竹縣橫山鄉	福興村	531	0.0158	0.9744	0.3190	0.0475
14	新竹縣竹北市	大義里	590	0.0058	0.8803	0.1593	0.0942
15	新竹縣北埔鄉	南坑村	569	0.0060	0.9873	0.3204	0.0569
16	新竹縣竹北市	尚義里	574	0.0084	0.8803	0.1576	0.0882
17	新竹縣竹北市	新庄里	562	0.0104	0.8803	0.1627	0.0789
18	新竹縣竹北市	崇義里	558	0.0075	0.8803	0.1674	0.0804
19	新竹縣關西鎮	錦山里	535	0.2134	0.9807	0.1984	0.0768
20	新竹市北區	新雅里	642	0.0063	0.9670	0.1414	0.1724
21	新竹縣關西鎮	上林里	633	0.0118	0.9807	0.2748	0.0767
22	新竹縣竹東鎮	陸豐里	670	0.0147	0.9972	0.1950	0.1496
23	新竹市東區	東山里	841	0.0063	0.9670	0.1606	0.2221
24	新竹縣關西鎮	新富里	565	0.0123	0.9807	0.2628	0.0811
25	新竹縣橫山鄉	豐鄉村	482	0.0088	0.9744	0.2863	0.0352
26	新竹縣竹北市	東海里	645	0.0114	0.8803	0.1666	0.0962
27	新竹縣關西鎮	玉山里	565	0.0106	0.9807	0.2685	0.0719
28	新竹市香山區	南港里	552	0.0344	0.9670	0.1809	0.1054
29	新竹縣竹北市	白地里	597	0.0091	0.8803	0.1426	0.0855
30	新竹縣竹北市	麻園里	694	0.0077	0.8803	0.1290	0.1093
31	新竹縣北埔鄉	南埔村	534	0.0024	0.9873	0.2417	0.0829
32	新竹市北區	客雅里	613	0.0130	0.9670	0.1663	0.1537

4.3.2 涵蓋與可及性

以 3.1.2 節涵蓋與可及性之計算方式，將空間涵蓋率、時間涵蓋率、興趣點可及性分別標準化後平均以得到供給標準化分數(Z-score)，再減去需求標準化分數(Z-score)得到缺口數值 Z(gap)，其值越小表該地區之缺口越大(供給越小或需求越大)，亦即公共運輸供給無法滿足需求之程度越大。為於地圖呈現美觀和後續分析清楚，本研究以 Z(gap)取低於第 10 百分位數之村里(缺口越大之村里)作為公共運輸服務缺口，呈現如圖 14。以涵蓋率與可及性方法產生之公共運輸缺口共計 32 個村里，其空間涵蓋率、時間涵蓋率、興趣點可及性如表 13，其需求特徵如表 14。



圖 14 公共運輸服務缺口_涵蓋與可及性

表 13 公共運輸服務缺口_涵蓋與可及性_供給

編號	鄉鎮市區	村里	空間涵蓋率	時間涵蓋率	可及性
1	新竹縣尖石鄉	秀巒村	0.9328	0.0000	0.0000
2	新竹縣尖石鄉	玉峰村	0.9083	0.0375	0.0000
3	新竹縣尖石鄉	新樂村	0.9703	0.0000	0.5050
4	新竹縣五峰鄉	竹林村	0.5766	0.5766	0.0073
5	新竹縣尖石鄉	錦屏村	0.9735	0.8064	0.7825
6	新竹縣尖石鄉	梅花村	0.9598	0.7871	0.9357
7	新竹縣五峰鄉	花園村	0.7952	0.7590	0.0000
8	新竹縣五峰鄉	桃山村	0.8208	0.7421	0.8208
9	新竹縣五峰鄉	大隘村	0.9771	0.9695	0.9237
10	新竹縣尖石鄉	義興村	0.9058	0.3770	0.6178
11	新竹縣尖石鄉	嘉樂村	0.9785	0.5591	0.8118
12	新竹縣橫山鄉	福興村	0.0222	0.0222	0.0222
13	新竹縣竹東鎮	陸豐里	0.0000	0.0000	0.0000
14	新竹市香山區	南港里	0.0346	0.0346	0.0346
15	新竹縣北埔鄉	南埔村	0.1579	0.1579	0.1579
16	新竹縣橫山鄉	田寮村	0.0709	0.0448	0.0000
17	新竹縣橫山鄉	豐鄉村	0.7059	0.0000	0.0000
18	新竹縣橫山鄉	豐田村	0.5776	0.0948	0.0862
19	新竹縣橫山鄉	南昌村	0.2000	0.1733	0.0000
20	新竹縣北埔鄉	南坑村	0.7845	0.7672	0.0000
21	新竹縣關西鎮	東平里	0.1880	0.0798	0.0798
22	新竹市東區	千甲里	0.7879	0.0000	0.0000
23	新竹縣竹北市	新庄里	0.6209	0.5687	0.5687
24	新竹縣關西鎮	錦山里	0.9007	0.9007	0.0000
25	新竹縣竹東鎮	柯湖里	0.2857	0.2857	0.2857
26	新竹縣關西鎮	南和里	0.1835	0.1422	0.1835
27	新竹縣北埔鄉	外坪村	0.0673	0.0673	0.0000
28	新竹市北區	舊港里	0.3422	0.2674	0.2674
29	新竹縣竹北市	福德里	1.0000	1.0000	1.0000
30	新竹縣關西鎮	玉山里	0.6051	0.6051	0.6051
31	新竹縣關西鎮	上林里	0.8240	0.0712	0.8240
32	新竹縣關西鎮	東山里	0.5105	0.1181	0.3924

