

以生理及心理感受建立捷運場站周邊步行 可及性指標之研究

邱英浩* 林淑雯** 柯筠芸***

論文收件日期：111年02月08日

論文修稿日期：111年10月03日

論文接受日期：111年10月25日

摘 要

本文透過捷運場站周邊土地使用規劃，以減少私人運具使用之大眾運輸導向發展模式（Transit-Oriented Development）及注重捷運場站間步行廊帶規劃之大眾運輸導向廊帶發展模式（Transit-Oriented Corridors）概念，分析捷運場站周邊步行可及性之影響指標，考量人為步行主體，嘗試在生理及心理兩因子下，建立「影響構面」及「指標」之階層分析架構，以模糊德爾菲法（Fuzzy Delphi Method）蒐集專家學者意見以獲得步行可及性之影響指標，並利用多評準決策方法（DEMATEL-based ANP）分析指標間的互動關係並決定指標的權重值；實證結果發現，影響步行可及性前五名重要性指標依權重值依序為商業活動、步行連續性、開放空間、可見度及人車分隔等；其中「商業活動」為影響步行可及性最重要的關鍵指標，與「開放空間」指標同屬於心理因子下之活動性構面，其他三項指標則隸屬於生理因子下之安全性構面，研究結果表示心理因子對於步行可及性影響較生理因子為大，建議在步道空間改良上可著重於提高心理感受之活動性設計，例如捷運場站周邊之商業活動及開放空間等，以提高民眾步行前往捷運場站之意願；其次則透過步行連續性、可見度及人車分隔等環境改善，提升步道之連續性及安全性，以營造更好的步行活動空間，達成TOD及TOC之發展目標。

關鍵詞：大眾運輸導向發展模式、大眾運輸導向廊帶發展模式、多評準決策方法、步行可及性、模糊德爾菲法

* 教授，臺北市立大學城市發展學系，E-mail：yhchiu@go.utapei.edu.tw。

** 助理教授，臺北市立大學城市發展學系，通訊作者，TEL：(02)28718288，
E-mail：shuwenlin@utapei.edu.tw。

*** 碩士，英國卡地夫大學國際規劃與都市設計，E-mail：kuuwendy@gmail.com。

A Study of Walking Accessibility Indicators Based on Physical and Psychological Feelings around MRT Stations

Yin-Hao Chiu*, Shu-Wen Lin**, Yun-Yun Ko***

ABSTRACT

The study uses two concepts to analyze the impact indicators of pedestrian accessibility around MRT stations. One is Transit-Oriented Development (TOD), which emphasizes reducing private transport use through land use planning around MRT stations. The other is the Transit-Oriented Corridors concept, which focuses on planning pedestrian corridors between MRT stations. In addition, a hierarchical analysis framework of “dimensions” and “indicators” was established under the two “factors” of physiology and psychology. The Fuzzy Delphi Method was used to collect experts’ opinions and analyse the impact indicators of walkability. The DEMATEL-based ANP was used to analyse the weight of the indicators. In order of weight, the top five important indicators are commercial activities, pedestrian continuity, open space, visibility, pedestrian and vehicle separation, etc. Among them, “commercial activity” is the most important indicator that affects walkability and belongs to the activity dimension of the psychological factor together with “open space.” In contrast, the other three indicators belong to the safety dimension of the physical factor. The results indicate that psychological factors have a greater impact on walkability. Therefore, the improvement of sidewalks can first focus on activity-oriented designs, such as commercial activities around MRT stations and the use of open space for markets and events, to increase people’s willingness to walk to MRT stations. Then, the pedestrian continuity, visibility, and separation of pedestrians and vehicles will be improved to enhance the continuity and safety of pedestrian walkways. The ultimate goal is to create a better pedestrian space to achieve TOD and TOC development.

Key words: DEMATEL-based ANP (DANP), Fuzzy Delphi Method (FDM), Transit-Oriented Corridors (TOC), Transit-Oriented Development (TOD), Walking Accessibility

* Professor, Department of Urban Development, University of Taipei, E-mail: yhchiu@go.utapei.edu.tw.

** Assistant professor, Department of Urban Development, University of Taipei, Correspondent author,
TEL:+886-2-28718288, E-mail: shuwenlin@utapei.edu.tw.

*** Master, International Planning and Urban Design, Cardiff University (UK), E-mail: kuuwendy@gmail.com.

一、前言

氣候變遷造成全球氣候異常之現象頻傳，促使人們開始反思，一味追求都市快速發展與經濟繁榮同時，是否應與環境保護取得平衡？首當其衝為都市交通問題，都市內人口眾多，擁有大量私人運具，造成嚴重空氣汙染，而都市向外擴張與蔓延之現象更加劇了問題的嚴重性，私人運具使用造成都市內部交通壅塞、都市能源使用效率降低、社會及環境成本增加等問題。為解決上述問題，大眾運輸導向發展模式（Transit-Oriented Development，簡稱 TOD）以都市成長管理的理念，沿著捷運場站周邊進行高密度住宅與商業用途開發，以提升民眾使用大眾運輸的便利性，建立一個有別於傳統鼓勵私人運具使用之都市發展型態，以永續發展理念為基礎，全方位落實大眾運輸優先觀念，鼓勵民眾搭乘大眾運具以抑制私人運具的增加（張學孔等，2000）。

TOD規劃理念考量土地使用密度（Density）、土地使用多樣性（Diversity）、都市設計（Design）、旅次起迄點可及性（Destination Accessibility）以及到達運輸場站距離（Distance to transit）等5D規劃元素，透過捷運場站中心一定範圍內的土地使用規劃，吸引民眾搭乘大眾運輸工具到市中心活動，以達成地區經濟發展、提高土地利用效率、提升大眾運輸運量、改善都市景觀及減少私人運具使用等效益（Cervero, et al., 2009; Niles and Nelson, 1999）。而TOD一開始著重在大範圍的3D規劃元素，包括提升使用密度、土地使用多樣性及都市空間設計等，對於民眾前往捷運場站步行連貫性及舒適性等小範圍之需求論述較少，導致多數人仍使用私人運具前往捷運場站或乾脆放棄搭乘大眾運輸，以致無法發揮TOD的預期效益（Seo et al., 2013; Braughton et al., 2011；李家儂與謝翊楷，2015）。為改善上述現象，Cervero（2007）提出大眾運輸導向廊帶發展模式（Transit-Oriented Corridors，簡稱TOC），TOC係以廊帶規模之觀點，透過多個場站節點連結成都市發展軸線，注重步行空間的規劃與連續性，建立一個更積極有效率的都市廊帶，彌補TOD忽略人行空間連續性不足之問題。TOC與TOD不同之處在於前者以現有捷運路線為發展重點，透過人行步道的連接、中、高密度混合用途之建築物規劃、行人和自行車道的設計等，降低捷運場站附近的流通阻力，以增加步行吸引力（Seo and Kim, 2012），並可改善走廊中的空氣品質（Seo et al., 2013）。另TOC亦強調公共空間功能，如公共交通和廊帶上的行人空間、開放空間或廣場等，其為線性而非點狀式發展，透過中高密度的混合使用設計，在空間結構上更適合執行以公共運輸為導向的城市規劃（Seo et al., 2013）。藉由落實TOC理念，沿著大眾運輸場站沿線建造

