

臺北捷運轉乘績效評估之研究

范俊海，淡江大學運輸管理系副教授

(E-Mail:chunhai@mail.tku.edu.tw, 新北市淡水區英專路 151 號)

黃竹年，淡江大學運輸管理系碩士班研究生

(E-Mail:hot_781009@hotmail.com, 新北市淡水區英專路 151 號)

摘要

臺北捷運，在連年建構下，路網逐漸趨於完整，而目前為雙北市民極為仰賴之大眾運輸工具。在多條路線營運下，出現路線之間的轉乘站點。轉乘站點從早期雙十字路網中的臺北車站、忠孝復興站。直至今日，由於捷運營運版圖擴大，因此目前主要轉乘站點相較於過去大量增加，如民權西路站、忠孝新生站、中正紀念堂站等，皆是雙北市民主要轉乘之站點。

本研究將深入探討臺北捷運轉乘站點之一般旅客步行進行路線轉乘所需時間、一般旅客在各轉乘站內轉乘步行之速率，以及找出各轉乘站內轉乘之旅客動線衝突點，另外亦探究各轉乘站內之無障礙設施完整性與方便性。而本文採取層次分析法，設計合適之問卷且在各轉乘站點針對與捷運相關專家、學者發放，並以 AHP 法對各評估構面與指標進行重要性的評估。筆者以 AHP 法重要性評估之結果，並由此將臺北捷運營運之轉運站點詳加排名，並分類成「友善」、「一般」、「不友善」三種不同程度的轉運站點。後根據本文研究結果，研擬並提出對於轉乘站點可改善方案與建議，提供臺北捷運公司做為參考。

關鍵字：轉乘步行時間、轉乘步行速率、轉乘動線衝突點、層次分析法。

A Study of Transfer Performance Evaluation for Taipei MRT

Chun-hai Fan, Associate Professor of Transportation Management of Tamkang University

E-Mail:chunhai@mail.tku.edu.tw

No.151, Yingzhuan Rd., Tamsui Dist., New Taipei City 25137, Taiwan

Zhu-nian Huang, Graduate student of Transportation Management of Tamkang University

E-Mail:hot_781009@hotmail.com

No.151, Yingzhuan Rd., Tamsui Dist., New Taipei City 25137, Taiwan

Abstract

Taipei MRT, constructing in successive years and network becoming complete. And it is the public transportation that Taipei city and New Taipei city citizens currently rely on. In multiple routes under operating, there are Transfer Stations between routes site. From the early dual cross network, there are Taipei Main Station and Zhongxiao Fuxing Station be the transfer Stations. As of today, the territory of operations, there is currently a significant increase in major transfer station, by the expansions of Taipei MRT. Such as the Minquan West Road Station, Zhongxiao Xinsheng Station, Chiang Kai-shek Memorial Hall Station, etc.

And now, it is the main transfer station to Taipei city and New Taipei city citizens.

In this study will delve into the time that passenger walk in the transfer station of conduct route interchange, the average speed of the passenger walking within each transfer stations, and find the conflict points in each transfer station moving lines, while also exploring the completeness and convenience of Accessible Environment within each transfer station. The paper adopts AHP method, designed and release a suitable questionnaire for experts and scholars related with MRT, and evaluate the importance of the assessment dimensions and indicators. The importance of the evaluated results by using AHP method, and ranked the operations of the Taipei MRT transfer station in detail and are classified as "friendly", "general", "unfriendly" three different levels of transfer station. According to the results of this study, develop solutions and suggestions for the transfer station to Taipei Rapid Transit Corporation.