表 14 公共運輸服務缺口_涵蓋與可及性_需求

編號	鄉鎮市區	村里	收入 中位數	原民 需求	持有 車輛	高齡 需求	學齡 需求
1	新竹縣尖石鄉	秀巒村	549	0.9488	0.8133	0.0438	0.1765
2	新竹縣尖石鄉	玉峰村	574	0.9529	0.8133	0.0531	0.1680
3	新竹縣尖石鄉	新樂村	524	0.8629	0.8133	0.0962	0.1358
4	新竹縣尖石鄉	錦屏村	531	0.9021	0.8133	0.0496	0.1528
5	新竹縣尖石鄉	梅花村	582	0.9194	0.8133	0.0705	0.1297
6	新竹縣五峰鄉	桃山村	525	0.8899	0.8432	0.1207	0.0967
7	新竹縣五峰鄉	竹林村	518	0.9117	0.8432	0.1098	0.0692
8	新竹縣五峰鄉	花園村	528	0.8818	0.8432	0.0969	0.0816
9	新竹縣五峰鄉	大隘村	534	0.9304	0.8432	0.1060	0.0972
10	新竹縣尖石鄉	義興村	639	0.6681	0.8133	0.1259	0.0993
11	新竹縣尖石鄉	嘉樂村	565	0.6506	0.8133	0.1532	0.0913
12	新竹縣橫山鄉	福興村	531	0.0158	0.9744	0.3190	0.0475
13	新竹縣北埔鄉	南坑村	569	0.0060	0.9873	0.3204	0.0569
14	新竹縣竹北市	新庄里	562	0.0104	0.8803	0.1627	0.0789
15	新竹縣關西鎮	錦山里	535	0.2134	0.9807	0.1984	0.0768
16	新竹縣關西鎮	上林里	633	0.0118	0.9807	0.2748	0.0767
17	新竹縣竹東鎮	陸豐里	670	0.0147	0.9972	0.1950	0.1496
18	新竹縣橫山鄉	豐鄉村	482	0.0088	0.9744	0.2863	0.0352
19	新竹縣關西鎮	玉山里	565	0.0106	0.9807	0.2685	0.0719
20	新竹市香山區	南港里	552	0.0344	0.9670	0.1809	0.1054
21	新竹縣北埔鄉	南埔村	534	0.0024	0.9873	0.2417	0.0829
22	新竹縣橫山鄉	豐田村	608	0.0000	0.9744	0.2507	0.0752
23	新竹市東區	千甲里	633	0.0371	0.9670	0.1488	0.1275
24	新竹縣竹北市	福德里	635	0.0115	0.8803	0.1697	0.1304
25	新竹縣橫山鄉	田寮村	631	0.0076	0.9744	0.2323	0.0643
26	新竹縣關西鎮	東山里	584	0.0133	0.9807	0.2184	0.0710
27	新竹市北區	舊港里	572	0.0446	0.9670	0.2022	0.0573
28	新竹縣橫山鄉	南昌村	601	0.0833	0.9744	0.2667	0.0111
29	新竹縣竹東鎮	柯湖里	568	0.0063	0.9972	0.2288	0.0784
30	新竹縣關西鎮	東平里	602	0.0101	0.9807	0.2422	0.0472
31	新竹縣關西鎮	南和里	599	0.0146	0.9807	0.2029	0.0673
32	新竹縣北埔鄉	外坪村	517	0.0000	0.9873	0.2357	0.0202

4.3.3 可及頻率

以 3.1.3 節可及頻率之計算方式，將可及頻率標準化後得到供給標準化分數 (Z-score)，再減去需求標準化分數 (Z-score) 得到缺口數值 $Z(\text{gap})$ ，其值越小表該地區之缺口越大 (供給越小或需求越大)，亦即公共運輸供給無法滿足需求之程度越大。為於地圖呈現美觀和後續分析清楚，本研究以 $Z(\text{gap})$ 取低於第 10 百分位數之村里 (缺口越大之村里) 作為公共運輸服務缺口，呈現如圖 15。以可及頻率方法產生之公共運輸缺口共計 32 個村里，其可及頻率如表 15，其需求特徵如表 16。