較小街區和高度混合建築已被證明可以增加人口流動、提升步行意願和增強商業活力（Sohn and Kim, 2010）。隨著環境發展，人們意識到傳統的運輸方式已不符合環境永續觀念，各國紛紛致力推動綠色交通，新都市規劃思維亦從過去以車行為主體轉變為以人行為主，試圖利用大眾運輸及鼓勵步行來減少機動車輛的使用，使都市回歸人性化的發展空間。

步行空間是都市規劃的重要元素，良好的步行環境提供行人舒適及安全的感受，人們可重新尋回彼此互動的街道生活，將為都市環境帶來重大改變（Shaaban, 2019）。當前台灣步行空間環境，常因長期遭到機車違停、攤販擺設等障礙物佔用而阻隔步行連續性；缺乏通行便利的設計亦造成步行困難，更導致人車爭道及步行危險性，進而影響步行意願（游弘裕，2008；李家儂與羅健文，2006；Budiati et al., 2018；Jiang et al., 2012; Jiao et al., 2017; Li and Hsieh, 2019; Seo et al., 2013）；倘若有良好完善的步行環境，加上便捷的捷運系統，對大眾運輸的推動將有加倍的助益。

TOD 及TOC衍生的效益係建立在民眾願意改變運具選擇，使用步行搭乘大眾運輸的基礎上，如何塑造大眾運輸場站周邊良好的步行環境，將成為落實TOD及TOC的首要議題（Seo et al., 2013; Shaaban, 2019）。此外，除了探討捷運場站周邊步行之便捷度、可及性與人群流動關係外，民眾在體會大眾運輸環境過程中，生理與心理的感受亦勢必受到上述諸多議題的影響，如Frumkin et al.（2004）認為選擇非機動性的旅運，可以改善身體健康並增加人際間的互動；Ewing et al.（2003）與Frank et al.（2005）指出透過落實人行導向的都市設計，從人的流動過程中將民眾對於都市體會轉變為連貫的認知，結合步行者的偏好進行設計，使人與空間產生關係與認同感（Frank et al., 2019; Shaaban, 2019），藉此改變民眾對於運具的使用習慣，進一步影響人們與空間的互動方式。

如上所述，本文以TOD及TOC發展理念，探討影響捷運場站步行可及性之指標，所謂「步行可及性」，係指行人採用步行方式至捷運場站的意願及可行性，意願涉及個人的行為選擇，與步行環境對於個人心理因素的影響有關（Gehl, 2004; Zacharias, 2001; Alfonzo, 2005）；可行性則偏重於實質環境或相關設施是否影響步行的達成，例如人行步道鋪面的平整度或順暢性等（Olszewski and Wibowo, 2005; Craig et al., 2002; Li and Hsieh, 2019），與行人的生理因素有關；步行可及性可透過實質環境改善的生理因素來達成，亦可透過步行環境氛圍塑造來提高心理因素的步行意願，影響生理因素的實質環境改善應有助於步行意願的提高，生理因素及心理因素存在著相互影響的關係（Alfonzo, 2005）。過往研究對於步行可及性相關課題

的探討，大多將影響指標區分為數個構面進行分析，但對於指標改善間的互動效果或相互影響關係則未有進一步的討論；也未曾就指標與步行者之心理及生理感知進行連結（Jiao et al., 2017; Budiati et al., 2018; Su et al., 2019），本研究考量步行以人為主體，人類對於步行經驗之生理及心理認知為影響步行可及性的關鍵因素，參考Alfonzo（2005）之步行需求階層理論（Hierarchy of Walking Needs），嘗試在生理及心理兩「因子」下，建立「影響構面」及「指標」之三階層分析架構，希望藉由研究結果獲得影響步行可及性的生理及心理指標，並了解兩者間之互動關係，透過評估指標建立及步行廊帶規劃，達到步行環境舒適性及連續性的目標，可補足TOD都市設計原則中，人行空間連貫性及舒適性不足之論述，並做為未來捷運場站周邊步行實質環境改善及步行氛圍形塑之參考，此為本文重要貢獻之一。

由於國內尚未建立以生理及心理因子探討影響步行可及性之指標，首先透過專家學者問卷以模糊德爾菲法（Fuzzy Delphi Method，簡稱FDM）篩選出重要評估指標；另考量生理及心理因素可能存在互為影響的關係，進一步透過多評準決策方法（DEMATEL-based ANP，簡稱DANP）的運用，以呈現出各影響指標間的網絡互動情形，此為本文重要貢獻之二，亦是本文採用上述兩種研究方法建立步行可及性評估指標，以及分析各影響構面、指標間網絡關係與權重值之原因；所得出的指標及權重值可做為台北都會區各捷運場站周邊步行環境改善的參考，為通案性指標，後續研究可針對各捷運場站周邊環境之不同特性予以參考運用。

本文認為提出各捷運場站周邊步行實質環境改善策略，應分為二階段執行，第一階段為建立生理及心理因子下之步行可及性指標，以了解生理及心理指標間之相互影響關係；第二階段則在第一階段的研究成果上，以某特定捷運場站周邊地區為實證地區，參考第一階段影響指標進行調查及分析，依據各場站周邊環境的不同特性，了解實證地區在步行可及性上所遭遇的問題，進而提出改善策略。本文為第一階段研究成果，考量台北都會區於1996年完成第一條捷運文湖線迄今已發展六條捷運路線，捷運路網四通八達，旅運量已達百億人次（臺北市政府交通局，2022），故以台北都會區捷運場站作為指標研擬地區，並請專家學者就過往對於台北都會區捷運場站周邊步行經驗及感受進行指標評分，以親身步行經驗加上對本研究主題之專業知識，力求評估指標之妥適性及專業性，本文研究架構如圖1所示。

本文架構安排如下，第一部分為前言，第二部份透過文獻回顧，分析大眾運輸導向發展模式（TOD）及大眾運輸導向廊帶發展模式（TOC）規劃理念對於步行空間重要性之論述，並歸納步行可及性之影響變數，建立因子-構面-指標之三階層分析架構，第三部分透過模糊德爾菲法（FDM）分析專家學者之意見，以建構步行