Keyword: transfer walking time 、 transfer walking speed 、 transfer walking conflict points、
The analytic hierarchy process

一、緒論

隨著時間的演進，臺北捷運系統在連年建構下，路網建構逐漸趨於完整，而目前成為臺北都會區市民極為仰賴之大眾運輸工具。在多條路線營運下，出現路線之間的轉乘站點。從早期木柵線(文湖線)、淡水線、板南線所構建雙十字路網中的轉乘站點：臺北車站、忠孝復興站。直至今日，由於捷運營運版圖擴張，因此目前營運主要轉乘站點相較於過去大量增加，如民權西路站、忠孝新生站、中正紀念堂站等，皆是雙北市民主要轉乘之站點。

與早期營運相比，臺北捷運公司所提供之服務，確實隨著時代而進步，是所有使用者有目共睹，但臺北捷運的營運不可能將永遠停留於目前，而躑躅不前。因此現在當務之急，除了應該對於現階段存在之轉乘站提供的服務項目進行細部探討，提出有效改善之服務、發掘影響潛在服務品質之要素外，更應洞察轉乘站之行人動線設計問題。

本研究之目的為提供臺北捷運在營運上意見與未來轉乘站規畫之參考，將劃分為兩部分。

本文將探究臺北捷運各轉乘站點

1. 一般旅客步行轉乘所需時間
2. 一般旅客在轉乘站內轉乘步行速率
3. 轉乘站內轉乘之旅客動線衝突點

並以 AHP 法對各評估構面與指標進行重要性的評估，將臺北捷運營運之轉運站分類成「友善」、「一般」、「不友善」三種不同服務水準程度之轉運站點。

二、轉乘站概況陳述

2.1 轉乘站類型分類

可將臺北捷運轉乘形式可分為同月臺轉乘、跨月臺轉乘、垂直轉乘、夾心式轉乘等幾種類別，如圖 1 所示，分別以左上、右上、左下以及右下來表示。

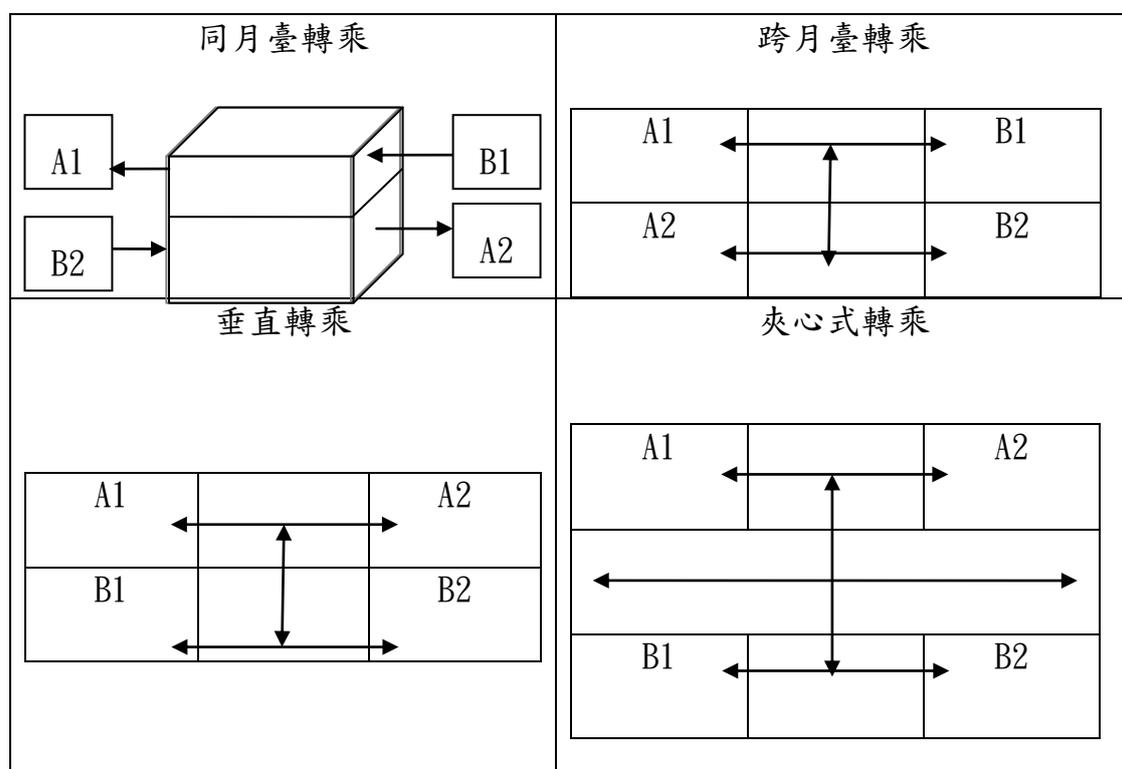


圖 1、台北捷運轉乘形式

同月臺轉乘，需要能同月臺轉乘不同路線，因此對於路線設計要求高，但這是最直接、簡便的合理轉乘模式，節省了轉乘時間。跨月臺轉乘，透過調整路線，使得轉乘乘客只需從月臺一邊走到另外一邊。垂直轉乘，其設置轉乘可以實現一部分轉乘乘客流的同月臺轉乘，有效縮減轉乘時間，轉乘目的性明確；另外一部分的乘客流還需要透過電扶梯、樓梯轉乘。夾心式轉乘，乘客須通過車站大廳進行轉乘，從下車點到上車點之間透過樓梯、電扶梯、通道連接，因此轉乘時間相對較長。