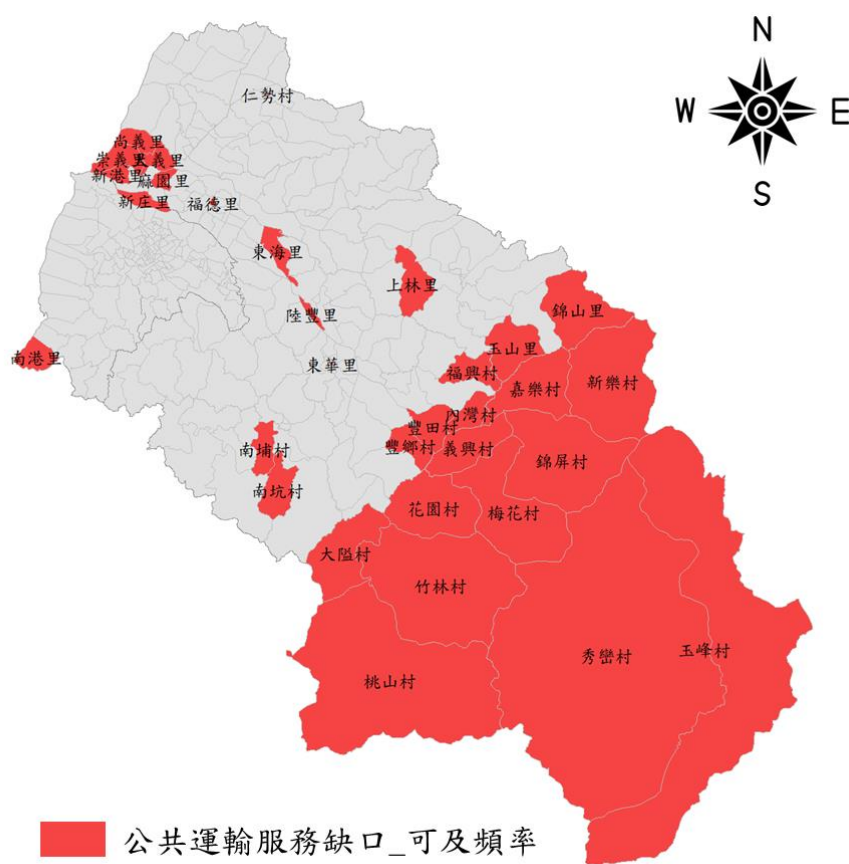


圖 15 公共運輸服務缺口_可及頻率

表 15 公共運輸服務缺口_可及頻率_供給

編號	鄉鎮市區	村里	可及頻率
1	新竹縣尖石鄉	玉峰村	0.0296
2	新竹縣尖石鄉	秀巒村	0.0000
3	新竹縣尖石鄉	錦屏村	0.3831
4	新竹縣尖石鄉	新樂村	0.5218
5	新竹縣尖石鄉	梅花村	0.8122
6	新竹縣五峰鄉	桃山村	0.6118
7	新竹縣五峰鄉	竹林村	0.0013
8	新竹縣五峰鄉	大隘村	1.3546
9	新竹縣五峰鄉	花園村	0.0385
10	新竹縣尖石鄉	嘉樂村	1.1851
11	新竹縣尖石鄉	義興村	0.1013
12	新竹縣橫山鄉	福興村	0.0029
13	新竹縣竹東鎮	陸豐里	0.0000
14	新竹縣橫山鄉	豐鄉村	0.0000
15	新竹市香山區	南港里	0.0175
16	新竹縣竹北市	新港里	0.2911
17	新竹縣竹北市	新庄里	0.3294
18	新竹縣竹北市	福德里	3.3930
19	新竹縣北埔鄉	南埔村	0.0560
20	新竹縣竹北市	尚義里	0.4245
21	新竹縣關西鎮	上林里	0.0130
22	新竹縣橫山鄉	豐田村	0.0290
23	新竹縣竹北市	大義里	0.4851
24	新竹縣竹北市	崇義里	0.6674
25	新竹縣關西鎮	錦山里	0.7163
26	新竹縣北埔鄉	南坑村	0.2268
27	新竹縣湖口鄉	仁勢村	1.1340
28	新竹縣橫山鄉	內灣村	0.9440
29	新竹縣竹東鎮	東華里	3.4067
30	新竹縣關西鎮	玉山里	0.2666
31	新竹縣竹北市	東海里	0.9819
32	新竹縣竹北市	麻園里	0.2684

表 16 公共運輸服務缺口_可及頻率_需求

編號	鄉鎮市區	村里	收入 中位數	原民 需求	持有 車輛	高齡 需求	學齡 需求
1	新竹縣尖石鄉	玉峰村	574	0.9529	0.8133	0.0531	0.1680
2	新竹縣尖石鄉	秀巒村	549	0.9488	0.8133	0.0438	0.1765
3	新竹縣尖石鄉	錦屏村	531	0.9021	0.8133	0.0496	0.1528
4	新竹縣尖石鄉	新樂村	524	0.8629	0.8133	0.0962	0.1358
5	新竹縣尖石鄉	梅花村	582	0.9194	0.8133	0.0705	0.1297
6	新竹縣五峰鄉	桃山村	525	0.8899	0.8432	0.1207	0.0967
7	新竹縣五峰鄉	竹林村	518	0.9117	0.8432	0.1098	0.0692
8	新竹縣五峰鄉	大隘村	534	0.9304	0.8432	0.1060	0.0972
9	新竹縣五峰鄉	花園村	528	0.8818	0.8432	0.0969	0.0816
10	新竹縣尖石鄉	嘉樂村	565	0.6506	0.8133	0.1532	0.0913
11	新竹縣尖石鄉	義興村	639	0.6681	0.8133	0.1259	0.0993
12	新竹縣橫山鄉	福興村	531	0.0158	0.9744	0.3190	0.0475
13	新竹縣竹東鎮	陸豐里	670	0.0147	0.9972	0.1950	0.1496
14	新竹縣橫山鄉	豐鄉村	482	0.0088	0.9744	0.2863	0.0352
15	新竹市香山區	南港里	552	0.0344	0.9670	0.1809	0.1054
16	新竹縣竹北市	新港里	616	0.0014	0.8803	0.1789	0.0992
17	新竹縣竹北市	新庄里	562	0.0104	0.8803	0.1627	0.0789
18	新竹縣竹北市	福德里	635	0.0115	0.8803	0.1697	0.1304
19	新竹縣北埔鄉	南埔村	534	0.0024	0.9873	0.2417	0.0829
20	新竹縣竹北市	尚義里	574	0.0084	0.8803	0.1576	0.0882
21	新竹縣關西鎮	上林里	633	0.0118	0.9807	0.2748	0.0767
22	新竹縣橫山鄉	豐田村	608	0.0000	0.9744	0.2507	0.0752
23	新竹縣竹北市	大義里	590	0.0058	0.8803	0.1593	0.0942
24	新竹縣竹北市	崇義里	558	0.0075	0.8803	0.1674	0.0804
25	新竹縣關西鎮	錦山里	535	0.2134	0.9807	0.1984	0.0768
26	新竹縣北埔鄉	南坑村	569	0.0060	0.9873	0.3204	0.0569
27	新竹縣湖口鄉	仁勢村	538	0.0081	0.9898	0.2034	0.1194
28	新竹縣橫山鄉	內灣村	530	0.0269	0.9744	0.2466	0.0798
29	新竹縣竹東鎮	東華里	584	0.0161	0.9972	0.3016	0.0937
30	新竹縣關西鎮	玉山里	565	0.0106	0.9807	0.2685	0.0719
31	新竹縣竹北市	東海里	645	0.0114	0.8803	0.1666	0.0962
32	新竹縣竹北市	麻園里	694	0.0077	0.8803	0.1290	0.1093

4.4 公共運輸服務缺口差異比較

綜上所述，本研究於 4.3 節以三種方法分別產生公共運輸服務缺口。為進一步比較三種方法之差異，將三種方法產生之公共運輸服務缺口取差集，意即僅有該方法能篩選出之公共運輸服務缺口，其他兩者無法篩選出之地區，呈現於圖 16 至圖 18，並列於表 17 至表 19。為比較本研究方法(可及頻率)之效益與結果，進一步分為 1.僅有可及頻率搜尋到之村里；2.可及頻率無搜尋到，但其餘方法搜尋到之村里。

1. 僅有可及頻率搜尋到之村里(PTAL、涵蓋率與可及性無搜尋到):