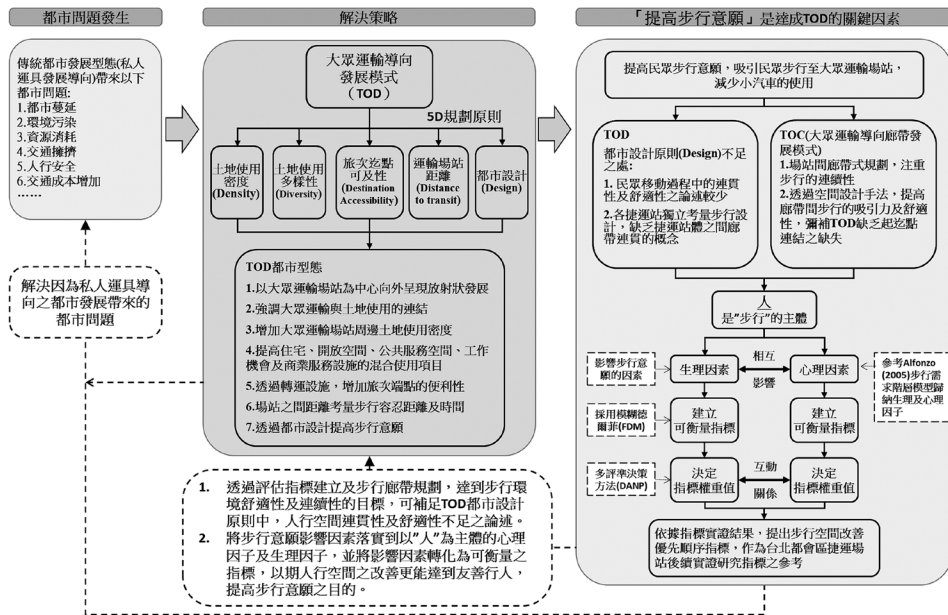


圖1 本文研究架構示意圖

資料來源：本文繪製

可及性的影響指標；第四部份採用多評準決策方法（DANP）探尋各指標間的動態關係及權重值，第五部分為實證結果分析並提出提高步行可及性之建議，最後為結論與建議。

二、文獻回顧

（一）步行可及性影響因素及構面分析

Calthorpe (1993) 提出大眾運輸導向發展模式 (TOD)，以捷運場站為中心向外呈現放射狀發展，強調大眾運輸與土地使用的連結，透過大眾運輸場站周邊高密度住宅、開放空間、公共服務、工作機會及商業服務設施之混合使用，吸引民眾搭乘大眾運輸前往市中心移動，減少小汽車之使用，以解決美國過度依賴私人運具所帶來的都市發展問題 (Calthorpe, 1993；張學孔等，2000；李家儂與謝翊楷，2015)。自TOD提出以來，許多歐美國家紛紛透過TOD達到減少交通擁擠、促進市中心發展及提高大眾運輸使用之目的，TOD已然成為都市規劃的主流 (Cervero, 2004)。

為達成TOD之目標，Cervero and Kockelman（1997）、Cervero et al.（2009）、Ewing and Cervero（2010）陸續提出土地使用密度（Density）、土地使用多樣性（Diversity）、都市設計（Design）、旅次迄點可及性（Destination Accessibility）以及至運輸場站距離（Distance to transit）等5D規劃原則，成為檢視TOD土地使用規劃之準則。而TOD的效益多數需要透過民眾步行意願的提高才能達成，故在5D規劃理念當中，行人導向之都市設計為最重要的關鍵因素，透過都市設計提供友善的人行空間、開放空間及轉乘的便利性，有助於步行意願的提高（Chorus and Bertolini, 2016; Jiang et al., 2012）。TOD步行理念下對於步行空間的規劃，大致可歸納出以大眾運輸車站為中心，在步行可及範圍內配合土地緊湊使用，提供日常所需活動，吸引民眾以步行方式獲得工作、購物與休閒等生活需求，營造利於步行的舒適生活環境（Braughton et al., 2011），但未就小範圍的步行環境塑造進行分析，如何促進民眾移動過程中的連貫性及舒適性之相關論述亦較少（Seo et al., 2013; Braughton et al., 2011）。

在TOD發展背景下，Cervero（2007）提出大眾運輸導向廊帶發展模式（TOC）規劃理念，透過場站間廊帶式規劃及捷運場站沿線多樣性且中高強度土地使用，利用空間設計手法營造步行環境，以補充TOD理論對於步行起點與終點連結性分析之不足，亦強調透過空間規劃解決TOD缺乏起點與目的地連結，造成民眾使用私人運具前往目的地的缺點，以及激發民眾步行之意願（Seo et al., 2013; Braughton et al., 2011）。TOC係指在大眾運輸場站步行可及範圍內塑造步行友善環境，提供居住、就業、工作及休閒等多樣化生活機能，透過連續性之都市廊帶串連，提高民眾往返住家、工作地點與車站間的便利性，進而減少私人運具的使用，並提供多樣化服務設施，包括鄰里性服務（零售商店、餐飲店）及地區性服務（大型賣場、娛樂場所和政府設施）等，強化各場站地區的地方特色（Braughton et al., 2011; Cervero, 2007）。在TOD的都市開發型態上輔以TOC模式，更能提高民眾步行的意願並增加大眾運輸的搭乘率，Seo et al.（2013）以韓國安陽為例，指出透過人行路網的規劃、轉運中心的設置及行人友善空間設計，不僅帶來場站周邊商店的人流，降低民眾對於私人運具的使用，更能提高大眾運輸的搭乘率。Budiaty et al.（2018）以雅加達為例，透過車站周邊步道網絡重新配置、公園及人行道串聯，可提高民眾至車站的可及性，而人行道旁種植樹木、設置座椅、燈和綠化空間等，皆能增加步行的吸引力。

步行可及性的影響因素已有相當多研究進行探討，如前所述，步行可及性包括步行意願及可行性兩部分，步行意願涉及個人心理感受，心理感受與步行當下的

心情、周圍環境及步行舒適程度有關，例如人行路網的連續性、街道家具、綠色開放空間、沿街商業設施或當地特色活動舉辦等（Budiati et al., 2018; Li and Hsieh, 2019），此外，步行意願亦受到過往步行經驗的影響，步行經驗係指居民對於步行時間、距離與步行環境的感受，一般民眾可接受的步行時間約在10至15分鐘之間（Jiang et al., 2012），而人們在選擇行走路徑時，通常會選擇內心直覺的最短路徑，但那條路徑在實際距離上可能並非最短距離（Hoogendoorn and Bovy, 2004），對於距離感受的不同主要受到步行環境的影響，如行走空間具有高度連貫性、平整性及舒適性，且行走路徑兩邊具有吸引駐留之商店、街道家具或綠化景觀等，步行者往往未察覺選擇了較長的步行距離，而願意繼續選擇該條路徑（Jiang et al., 2012）。Lin and Shin（2008）認為提高捷運站周邊步行環境的安全性、多樣性、連結性與可親近性，可以提高民眾步行前往捷運站之意願。此外，考量影響步行意願的心理因素經常非單一環境指標改善所能達成，多受到整體步行環境氛圍塑造之影響，故為提高民眾步行可及性，本文在選擇心理因子之指標時，將選擇有助於整體步行環境氛圍改善之指標為原則。