如以上述條件將臺北捷運轉乘站加以分類，並條列於表 1 所示。但其中，中正紀念堂與古亭捷運站，皆同時具有不同轉乘方式，因此本研究在分類項目

中逐一列出。

表 1、台北捷運轉乘站分類結果

同月臺轉乘	跨月臺轉乘	垂直轉乘	夾心式轉乘
七張	中正紀念堂	中正紀念堂	南港展覽館
大橋頭站	東門	忠孝新生	忠孝復興
中正紀念堂	西門	古亭	臺北車站
臺電大樓	古亭		大安
			民權西路
			北投

2.2 轉乘站行人步行速度與距離

因臺北捷運站體設計或是營運特性，因此本文有研究上之限制。其中旅客出車廂位置不同，因此為求條件一致性，垂直轉乘與夾心式轉乘之轉乘方式，筆者實地觀測基準將從旅客進入通道(電扶梯)開始計算，跨月臺轉乘則以兩側直線距離，即月臺寬度計算。另外乘客在電扶梯或樓梯進行轉乘通道選擇，本研究僅採取選擇電扶梯之樣本，且採用之樣本亦不在電扶梯上行走，即以電扶梯進行空間移動。

因台北捷運在特定轉乘車站中，營運路線上在月臺一側會有兩路線營運，因此本研究設定旅客通過轉乘通道與電扶梯抵達轉乘月臺後，將以最近車輛離開轉乘站，不在月臺或是車站逗留。

尖峰時刻會受人潮與等待行人影響較明顯，德國 Davidich[10]也提到尖峰時刻步行時間會受等待行人影響，較離峰增加 20%，行人行走的平均速度也因為有人在月臺等候而減低，且在一百公尺的直線距離中，尖峰時間步行距離較離峰時間多五公尺。因此本研究將觀測時間固定設為離峰時間。但本研究依舊在離峰時刻跟隨群體移動觀測，所觀測到行人步行速率會較固定，而不受個別旅客快慢之影響。

從表 2 可看出台北捷運行人移動速率大致穩定，大多數落於 0.5m/s 至 0.9m/s，而電扶梯速率固定，皆是 0.5m/s，根據換算結果行人步行速率範圍則落在 0.7m/s~1.1m/s，則結果與 Pushkarev 和 Zupan[11]研究一般行人速度範圍為 0.73~2.0m/s，結果相去不遠。而楊涵[2]等人認為不同設施對乘客步行速度影響顯著，行走速度的換算係數可訂為：以電扶梯為 1，瓶頸 0.85，上下樓梯 0.91，通道 1.6，而本研究若將電扶梯速度設為 1，通道步行速度將換算為 1.2~1.8 之間，因此本研究與楊涵[2]等人研究行人步行速度結果類似。