表 17 公共運輸服務缺口差集_可及頻率

編號	鄉鎮市區	村里
1	新竹縣竹東鎮	東華里
2	新竹縣湖口鄉	仁勢村
3	新竹縣橫山鄉	內灣村



圖 16 公共運輸服務缺口差集_可及頻率

2. 可及頻率無搜尋到，但其餘方法搜尋到之村里(含 PTAL、涵蓋與可及性):

圖 17 與表 18 為僅有 PTAL 搜尋到之村里(可及頻率、涵蓋率與可及性無搜尋到)

表 18 公共運輸服務缺口差集_PTAL

編號	鄉鎮市區	村里
1	新竹縣竹北市	白地里
2	新竹縣關西鎮	新富里
3	新竹市北區	客雅里
4	新竹市北區	新雅里
5	新竹市東區	東山里

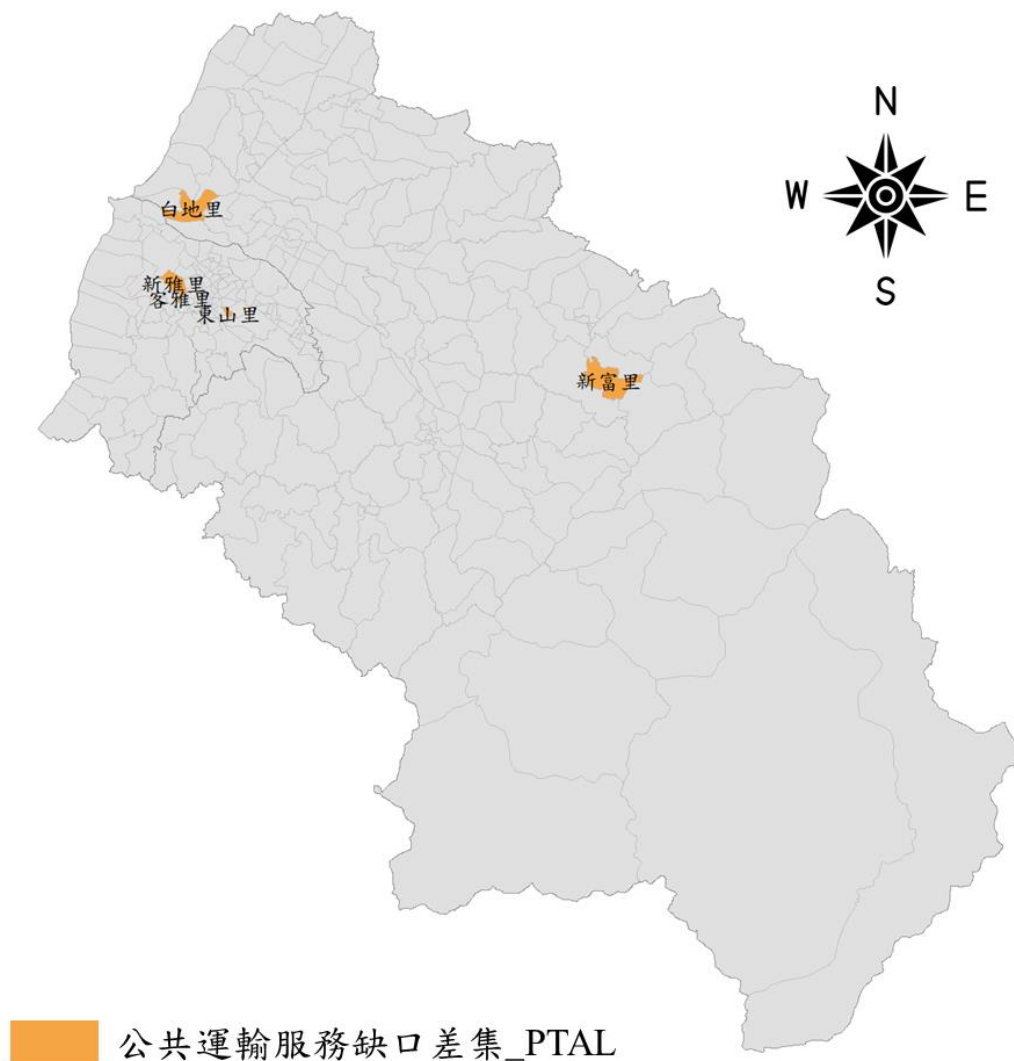


圖 17 公共運輸服務缺口差集_PTAL

圖 18 與表 19 為僅有涵蓋與可及性搜尋到之村里(可及頻率、PTAL 無搜尋到)

表 19 公共運輸服務缺口差集_涵蓋與可及性

編號	鄉鎮市區	村里
1	新竹市北區	舊港里
2	新竹縣北埔鄉	外坪村
3	新竹縣竹東鎮	柯湖里
4	新竹縣關西鎮	南和里
5	新竹縣關西鎮	東山里
6	新竹縣關西鎮	東平里
7	新竹縣橫山鄉	田寮村
8	新竹縣橫山鄉	南昌村
9	新竹市東區	千甲里



圖 18 公共運輸服務缺口差集_涵蓋與可及性

由圖 16 至圖 18 可知各方法篩選出之地區皆有異於其他兩者之處，因此以下將分述各方法篩選出之缺口差集差異。然檢視造成各方法有所差異之原因，發現其原因皆相近，為避免篇幅冗長且重複，本研究並不一一闡述以上所有村里，而是將各方法挑選其中一個村里進行說明。另外，為使敘述邏輯順暢，將依照以下順序進行探討：1.可及頻率差集；2.PTAL 差集；3.涵蓋與可及性差集。

4.4.1 可及頻率差集

在圖 16 之可及頻率方法篩選出之公共運輸服務缺口差集中(僅有可及頻率篩選出，PTAL 和涵蓋率與可及性無篩選出)，挑選新竹縣湖口鄉仁勢村進行說明。表 20 為仁勢村之各公共運輸供給指數(含 PTAL、空間涵蓋率、時間涵蓋率、興趣點可及性、可及頻率)。表 21 為仁勢村之各公共運輸需求特徵值與其在新竹縣市之排名。圖 19 則為仁勢村之家戶以及公共運輸場站分布，其中灰色點子為家戶點，站牌分布及涵蓋範圍(buffer)則依路線以顏色區別顯示於圖中，圖中文字標記為 5611 路線之站牌。