在密集的都市空間中，居住使用、商業機能、公共設施、居民生活關聯設施及步行為主的社區規劃，多為小範圍的混合使用設計（Leyden, 2003），Zacharias（2001）提出車流量高低會呈現截然不同的步行可行性，車流量太高的道路、行車道路切割造成人行空間不連續等現象皆會降低步行意願（Alfonzo, 2005；李坤昇，2007）；在交通安全考量下，自行車道、快車道及人行道等三種不同使用者空間，應透過妥善規劃及詳盡調查評估進行設計，以確保步行安全及提高步行可行性（Alfonzo, 2005）。此外，行人穿越道路時易造成人車衝突，不僅影響車行速度亦嚴重威脅行人安全，雖有地下道和天橋之設置，但對於老人及小孩使用上具有不便性，亦不符合一般行人之使用習慣，透過各路口行人專用號誌、導引設施之設置，可提高通行安全並提高步行可行性（黃厚淳，2004；Li and Hsieh, 2019）。

國內人行道常因行道樹未留設足夠生長空間而造成樹根竄出路面，步道鋪面隆起而影響行人安全（Wagar and Barker, 1983），或是因為汽機車停放、變電箱或消防栓占用等情形，增加行走危險而影響民眾步行意願（Gehl, 2004; Zacharias, 2001; 李家儂與羅健文，2006; Budiati et al., 2018; Jiang et al., 2012; Jiao et al., 2017; Seo et al., 2013; Li and Hsieh, 2019; Su et al., 2019）。人行道鋪面平順性包括路面平整、無障礙物阻隔及無高低差之情況，障礙物除了影響實際行走的方便性外，亦會造成視覺可見度的阻隔，影響步行安全。視覺可見度包括視覺可穿越程度及是否有視覺死角產生，視覺可穿越程度越低及視覺死角的產生，除可能造成步行時跌倒受傷外，

亦可能影響心理的安全感（Alfonzo, 2005）。照明亦為影響可見度之原因，照明不僅可在視覺上產生不同觀感，在動線引導上亦有很好的效果（耿鳳英，2003），民眾於夜間活動時，更必須仰賴照明設備以確保步行安全，照明設施的數量、位置及亮度等因素亦會影響民眾的步行意願（Zacharias, 2001）。此外，許多自然或人為活動產生之化學物質排放於空氣中，可能對人類健康和環境造成不利影響（Jim and Chen, 2008），空氣污染程度高低將嚴重影響民眾步行意願，而透過樹木種植，除可降低空氣污染，並能提升步道之景觀品質及增加步行經驗的舒適性，提高步行之意願（Kampa and Castanas, 2008; Budiati et al., 2018）。

Alfonzo（2005）採用社會生態學觀點，提出步行需求階層模型以分析步行決策過程，步行需求由金字塔底部至頂端依序為可行性（Feasibility）、可及性（Accessibility）、安全性（Safety）、舒適性（Comfort）及愉悅性（Pleasurability）等5個階層（如圖2所示），其中可行性、可及性及安全性為步行之基本需求，舒適性及愉悅性則與步行者過往步行感受有很大的關係。可行性階層指標包含行人之時間分配及可移動性，其受到個人的年齡、家庭狀況或身體狀態的影響；可及性階層指標包含是否設置人行道、人行道鋪面、人行路網連續性、與目的地的距離以及不同土地使用項目間的連結，此層級指標多屬於步行空間的物理條件；安全性階層指標包括都市型態、土地使用項目及威脅性人群的存在，在都市型態上，如步道沿線為廢棄、殘舊建物或牆面充滿塗鴉，將增加步行的不安全感，而

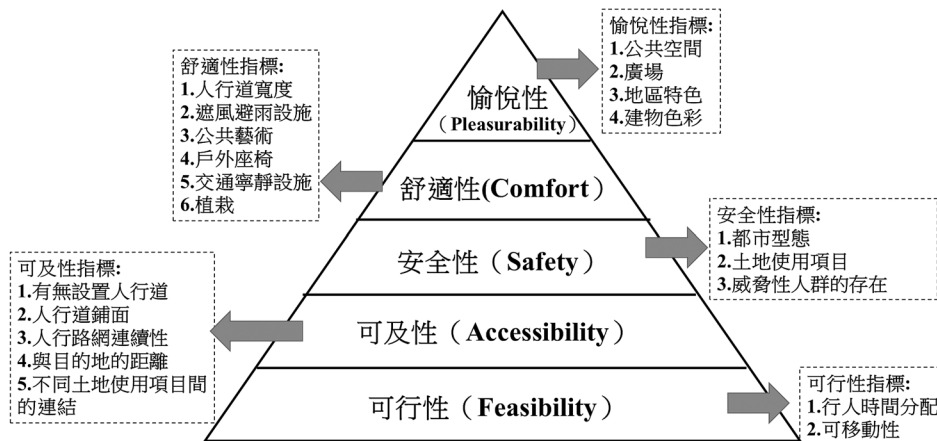


圖2 步行需求階層模型

資料來源：Alfonzo (2005), To walk or not to walk? The hierarchy of walking needs. Environment and behavior, 37(6): 825及本文繪製

沿街面如有商業設施或玻璃櫥窗，則可增加心理的安全感。舒適性是提供行人輕鬆及滿足的程度，包括人行道寬度、遮風避雨設施、公共藝術、戶外座椅、交通寧靜設施、植栽等，皆有助於提升步行意願；愉悅性係指步行環境對行人的吸引程度，影響指標包括公共空間、廣場、地區特色、建物色彩等街道環境特徵，此層級為步行需求的最高層級，其著重於步行者過往的步行感受。

在指標構面的建立上，Fruin（1970）在“Pedestrian Planning and Design”一書中提及步行規劃的七大面向包括安全性、安穩性、方便性、連續性、舒適性、系統一致性及吸引力。游弘裕（2008）將TOD步行空間需求分成通行與使用兩大面向，並提出流暢性、安全性、引導性、意象性、舒適性與活動性等六項指標構面；黃義宏（2005）則透過TOD理念提出多樣性、可及性、緊密性、可居性及自明性等五項影響步行空間設計之構面，並在各構面下提出各項評估指標。Alfonzo（2005）之步行需求階層模型將影響步行需求指標分為可行性、可及性、安全性、舒適性及愉悅性等5個階層構面。Su et al.（2019）分析運具選擇與都市建成環境之間的關係，以連接性、可及性、適合性、服務性及安全性等五個構面提出步行可及性相關指標。本文整理影響步行可性之指標如下表1，以作為後續建立生理及心理因子、構面及指標之參考：