表 2、台北捷運轉乘站基本轉乘資料

類別	站名	總轉乘 時間 (s)	移動 距離 (m)	移動 速率 (m/s)	電扶 梯距 離 (m)	電扶 梯時 間 (s)	步行 距離 (m)	步行 時間 (s)
同月臺轉乘	七張	300	0	0	0	0	0	0
	大橋頭站	240	0	0	0	0	0	0
	中正紀念堂	210	0	0	0	0	0	0
	臺電大樓	210	0	0	0	0	0	0
	平均	240	0	0	0	0	0	0
跨月臺轉乘	中正紀念堂	55	5	0.8	0	0	4	5
	東門	65	5	0.8	0	0	4	5
	西門	50	5	0.8	0	0	4	5
	古亭	45	5	0.8	0	0	4	5
	平均	53.75	5	0.8	0	0	4	5
垂直轉乘	中正紀念堂	205	18	0.5	18	35	0	0
	忠孝新生	215	20	0.5	20	40	0	0
	古亭	195	18	0.5	18	35	0	0
		210	45	0.5	40	75	5	7
	平均	206.5	25.25	0.5	24	46.25	1.2	1.75
夾心式轉乘	南港展覽館	285	160	0.9	50	75	110	100
	忠孝復興	320	230	0.9	30	60	200	190
	臺北車站	350	115	0.9	25	50	90	80
	大安	395	60	0.6	40	80	20	15
	民權西路	360	80	0.6	40	80	40	30
	北投	285	160	0.9	50	75	110	100
		320	230	0.9	30	60	200	190
	平均	330.7	147.9	0.81	37.86	68.58	110	110.7
	總平均	227.1	60.84	0.6	19	35	41.6	38.5

註:自行調查資料

杜鵬[1]等人研究提出若轉乘距離在 86.4~341.4m 範圍內，乘客行走時間的

平均值 u 與轉乘長度 x 的相對關係，可近似用下列回歸式描述。 $u=0.003x^2-0.271x+110.717$ ，但將本研究蒐集之數據應用至此式，發現此式不能成立。

另外由表 2 可以得知，步行時間與步行距離，除夾心式轉乘站外，步行時間不長且步行距離不遠。而根據筆者實地調查結果，台北捷運轉乘系統，大部分轉乘時間都可控制在七分鐘內完成轉乘。

2.3 轉乘站衝突點與無障礙設施

根據實地觀測結果，台北捷運月台衝突點用圖二表示。在月台與電扶梯交界處，且此位置因出站人潮或是轉乘人潮也易形成瓶頸，而當產生瓶頸時，進入月臺乘客與出月臺乘客，隨即發生動線衝突。另外在月臺上，在電扶梯與樓梯旁也因通道狹窄，易形成瓶頸，而行人動線因進出車廂與進出月台，顯得複雜，而造成衝突點產生。