表 20 仁勢村_公共運輸服務供給

鄉鎮市區	村里	PTAL	空間 涵蓋率	時間 涵蓋率	興趣點 可及性	可及 頻率
新竹縣湖口鄉	仁勢村	1.1340	1.0000	1.0000	1.0000	2.4125

表 21 仁勢村_公共運輸服務需求

鄉鎮市區	村里	收入 中位數	原民 需求	持有 車輛	高齡 需求	學齡 需求	需求 排名
新竹縣湖口鄉	仁勢村	538	0.0081	0.9898	0.2034	0.1194	50/314

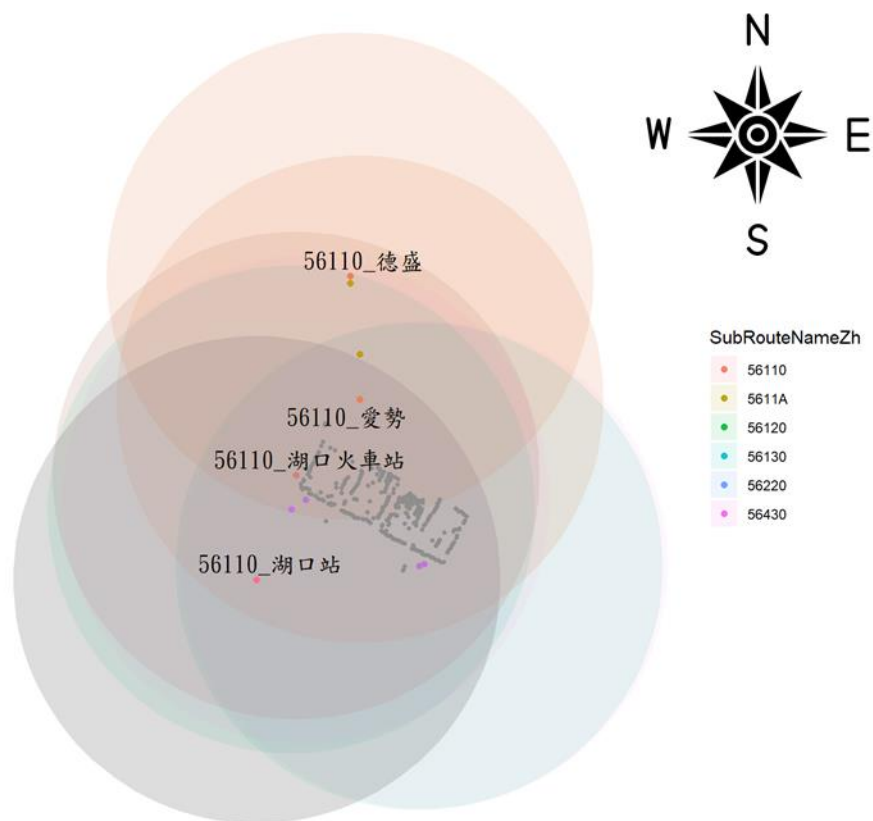


圖 19 仁勢村_家戶與公共運輸場站分布

觀察圖 19，仁勢村站牌分布密集且涵蓋所有家戶。然而細究其站牌服務程度，各路線之服務頻率平均約 4 班/天，服務頻率可謂偏低。另外，仁勢村之需求程度較高(新竹縣市 314 個村里中排名 50)，因此在可及頻率之篩選中成為公共運輸服務缺口。

涵蓋與可及性無法篩選出仁勢村之原因為仁勢村之站牌分布十分密集且涵蓋所有家戶，如圖 19。且於尖峰小時(7-9 時、17-20 時)有公車服務且能透過公共運輸往來興趣點(POI)，因此三指標之值皆為 1，意即該村里 100%之家戶皆能被空間涵蓋、時間涵蓋且能可及興趣點。

PTAL 無法篩選出仁勢村之主要原因為仁勢村之同一路線站牌分布十分密集，如圖 19 文字標記點皆為 5611 路線之站牌。在 PTAL 之計算上，同一家戶被多個同路線站牌服務時會重複計算其 EDF 值，而造成高估實際供給程度之情形。雖然各站牌之 EDF 值會隨著步行距離下降，但其值差異十分微小。另外，雖然加總 EDF 時會乘以權重(所有站牌最高者為 1，其餘為 0.5)，然而該方法僅能顯現家戶對單一站牌(可能為服務頻率高或距離近)選擇機率較高，而無法顯現同一路線不同站牌對家戶帶來效用應差距不大之情形。

5.1.2 涵蓋與可及性差集

在圖 18 之涵蓋與可及性方法篩選出之公共運輸服務缺口差集中(僅有涵蓋率與可及性篩選出，PTAL 和可及頻率無篩選出)，挑選新竹縣竹東鎮柯湖里進行說明。表 22 為柯湖里之各公共運輸供給指數(含 PTAL、空間涵蓋率、時間涵蓋率、興趣點可及性、可及頻率)。表 23 為柯湖里之各公共運輸需求特徵值與其在新竹縣市之排名。圖 20 則為柯湖里之家戶以及公共運輸場站分布，其中灰色點子為家戶點，站牌分布以及其涵蓋範圍(500 公尺 buffer)則依路線以顏色區別顯示於圖中。

表 22 柯湖里_公共運輸服務供給

鄉鎮市區	村里	PTAL	空間 涵蓋率	時間 涵蓋率	興趣點 可及性	可及 頻率
新竹縣竹東鎮	柯湖里	0.4035	0.2857	0.2857	0.2857	10.0701

表 23 柯湖里_公共運輸服務需求

鄉鎮市區	村里	收入 中位數	原民 需求	持有 車輛	高齡 需求	學齡 需求	需求 排名
新竹縣竹東鎮	柯湖里	568	0.0063	0.9972	0.2288	0.0784	130/314