表1 影響步行可及性指標一覽表

影響指標	參考文獻
減少步行空間障礙物	游弘裕（2008）；Gehl（2004）；李家儂與羅健文（2006）；Budiati et al.（2018）；Jiang et al.（2012）；Jiao et al.（2017）；Seo et al.（2013）；Li and Hsieh（2019）；Shaaban（2019）
步道的連續性	黃義宏（2005）；李家儂與羅健文（2006）；Broughton et al.（2011）；Jiang et al.（2012）；Jiao et al.（2017）；Seo et al.（2013）；Shaaban（2019）；Li and Hsieh（2019）
人行步道串聯	Hoogendoorn and Bovy（2004）；Jiang et al.（2012）；Jiao et al.（2017）；Olszewski and Wibowo（2005）；Budiati et al.（2018）；Li and Hsieh（2019）；Shaaban（2019）
人車分離設施	游弘裕（2008）；Zacharias（2001）；Alfonzo（2005）
行人穿越設施及號誌	游弘裕（2008）；黃厚淳（2004）；Li and Hsieh（2019）
步道鋪面平整	游弘裕（2008）；Olszewski and Wibowo（2005）；Craig et al.（2002）；Li and Hsieh（2019）；Shaaban（2019）

表1 影響步行可及性指標一覽表（續）

影響指標	參考文獻
照明設備	耿鳳英（2003）；Zacharias（2001）
導引設施	游弘裕（2008）；林慶哲（2018）；Li and Hsieh（2019）；Shaaban（2019）
無障礙設施	游弘裕（2008）；Braughton et al.（2011）；Alfonzo（2005）
步道鋪面顏色（或材質）	游弘裕（2008）；Jiang et al.（2012）；Jiao et al.（2017）；Li and Hsieh（2019）
公共藝術設置	游弘裕（2008）；Braughton et al.（2011）；Budiati et al.（2018）；Jiao et al.（2017）；Li et al.（2016）
街道家具	游弘裕（2008）；李家儂與羅健文（2006）；Budiati et al.（2018）；Jiang et al.（2012）；Braughton et al.（2011）
地區特色	黃義宏（2005）；Braughton et al.（2011）；李家儂與羅健文（2006）
綠蔭、植栽	游弘裕（2008）；Kampa and Castanas（2008）；Budiati et al.（2018）
休憩座椅	游弘裕（2008）；Budiati et al.（2018）；Alfonzo（2005）
街道廣場	李家儂與羅健文（2006）；Li and Hsieh（2019）；Li et al.（2016）；Lin and Shin（2008）
商業或文化活動（例如街頭表演）	游弘裕（2008）；李家儂與羅健文（2006）；Braughton et al.（2011）；Jiao et al.（2017）；Li and Hsieh（2019）；Chorus and Bertolini（2016）
活動配置的緊密性	黃義宏（2005）；李家儂與羅健文（2006）；游弘裕（2008）；Braughton et al.（2011）

資料來源：本文整理

（二）步行可及性影響因子、構面及指標選取

本文參考上述文獻分析內容及Alfonzo（2005）步行需求階層模型，考量舒適性及愉悅性步行需求受到心理感知較大的影響，將其相關指標列為心理因子，可行性、可及性及安全性指標為步行之基本需求，故列為生理因子。生理因子主要受步行實質環境影響，參考Alfonzo（2005）、Su et al.（2019）、游弘裕（2008）等研究，其指標選擇歸納為安全性、連續性及便利性等3項構面；其中安全性係指步行空間實質環境的安全程度，包括視覺可見度、自行車專用道設置及人車分隔之設

計，影響視覺可見度之因素除步行空間上的障礙物外，照明設施的數量、位置及亮度亦會影響視覺的可穿越性（Zacharias, 2001; Shaaban, 2019）；人車分隔的設計，包括緩衝帶或限制車速等設計，可避免人車爭道，亦有助於步行安全性的達成（游弘裕，2008；Zacharias, 2001; Alfonzo, 2005）。

連續性構面強調步行的順暢性，包括步行連續性及鋪面平順度兩項指標，步行連續性係透過捷運車站沿線人行動線與設施連結，以構成完整且連續的步行路網系統，路網完整性及連續性越高，越能提高步行可及性（Hoogendoorn and Bovy, 2004; Jiang et al., 2012; Olszewski and Wibowo, 2005; Li and Hsieh, 2019）；此外，鋪面平順度著重於步道的平整度，人行鋪面與銜接處應保持平順或適當緩坡，避免路面高低起伏，以達到行走時的連續性（游弘裕，2008；Olszewski and Wibowo, 2005; Li and Hsieh, 2019; Alfonzo, 2005）。便利性構面考量步行環境在轉乘設施、指引設施及步道容量的設計，步行空間應設置足夠的導引設施及乘車資訊等，以協助行人快速到達下個目的地，透過便利性的提高，增加行人的步行意願（游弘裕，2008；林慶哲，2018；Jiao et al., 2017; Li and Hsieh, 2019），本項構面包含轉乘設施、指引設施及通行便捷度等3個指標。

心理因子考量步行環境氛圍的塑造以吸引民眾增加步行意願，包含舒適性、活動性及自明性等3項構面，舒適性係讓步行者感受到愉悅且舒適的步行經驗，在步行空間設計上包含休憩設施、遮蔭（雨）空間及景觀營造等3個指標，透過街道傢俱及遮蔭蔽雨空間的設置，營造以人為主的舒適環境，避免步行者受到不良氣候的影響，確保戶外活動的宜適性（Shaaban, 2019; Alfonzo, 2005），並利用植栽形塑親切的人行空間尺度，串連沿線商店及各種設施，提升步行的舒適性（Kampa and Castanas, 2008; Budiati et al., 2018; Jiang et al., 2012; Alfonzo, 2005）。活動性構面藉由步行空間規劃增加人與人之間接觸機會的活動，以提升都市生活樂趣之體驗，例如開放空間設置、露天咖啡座、文化藝文活動與商業帶設置（李家儂與羅健文，2006；Brown and Werner, 2011; Budiati et al., 2018; Chorus and Bertolini, 2016; Li and Hsieh, 2019）。自明性構面則藉由營造地區特色或公共藝術設置，以塑造活動聚集場所，強化地區自然或人文發展特色並形成地方認同感，鼓勵居民參與以提高地區自明性（Braughton et al., 2011; Li and Hsieh, 2019; Alfonzo, 2005），此構面包括地區特色及公共藝術等2項指標，總計15項指標，各指標評估方式及定義如下表2所示。