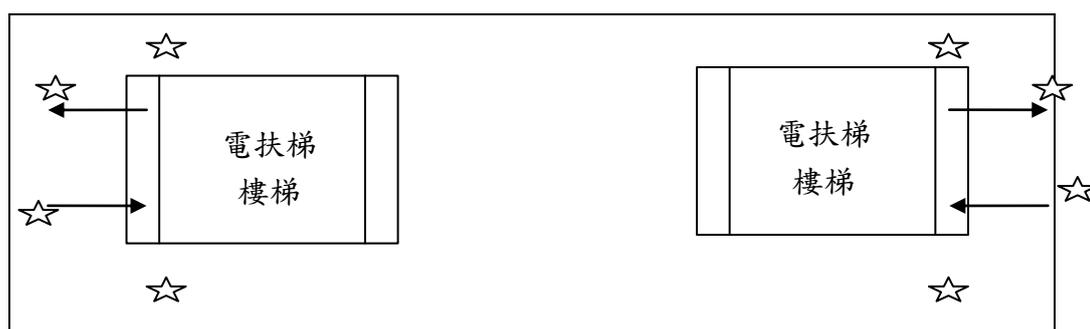


圖 2、台北捷運月台衝突點示意圖

此外，夾心式轉乘站，在車站出入口與電扶梯之間，雖不易造成瓶頸產生，但亦有衝突點產生，進出車站的旅客與正在進行轉乘旅客，在車站大廳發生動線上衝突。

在無障礙設施部分，台北捷運各站皆設有完善無障礙設施進行轉乘行為，但在轉乘行為中，同月台轉乘與跨月台轉乘，屬同一水平面轉乘，較不需要使用無障礙設施，垂直轉乘使用升降梯進行轉乘行為，而在夾心式轉乘站中，少數轉乘站需要兩段式無障礙轉乘殊為不便。此外不僅是轉乘站，各車站也提供多樣無障礙設施服務，以保障身心障礙旅客搭乘之權益。

三、轉乘站績效評估

3.1 層級架構圖

本文將採用層級分析法(The analytic hierarchy process)，進行台北捷運轉乘績效之評估。以整體「轉乘站」為最終研究目標，身處第一層為架構之核心，第二層則依照先前章節所敘述影響旅客於轉乘站轉乘之因子，將研究指標分成四個參數：轉乘時間、步行速度、衝突點、無障礙設施，將這四項參數因子納入討論比較，最三層則藉由四項參數權重結果，提出三項「友善」、「一般」、「不友善」轉乘站評估之方案結果。並以上述概念建構本研究層級架構圖，如圖 3 所示。

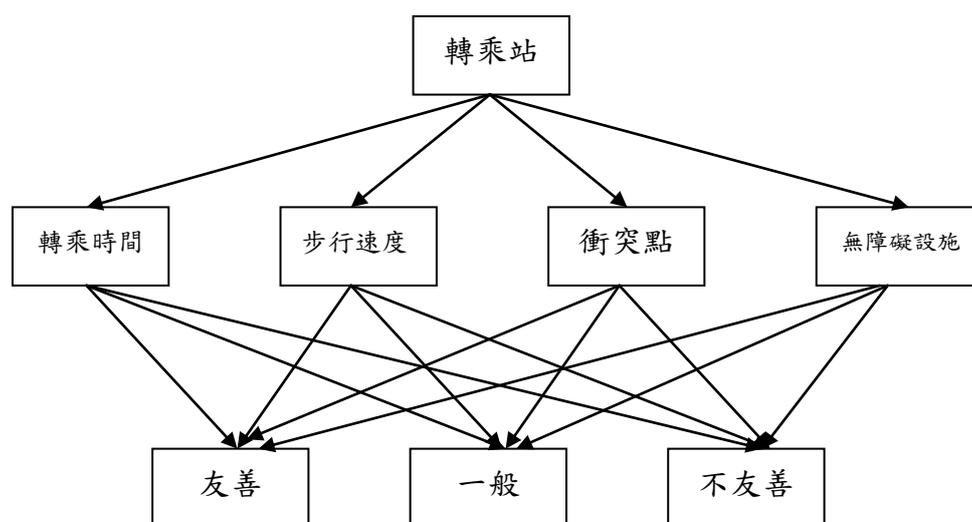


圖 3、層級架構圖

3.2 問卷發放結果

本研究與捷運轉乘相關，故發放問卷對象必須對捷運轉乘指標因子具備專業判斷藉此以達到客觀評估之原則，因此問卷發放對象為運輸專業研究人員以及台北捷運公司之員工。最終本研究發放 8 份問卷，共回收 7 份專家問卷。

將專家問卷回收，並進行一致性檢定值，而計算一致檢定值目的在確保受測者評估問卷過程中所做的判斷是合理且不互相衝突的，因此本研究檢驗每份問卷的一致性，並確保所有問卷符合一致性後，將回收到 7 份問卷，經過程式計算後，即可得將問卷合併所合併之綜合性資料。