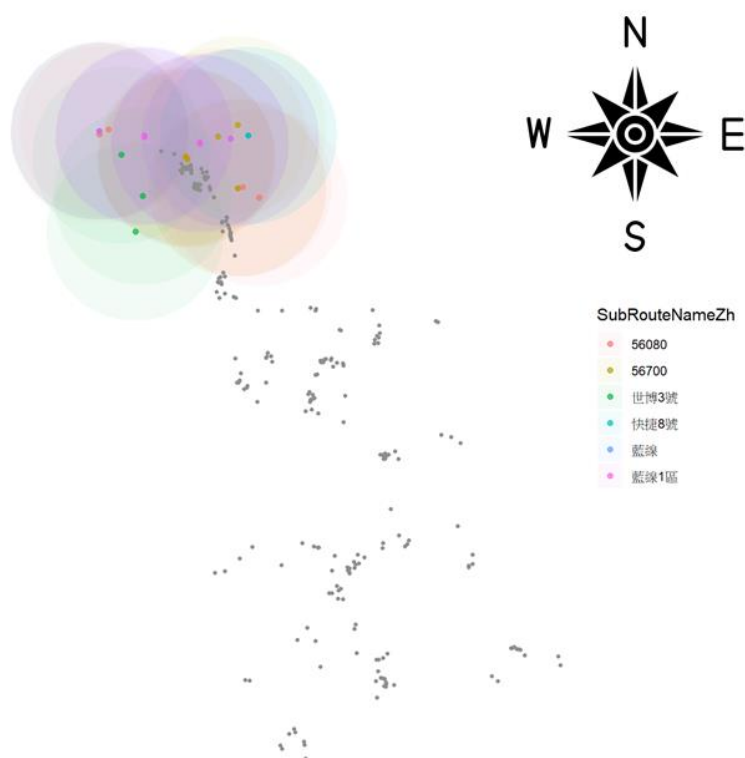


圖 20 柯湖里_家戶與公共運輸場站分布

觀察圖 20，柯湖里站牌主要分布於村里之西北方，又涵蓋與可及性三指標計算皆為可被公共運輸服務之家戶比例，因此在涵蓋率與可及性方法中，柯湖里表現差(僅有 3 成家戶被涵蓋)。

然而，細究其涵蓋之路線頻率，多為服務頻率極高之路線(如：藍線、5608 路線[新竹—下公館(經關東橋)]、快捷 8 號等)。雖然大多數家戶無被涵蓋，但因涵蓋之路線頻率極高，PTAL 與可及頻率得出之供給程度亦不會太差。

為探討柯湖里成為公共運輸服務缺口是否合宜，須進一步討論其需求程度。由表 23 可知其需求程度較低，在新竹縣市 314 個村里中位居 130 名，相較於前節討論之仁勢村位於 50 名，其村里整體需求可謂不高。總結來說，雖然柯湖里之涵蓋比例偏低，然而其整體需求並不高，因此本研究認為將其列為公共運輸服務缺口較不適宜。而使用涵蓋與可及性方法評估此類村里亦會有過度低估公共運輸服務供給程度之疑慮。

5.1.3 PTAL(Public Transport Access Level)

在圖 17 之 PTAL 方法篩選出之公共運輸服務缺口差集中(僅有 PTAL 篩選出，涵蓋率與可及性和可及頻率無篩選出)，挑選新竹市北區新雅里進行說明。表 24 為新雅里之各公共運輸供給指數(含 PTAL、空間涵蓋率、時間涵蓋率、興趣點可及性、可及頻率)。表 25 為新雅里之各公共運輸需求特徵值與其在新竹縣市之排名。圖 21 則為新雅里之家戶以及公共運輸場站分布，其中灰色點子為家戶點，站牌分布以及其涵蓋範圍(500 公尺 buffer)則依路線以顏色區別顯示於圖中。

表 24 新雅里_公共運輸服務供給

鄉鎮市區	村里	PTAL	空間 涵蓋率	時間 涵蓋率	興趣點 可及性	可及 頻率
新竹市北區	新雅里	0.3979	0.9564	0.7855	0.9564	8.8464

表 25 新雅里_公共運輸服務需求

鄉鎮市區	村里	收入 中位數	原民 需求	持有 車輛	高齡 需求	學齡 需求	需求 排名
新竹市北區	新雅里	642	0.0063	0.9670	0.1414	0.1724	35/314