表2 步行可及性之因子、構面及指標定義表

因子	構面	指標	評估方式	定義
生理因子	A安全性	A1可見度	1. 視覺可穿越程度（視域分析） 2. 視覺死角有無（視域分析） 3. 照明設施的數量及位置	適度的光線直接照射或反射在人或物體上，而且能正確地指引人們的方向，包括自然光線及照明設施之影響。
		A2人車分隔	1. 現有緩衝帶/基地範圍人行道總長度（公尺） 2. 周邊車道是否具備限制車速設計	在車道和行人步行區之間，提供足夠區隔和保護，確保行人安全。
		A3自行車專用道	現有專用道/基地範圍人行道總長度（公尺）	自行車專用道設置可區隔行人與自行車，保障行人路權，確保步行安全性。
	B連續性	B1步行連續性	人行空間路網連續性	人行動線與各項設施連結，構成完整且連續的步行網絡系統。
		B2鋪面平順度	（路面高低差/基地範圍人行道總長度） $\times 100\%$	人行空間應考量行走時的連續性與舒適性，避免高低起伏。
	C便利性	C1轉乘設施	有無設置轉乘設施	轉乘設施應連接主要道路，並有足夠空間容納轉乘候車的民眾。
		C2指引設施	有無設置指引設施	透過指示設計，在錯綜複雜的街廓巷弄中，充分發揮指引功能。
生理因子	C便利性	C3通行便捷度	人行道寬度（參考人本環境設計手冊）	人行道寬度設計，應考量通行機能，並考量人行流量，規劃適當街道寬度。

表2 步行可及性之因子、構面及指標定義表（續）

因子	構面	指標	評估方式	定義
心理因子	D舒適性	D1休憩設施	有無設置休憩設施	透過街道傢俱設置，提供行人休憩空間，達到步行的舒適性。
		D2遮蔭（雨）空間	1. 人行道喬灌木比例 2. 人為設施遮蔽面積/基地範圍人行道總面積	保護人們免於不良氣候的侵襲，以確保戶外活動的宜人特性。
		D3景觀營造	景觀營造面積/基地範圍人行道總面積	利用植栽形塑親切的人行空間尺度並美化環境。
	E活動性	E1開放空間	1. 藝文活動的有無 2. 開放空間的大小	透過開放空間設置並結合藝文活動舉辦，增加步行空間的活動性，步行者與活動結合，獲得身心舒展。
		E2商業活動	沿街商業帶設置	各種日常商業帶之設置，帶動周邊經濟活絡，並滿足民眾各種購物需求。
	F自明性	F1地區特色	1. 地區特色發展 2. 特色活動舉辦（如市集）	地區特色形塑及特色活動的舉辦，能提高步行者前來參加之意願。
		F2公共藝術	1. 街道裝飾的有無 2. 公共藝術設置	透過街道裝飾及公共藝術設施，增加步行環境的吸引力，以提高步行意願。

資料來源：本文整理。

步行可及性之因子、構面及指標間之階層關係如下圖3所示。



圖3 步行可及性之因子、構面及指標階層關係圖

資料來源：本文繪製

三、步行可及性指標建構

本文透過文獻回顧建立步行可及性之評估指標如表2及圖3所示，以下採用FDM了解專家學者對於本文因子、構面及指標選定之意見，以協助建立評估指標，除作為後續DANP權重值評估之依據外，並可作為後續研究進行使用者調查之評估問項；此外，FDM藉由「雙三角模糊數」及「灰色地帶檢定法」¹（如圖4）對

1 「灰色地帶檢定法」係檢驗專家意見是否達到共識的檢測方法，情況一表示，兩三角模糊數無重疊現象（ $C_U^i \leq O_L^i$ ），專家意見保守認知最大值小於（等於）樂觀認知最小值，表示各專家的意見值具有共識區段；情況二表示兩三角模糊數有重疊現象（ $C_U^i > O_L^i$ ），專家意見保守認知最大值大於樂觀認知最小值，但模糊灰色地帶（ $Z^i = C_U^i > O_L^i$ ）小於意見平均值（ $M^i = O_M^i - C_M^i$ ），表示專家意見雖無共識區段，但給於極端值的兩位專家意見，保守認知最小值及樂觀認知最小值並未與其他專家意見相差過大而導致分歧發散；情況三表示兩三角模糊數有重疊現象（ $C_U^i > O_L^i$ ），保守認知最大值大於樂觀認知最小值且模糊灰色地帶（ $Z^i = C_U^i - O_L^i$ ）大於意見平均值（ $M^i = O_M^i - C_M^i$ ），表示專家意見因相差過大而導致分歧發散，無法達成共識（張文智，2009）。

專家學者意見進行檢驗與整合，其較一般單三角模糊數求取幾何平均數更為客觀及合理，並能減少問卷重複調查的次數，此為本文採用FDM進行指標建立之原因。

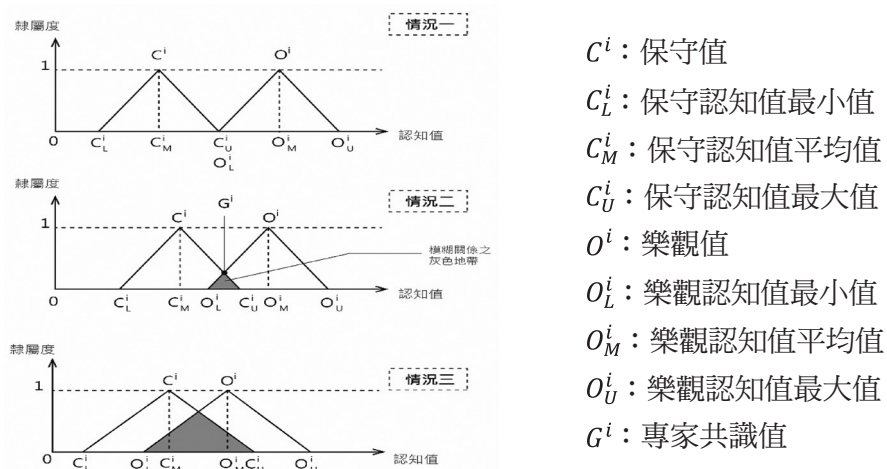


圖4 雙三角模糊數示意圖

資料來源：本文繪製

在專家人數選定方面，Saaty（2005）建議最佳專家組成人數為5人，且不宜超過15人，而國內相關研究之專家人數大多在10人以內（衛萬里與張文智，2009；衛萬明等，2007），本文挑選12位對都市發展、都市設計及城鄉規劃領域具有專業知識且瞭解本文研究主題之專家，包括學術單位4位、公部門5位及產業界3位。其中學術單位之學者為擔任都市規劃、交通運輸、城鄉規劃或都市設計等課程教學之大學教授；公部門之專家為任職於地方政府都市發展局、城鄉發展局、交通局及內政部營建署等單位之主管，且對本研究專題具有實務執行經驗者；產業界之專家則為任職於都市規劃及交通規劃相關領域之工程顧問公司，並具備10年以上經驗之資深規劃師，此外，透過問卷詳細說明FDM及DANP操作模式，確保專家學者充分了解問卷填答方式及評估程序，力求達到指標評估結果之專業性及合理性。本文問卷結果分析後得出15項指標計算結果如下表3所示，其檢定值（ Z_i ）皆為正值，問卷結果已達收斂。