透過圖 4 可得到，將七份問卷整合，經過一致性問卷檢定結果。以最大特徵值 λ_{max} ，求出一致性指標 C.I. (Consistency Index) 若 $C.I. \leq 0.1$ ，則可視為整個評估過程達到一致性，本研究檢定一致性指標 C.I 值為 0.04，因此問卷符合一致性。另外也檢定一致性比率 C.R. (Consistency Ratio) 值為 0.01(1.0%)，而若 $C.R. \leq 0.1$ ，則可視為整個評估過程達到一致性，因此問卷符合一致性。

另外圖 4 透過專家問卷的結果可以發現，衝突點的權重相較於其他指標顯為重要，因此對於專家與學者而言，動線的流暢性與不衝突為轉乘站相對最重要之因子，而轉乘時間與無障礙設施為捷運轉乘之次重要指標，以專家問卷所得出權重，轉乘時間與無障礙設施相比，在轉乘站轉乘因子中，以專家學者立場，轉乘時間又顯得相對重要，而步行速度與其他指標相較之下，相對佔較少權重，相對重要性較低。

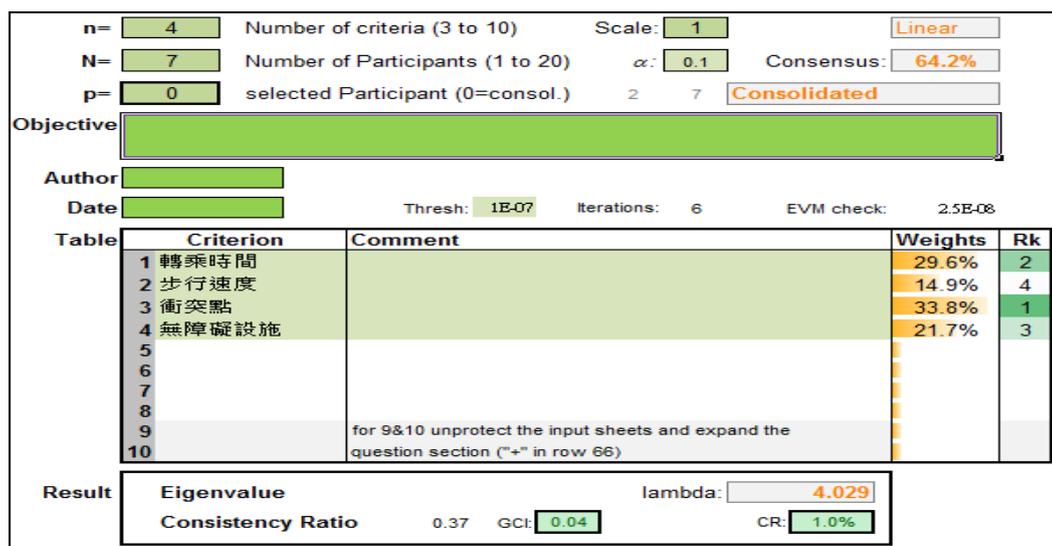


圖 4 AHP 權重分析圖

本研究透過先前實際調查資料，將轉乘站所屬四項指標進行數值標準化，由於衝突點與無障礙設施無法進行數值標準化，因此本研究自行假設各轉乘站標準化數值為 5，並透過圖 4 得到之四項指標相對權重比例，加權計算出每站績效分數，並可實際得到表 3 之結果。