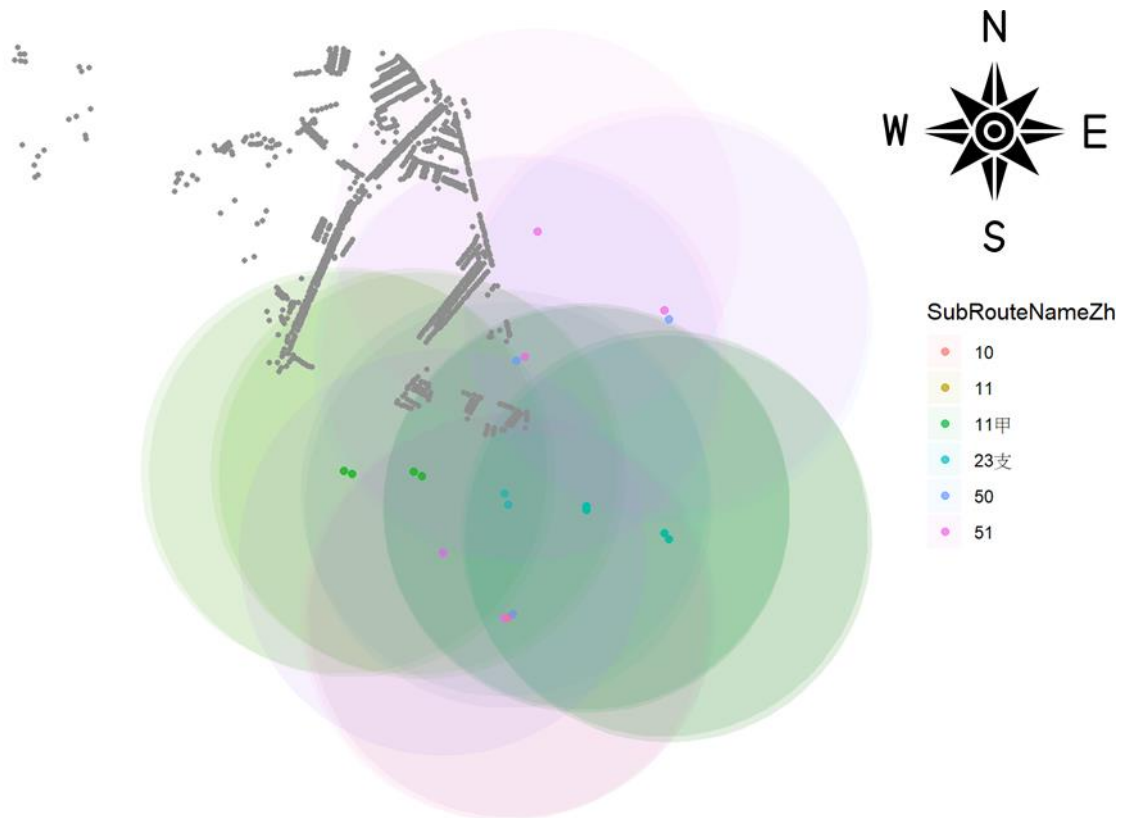


圖 21 新雅里_家戶與公共運輸場站分布

觀察圖 21，新雅里站牌涵蓋大部分家戶，從表 24 之涵蓋與可及性指標亦可看出其涵蓋比例十分高(約 96%家戶皆有被涵蓋)，且在尖峰小時(7-9 時、17-20 時)有公車服務大多數家戶(約 80%之家戶)。而新雅里涵蓋路線之服務頻率平均約 8 班/天，服務頻率相當不錯。

細究造成 PTAL 計算出之供給程度低之原因，主要為 PTAL 頻率計算僅考慮平日 8:15-9:15 間之頻率，因此低估了實際頻率。在新雅里之路線中，除了 10 路於平日 8:15-9:15 沒有公車經過以外，其餘路線皆各有 1 班。以前述之仁勢村作為比較，仁勢村實際班次頻率低(平均約 4 班)，而 PTAL 方法計算到之頻率卻較新雅里高(1.05 班)；新雅里實際頻率高(平均約 8 班)，而 PTAL 方法計算到之頻率卻低於仁勢村(1 班)。顯示 PTAL 方式因僅考慮特定時間段之頻率，因此極可能會同時存在高估(仁勢村)與低估(新雅里)實際公共運輸供給程度之情形。

第五章 結論與建議

本研究之主要目的為發展一套方法，同時考慮公共運輸服務之供給以及需求，以期更合理地定義出公共運輸服務供需落差之缺口區域。本研究綜整公共運輸服務供需落差缺口分析之標準化作業流程(Standard Operation Procedure, SOP)於圖 22，流程主要分為三部分：1.公共運輸服務供給；2.公共運輸服務需求；3.公共運輸服務缺口分析，詳細內容於後段進行說明，以供未來研究參考。

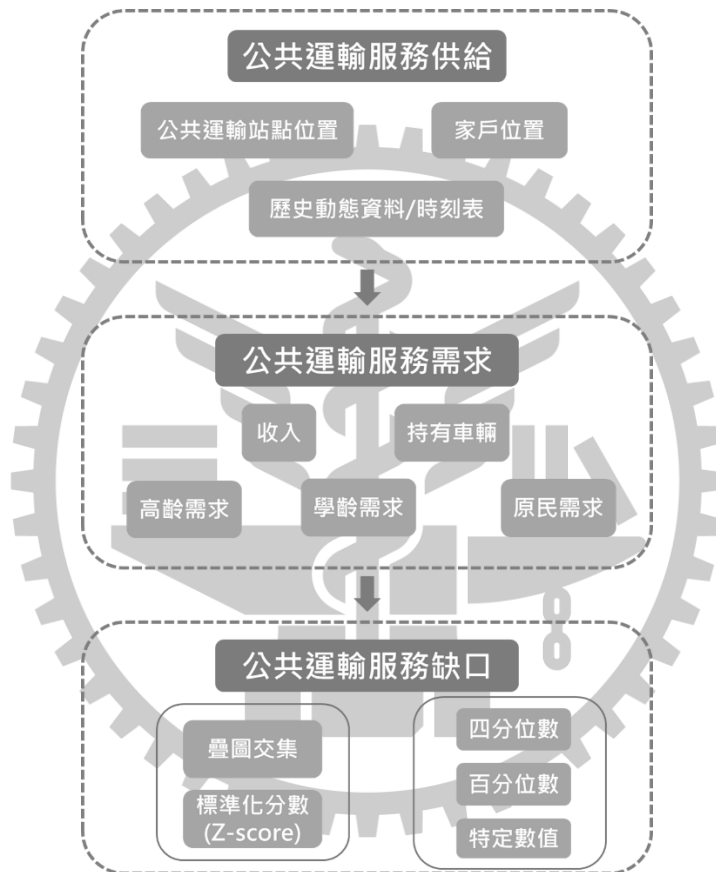


圖 22 公共運輸服務供需落差缺口分析標準化作業流程

於公共運輸服務供給層面，須考慮公共運輸站點位置、家戶位置以分析家戶是否於一定距離內可及公共運輸站點，並根據歷史動態資料或靜態時刻表計算服務頻率，衡量公共運輸站點在研究範圍內提供之服務程度高低。研究常以不同指標計算研究範圍內不同地區之公共運輸服務供給差異。

於公共運輸服務需求層面，是否持有車輛以及家戶之收入程度等皆會影響其使用公共運輸之需求，因此須考慮不同區域之車輛持有程度與社會經濟環境狀況。研究常以計算公共運輸依賴人口(Transit-dependent population)或是考慮不同之社會經濟需求變數組合以表不同區域之需求程度差異。

於公共運輸服務缺口分析部分，將上述供給層面與需求層面綜合分析，以搜尋出供給不足但具高度需求之區域。研究常以疊圖交集分析或是以標準化分數(Z-score)配合四分位數、百分位數、特定數值等進行分析。