表3 FDM問卷結果分析表

因子	構面	指標	保守認知值 (C _i)		樂觀認知值 (O _i)		單一值 (A _i)		幾何平均值			檢定值 (Z _i)	專家 共識值 (G _i)
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	C _i	O _i	A _i		
生理因子	A 安全性	A1可見度	3	8	7	10	6	9	5.33	9.06	7.42	2.73	7.43
		A2人車分隔	5	8	7	10	7	9	6.39	9.22	7.87	1.83	7.58
		A3自行車專用道	3	6	7	9	5	7	4.38	7.66	6.25	4.28	6.02
	B 連續性	B1步行連續性	4	10	7	10	7	10	6.45	9.04	8.15	0.41	8.10
		B2鋪面平順度	3	8	7	10	5	9	5.28	8.75	6.93	2.47	7.39
	C 便利性	C1轉乘設施	3	9	6	10	4	10	5.35	8.24	6.55	0.11	7.14
		C2指引設施	4	8	7	9	5	9	4.88	8.27	6.53	2.39	7.29
		C3通行便捷度	3	7	9	10	5	9	5.48	9.14	7.32	5.66	7.31
	心理因子	D 舒適性	D1休憩設施	2	8	7	10	4	8	4.39	8.34	5.86	2.95
D2遮蔭（雨）空間			4	7	8	10	5	9	5.67	8.78	6.89	4.11	7.23
D3景觀營造			3	7	5	9	5	8	4.96	7.71	6.93	0.76	6.14
E 活動性		E1開放空間	3	7	7	10	5	9	4.89	8.63	6.90	3.74	6.76
		E2商業活動	4	7	7	9	5	8	5.34	8.07	6.72	2.72	6.71
F 自明性		F1地區特色	3	7	4	10	4	8	4.93	8.06	6.47	0.13	5.99
		F2公共藝術	3	6	6	9	4	7	4.45	7.35	5.52	2.90	5.90

資料來源：本文整理。

有關FDM評估指標之篩選門檻值，係計算各評估項目重要性程度幾何平均值之總和，再除以各評估項目的數目而得出，張有恆（1998）提及模糊德爾菲法門檻值之訂定應視篩選後指標數而定，若篩選後指標過少，應降低指標值，反之亦然。由目前模糊德爾菲法之描述及操作來看，多依決策者（群）之主觀判別來認定，若以0~10之範圍值而言，門檻值之設定多採6.0~7.0為門檻的界定值（徐村和，1998）。本文將各項目所得之專家共識值以陡坡分析圖進行篩選，從圖5可知，在指標「E2商業活動（ G^I 值6.71）」與指標「D3景觀營造（ G^I 值6.14）」兩者間有較大的落差，顯示出明顯的分界，故本文以6.71作為FDM之門檻值，亦符合一般門檻值6.0~7.0之間的設定，未達門檻值之指標則予以刪除，刪除未達門檻值6.71之指標，包括生理因子之「A3自行車專用道（ $G^I = 6.02$ ）」指標及心理因子之「D3景觀營造（ $G^I = 6.14$ ）」、「F1地區特色（ $G^I = 5.99$ ）」、「F2公共藝術（ $G^I = 5.90$ ）」等4項指標，其餘通過檢定之11項指標，形成下一階段評估指標。

上述未達門檻值之指標中，專家們認為捷運周邊某些路段雖有自行車專用道設置，但部分專用道與汽車車道同在平面道路上或與人行道併行劃設，並未明顯區隔，加上自行車騎乘者使用習慣或專用道之不連續，部分自行車使用者仍會騎乘於人行步道上，故屬於生理因子的「自行車專用道」指標對於步行可及性影響較小。另同屬心理因子的景觀營造、公共藝術與地區特色等3項指標未達門檻值，對步行可及性的影響亦較小，推測捷運場站沿線為民眾日常行走之道路，且為較短的步行

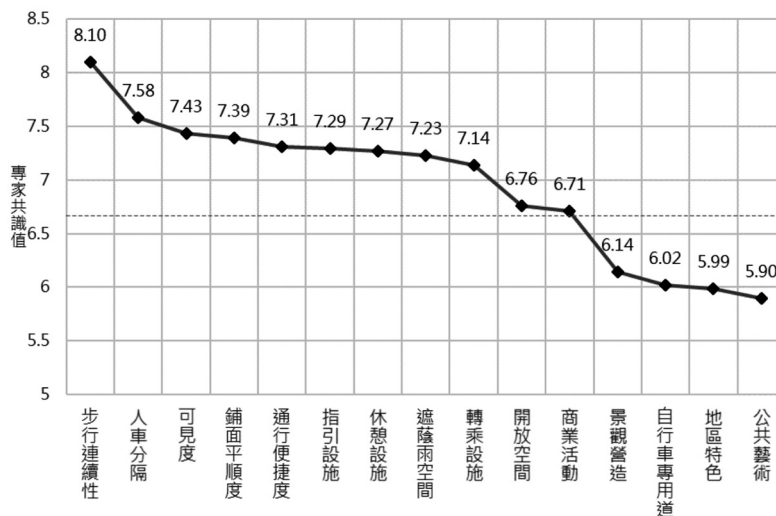


圖5 FDM指標專家共識值（ G_i ）之陡坡分析圖

資料來源：本文繪製

距離，步行者對於沿線之特色、公共藝術或景觀營造可能已相當熟悉，為快速抵達目的地，專家們認為步行者並不會特別關注上述三項指標，反而會以步行連續性為主要考量。

四、步行可及性構面及指標之影響網絡及因果關係分析

前述透過FDM決定11項步行可及性影響指標後，進一步使用DANP法探尋各指標間的影響關係及權重值。DANP法是以決策實驗室分析法（Decision Making Trial and Evaluation Laboratory，簡稱為DEMATEL）為基礎，使用ANP（Analytic Network Process）法的基本觀念，求出DANP（DEMATEL-based ANP）的影響指標權重值，用以建構互相關聯的網路模式以分析複雜真實世界的情況（Gabus and Fontela, 1972）。透過DEMATEL找出指標間的影響關係，可避免決策時因重要度相對較低而忽略該構面整體影響力之盲點，或僅對單一指標進行改善而忽略整體運作，造成資源投入成效不彰的可能。由於本文議題中的各項因子具有高度關聯性，DANP可表現出各指標間的因果關係及互動連結，較ANP法更符合本文研究需要，其操作步驟如下：