而從表 3 的績效分數可以得知，捷運中正紀念堂站為 5.39 分與古亭站的 5.4 分，而為最友善轉乘站，大部分轉乘站績效分數則落 4.5 至 5.35 之間，若再詳加細分，夾心式轉乘站類型之轉乘站分數大部分落在 4.66，同月台轉乘與垂直轉乘類型之轉乘站分數多為 5.3 左右，相較於夾心式轉乘類型的轉乘站分數，同月台轉乘與垂直轉乘類型轉乘站績效分數較高。而在績效分數普遍較低的夾心式轉乘站中，大安站分數僅有 4.39 分，則為最不友善轉乘站，應盡量避免位於此站轉乘。若以轉乘站類型比較，同月台轉乘類型轉乘站分數為 5.34 分為最友善轉乘站類型，夾心式轉乘站分數僅有 4.66 分，為四類型轉乘站中最低，因此被歸類為不友善轉乘站。

表 3、台北捷運轉乘站績效評估

類別	站名	總轉乘時間 (s)	總轉乘時間標準化	步行速度 (m/s)	步行速度標準化	衝突點標準化	無障礙設施標準化	績效分數
同月臺轉乘	七張	300	4	0	4	5	5	5.26
	大橋頭站	240	5	0	4	5	5	5.34
	中正紀念堂	210	5	0	4	5	5	5.38
	臺電大樓	210	5	0	4	5	5	5.38
	平均	240	5	0	4	5	5	5.34
跨月臺轉乘	中正紀念堂	55	7	0.8	5	5	5	5.14
	東門	65	6	0.8	5	5	5	5.13
	西門	50	7	0.8	5	5	5	5.15
	古亭	45	7	0.8	5	5	5	5.15
	平均	53.75	7	0.8	5	5	5	5.14
垂直轉乘	中正紀念堂	205	5	0	4	5	5	5.39
	忠孝新生	215	5	0	4	5	5	5.37
	古亭	195	5	0	4	5	5	5.4
		210	5	0.7	5	5	5	4.98
	平均	206.5	5	0.2	4	5	5	5.27
夾心式轉乘	南港展覽館	285	4	1.1	6	5	5	4.66
	忠孝復興	320	4	1.1	6	5	5	4.61
	臺北車站	350	4	1.1	6	5	5	4.57
	大安	395	3	1.3	6	5	5	4.39
	民權西路	360	4	1.3	6	5	5	4.44
	北投	285	4	1.1	6	5	5	4.66
		320	4	1.1	6	5	5	4.61
	平均	330.7	4	1	6	5	5	4.66
	總平均	227.1	5	0.6	5	5	5	5

註 1：總轉乘時間與步行速度依照標準化範圍 1~10 分，分數越高表示績效越佳。

註 2：衝突點與無障礙設施無法進行數值標準化，因此自行假設各轉乘站標準化數值為 5。

四、結論與建議

4.1 結論

根據前面章節所敘述，本研究依照層級分析法可得出，夾心式轉乘站因動線相較於其他轉乘模式混亂，衝突點較多、轉乘移動所需轉乘時間皆較其他轉乘模式長，各方面在數據資料上，皆比其他轉乘模式不便利，而透過層級分析法加權計算後，績效分數為四類型轉乘站最低，因此本研究將其評估為「不友善」之轉乘站。

跨月台轉乘，在轉乘行為的過程中，動線少部分衝突，其主要是會與進入月台乘客發生少部分動線衝突，而產生路徑衝突點。但總轉乘時間短且亦不需要無障礙設施使用，轉乘便利性高，但透過層級分析法加權計算後，績效分數，僅優於夾心式轉乘站，因此本研究將其評估為「一般」之轉乘站。

垂直轉乘則因旅客需要於上下樓層進行轉乘，動線相較於同月台轉乘與跨月台轉乘複雜，衝突點發生也相對比較多，總轉乘時間雖與同月台轉乘與跨月台相去不遠，但仍須使用無障礙設施(升降梯)進行轉乘，而透過層級分析法加權計算後，績效分數與跨月台優於夾心式轉乘站，因此本研究將其評估為「一般」之轉乘站。

同月台轉乘，在轉乘行為的過程中，動線衝突幾乎不存在，也沒有衝突點產生，雖然此種類型轉乘不需要無障礙設施，但總轉乘時間則受班距影響較大，部分轉乘站，離峰時間需較長候車時間，但透過層級分析法加權計算後，績效分數為最高，優於其他類型轉乘站，因此本研究將其評估為「友善」之轉乘站。