另外，本研究分別以 3 種方法進行公共運輸服務缺口分析，分別為 1.PTAL(Public Transport Access Level)；2.涵蓋與可及性；3.可及頻率，以探究評估方法間之差異，並以新竹縣市作為實測場域。本節將綜整研究成果，並依研究成果提出未來研究之方向與建議，以供後續之研究人員或相關機關作為參考。

5.1 結論

1. 本研究以公共運輸站點、時刻表等資料量化公共運輸之供給程度，並透過持有車輛、社會經濟特性等資料衡量公共運輸之潛在需求。接著以供給與需求之落差建立一搜尋公共運輸服務缺口之方法，以找出真正公共運輸服務亟需改善之區域。
2. 根據研究結果與實測場域分析，以 PTAL(Public Transport Access Level)方法評估公共運輸服務之供給時，因其僅考慮特定時間段之服務頻率，所以可能同時存在高估與低估實際頻率之問題。另外，在同一路線之站牌分布過於密集時，因其會重複計算而高估實際供給程度。
3. 根據研究結果與實測場域分析，以涵蓋與可及性方法評估公共運輸服務之供給時，因其衡量單位為家戶比例，因此在涵蓋比例較低但需求程度亦不高之地區，以此方法衡量公共運輸服務缺口容易過度低估其供給程度。
4. 根據研究結果與實測場域分析，以可及頻率方法搜尋出之公共運輸服務缺口較為適宜，且此方法較其他兩者更為完整地考量班次服務頻率、同一路線不同站牌之效益，在指標設計上亦具備了簡易性、易讀性、可解釋性與合理性。

5.2 建議

1. 本研究在可及頻率指標設計上，是以家戶可及路線之平均頻率作為計算基礎。然而，在路線很多之區域，特別是路線出發點(如：火車站、轉運站周邊)，存在班次頻率較低的支線或副線，因其為數不少而造成稀釋平均頻率之效果。故建議未來研究可考慮加入路線數量加權以避免此一問題。
2. 由於本研究著重於設計一具簡易性、易讀性與一致性之指標，可及頻率指標中考量之公共運輸服務特性並未十分詳盡，如：公共運輸旅次起訖點。且本研究對於每條路線之權重皆相同而未考慮目的地數量、不同目的地對於家戶的吸引力等。因此建議未來研究可詳加考慮此些特性，使最終結果更具代表性。
3. 本研究囿於資料取得之限制，在公共運輸需求部分考慮之特徵資料尺度較不細緻，如：持有車輛僅能取得以鄉鎮市區為最小統計單位之資料。建議未來研究可嘗試取得更為詳細之資料(如：以村里為單位、以家戶為單位)，而使研究分析更臻於完善。
4. 本研究在計算頻率與班次時間時使用公車動態定點資料(A2)，然該資料集會出現車機未開或脫班等問題而使資料有所缺漏。本研究因存在時間上限制，僅以月資料融合為日平均以降低資料闕漏之負面影響。建議未來研究可以靜態班表配合歷史動態資訊推估各站到站時間以作為頻率與班次時間之參考，以更為嚴謹之方法處理資料之缺失。

參考文獻

- [1] 交通部(民國 105 年)。公路公共運輸多元推升計畫(106-109 年)，交通部。
- [2] Delivering the Mayor's Transport Strategy 2020/21(2021). Transport for London. Retrieved from <https://content.tfl.gov.uk/the-mayors-transport-strategy-update-2020-21-acc.pdf>
- [3] ACT TRANSPORT STRATEGY 2020(2020). Australian Capital Territory, Canberra. Retrieved from https://www.transport.act.gov.au/__data/assets/pdf_file/0016/1613302/200601-ACT-Transport-Strategy_web.pdf
- [4] Junfeng Jiao. (2013). Transit Deserts: The Gap between Demand and Supply, *Journal of Public Transportation*, Vol. 16, No. 3.
- [5] Saeid Nazari Adli, Subeh Chowdhury, Yoram Shiftan. (2019). Justice in public transport systems: A comparative study of Auckland, Brisbane, Perth and Vancouver, *Cities*, Volume 90, 2019, Pages 88-99.
- [6] Jianhong(Cecilia) Xia, Joshua Nesbitt, Rebekah Daley, Arfanara Najnin, Todd Litman, Surya Prasad Tiwari. (2016). A multi-dimensional view of transport-related social exclusion: A comparative study of Greater Perth and Sydney, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 94, 2016, Pages 205-221.
- [7] Mulley, C., Ma, L., Clifton, G., & Tanner, M. (2017). Are Network Planning Guidelines Based on Equal Access Equitable? *Transportation Research Record*, 2651(1), 1–11. <https://doi.org/10.3141/2651-01>
- [8] Javad Jomehpour Chahar Aman, Janille Smith-Colin. (2020). Transit Deserts: Equity analysis of public transit accessibility, *Journal of Transport Geography*, Volume 89
- [9] 交通部運輸研究所(民國 111 年)。區域運輸發展研究中心服務升級 2.0 計畫(110-111)年，國立陽明交通大學。
- [10] 吳幸玲，彭以安(民國 111 年)。臺中市弱勢人口公共運輸服務缺口分析。**運輸學刊第三十四卷**，第二期，民國一一一年六月，頁 153~182 頁。
- [11] Yang R, Liu Y, Liu Y, Liu H, Gan W. (2019). Comprehensive Public Transport Service Accessibility Index—A New Approach Based on Degree Centrality and Gravity Model. *Sustainability*, Volume 11, 5634. <https://doi.org/10.3390/su11205634>

[12] Wu, B. M., & Hine, J. P. (2003). A PTAL approach to measuring changes in bus service accessibility. *Transport Policy*, 10(4), 307-320. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(03\)00053-2](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00053-2)

[13] 行政院經濟建設委員會(民國 96 年)。人本交通運輸系統規劃及示範案例—大型城鎮層級，行政院經濟建設委員會。

[14] 陳昭帆 (2001)。社會變遷與弱勢族群---原住民的遷徙、就業與歧視問題(碩士論文)。檢自臺灣博碩士論文系統。