4.2 建議

因此本研究建議使用台北捷運之乘客，盡量使用「跨月台轉乘」類型轉乘站進行轉乘行為，如非必要，或是有替代轉乘站選擇，而較不建議旅客採用「夾心式轉乘」之轉乘站進行轉乘。

以實際案例建議，參照捷運營運圖(圖 5)若是從新店地區前往迴龍地區，旅客若只進行一次轉乘，可選擇在古亭站或民權西路站進行直接轉乘，即可抵達目的地，而依照本文研究方案結果，則推薦旅客在為垂直轉乘的古亭站進行轉乘，而非夾心式轉乘的民權西路站。

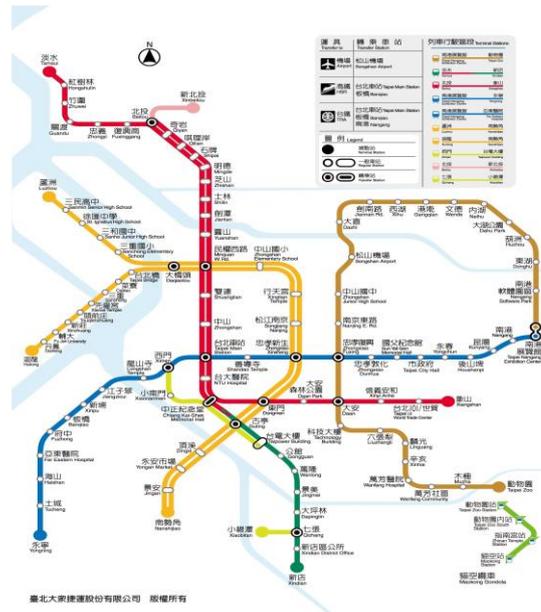


圖 5 台北捷運營運圖

本研究僅考慮轉乘時間、步行速度、衝突點、無障礙設施等四項參數，作為研究指標，進行轉乘站績效之評估。在未來工作，應可考慮且增加其他旅客使用捷運之因素，如旅客旅行時間、旅行距離之影響，票價以及轉乘調和度等，納入未來研究考量。

五、參考文獻

1. 杜鵬、劉超、劉智麗(2009)，地鐵通道換乘乘客行走時間規律研究，交工運輸系統工程與信息，第九卷第四期
2. 楊涵、伍夢歡、張含笑、劉智麗，(2011)地鐵換乘站不同設施區域乘客行走速度分析，交工運輸系統工程與信息，第十一卷第增一期
3. 劉學軍(2006)，地鐵換乘行為及換乘站佈置選型，樞紐規劃與設計，頁，第九卷第八期
4. 湯淑惠、邱智淳、陳柏融(2008)，利用 AHP 法評估購買柴油車或汽油車，2008 決策分析研討會
5. 褚志鵬(2009)Analytic Hierarchy Process Theory 層級分析法(AHP)理論與實作
6. 陳艷艷、張廣厚、史建港(2011)，擁擠行人交通系統規畫及仿真，人民交通出版社
7. 鄧振源、曾國雄(1989)，層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)，中國統計學報，第 27 卷，第 6 期，頁 13707-13724。

8. 鄧振源、曾國雄 (1989) , 層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(下) , 中國統計學報 , 第 27 卷 , 第 7 期 , 頁 13767-13870 。
9. W H K Lam , C Y Cheung. (1998) Pedestrian Route Choices Between Escalator and Stairway in MRT Stations . Transport Engineering , 124(3);277-285
10. Davidich. M, et al. (2013) Waiting zones for realistic modelling of pedestrian dynamics: A case study using two major German railway stations as examples. Transport. Res. Part C
11. Pushkarev , Zupan(1977)Public transportation and land use policy , Indiana University Press (Bloomington)