- （一）步驟一：建置並計算直接影響關係矩陣（Direct relation matrix），各指標間進行兩兩比較，用以評估每位專家對指標影響程度的認知，並設定五尺度作為衡量標準，其中依序代表：無影響（0）、低影響（1-3）、中影響（4-6）、高影響（7-8）與極高影響（9）之關係。
- （二）步驟二：計算初始化矩陣（Initial matrix），指標間之影響關係透過專家問卷取得，以其問卷結果建置直接影響矩陣D，再進行專家意見整合後產生初始化矩陣A。
- （三）步驟三：建置正規化直接影響矩陣（Normalized direct-influence Matrix），藉由公式（1）與公式（2）將初始化矩陣A 進行正規化，進而建置正規化直接影響矩陣X。

$$X = A/S \dots\dots\dots (1)$$

$$s = \max \left\{ \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

- （四）步驟四：求得總影響關係矩陣T（Total influence matrix），運用公式（3）求得總影響矩陣T，其中I 表示單位矩陣。

$$\begin{aligned}
T &= X + X^2 + X^3 + \cdots X^h \\
&= X(I + X + X^2 \cdots X^{h-1})(I - X)(I - X)^{-1} \\
&= X(I - X^h)(I - X)^{-1} \dots\dots\dots (3) \\
T &= X(I - X)^{-1}
\end{aligned}$$

(五) 步驟五：得出影響關係值並分析結果。將總影響矩陣中之行、列加總，分別顯示為 $r = (r_1, \dots r_i, \dots r_n)$ 與 $d = (d_1, \dots d_i, \dots d_n)$ ，令 $i=j$ 與， r_i 代表影響其他指標的值，而 d_j 則代表被影響的值， $r_i + d_j$ 為「中心度（prominence）」，代表構面或指標的總影響力， $r_i - d_j$ 為「原因度（relation）」則代表指標或構面間的因果關係程度，其值若為正數代表該指標為影響其他指標之因素，其值若為負數代表該指標為被其他準則所影響之因素，權重值（weight）代表各專家認為指標之重要性。各構面及指標間之影響網路關係如表4、圖6及圖7所示。

表4 步行可行性構面與指標中心度與原因度分析結果表

構面及指標	r值	d值	中心度（r + d）	原因度（r - d）
A安全性	2.574	2.513	5.087	0.061
A1可見度	5.540	5.641	11.180	-0.101
A2人車分隔	5.823	5.375	11.198	0.448
B連續性	2.811	2.495	5.305	0.316
B1步行連續性	6.353	6.389	12.743	-0.036
B2鋪面平順度	6.050	4.585	10.635	1.464
C便利性	2.517	2.598	5.115	-0.081
C1轉乘設施	5.117	5.677	10.794	-0.559
C2指引設施	5.673	5.264	10.937	0.409
C3通行便捷度	5.801	6.135	11.935	-0.334
D舒適性	2.422	2.387	4.809	0.036
D1休憩設施	5.331	5.343	10.674	-0.023
D2遮蔭（雨）空間	5.346	5.141	10.487	0.204
E活動性	2.461	2.793	5.253	-0.332
E1開放空間	5.770	5.744	11.514	0.026
E2商業活動	5.021	6.531	11.551	-1.510

資料來源：本文整理

表4中之 $r + d$ 與 $r - d$ 分別表示各構面及指標間關係程度及影響關係， $r + d$ 為中心度，若構面或指標中心度越高，代表該構面或指標對其他構面或指標重要性程度越高，另 $r - d$ 為原因度，若其為負，代表該構面或指標偏向被影響；若為正，代表該構面或指標具導致性，可調整改善之彈性較大。就表4及圖6可看出五大構面間之因果關係，首先就構面間的網路影響關係加以分析，五大構面中，B連續性之 $r + d$ 值最高，為5.305，表示其對其他構面影響程度最高，其次為E活動性（ $r + d$ 值為5.253），再其次為C便利性（ $r + d$ 值為5.115），且上述三構面之 $r + d$ 值皆大於平均值5.11；此外，A安全性、B連續性和D舒適性等構面，因 $r - d$ 值（原因度）大於0，表示其屬於「導致類」構面，即為因果關係中之「因」；C便利性與E活動性構面，因 $r - d$ 值小於0，表示其屬於「影響類」構面，即為因果關係中之「果」，代表步行可及性之生理、心理因子影響中以C便利性與E活動性構面影響整體發展甚為重要，但必須透過A安全性、B連續性和D舒適性三構面之改善及調整來提高C便利性與E活動性。

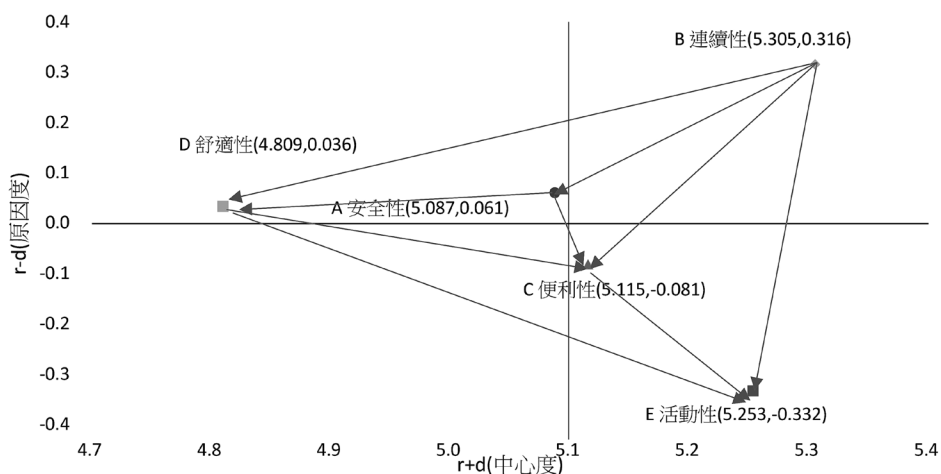


圖6 生、心理因子五大構面之影響網路關係圖

資料來源：本文繪製

依據圖6各構面之因果關係中，將各指標之 $r + d$ 值（中心度）與 $r - d$ 值（原因度）加總後除以指標數，求出指標之 $r + d$ 值（中心度）之平均值為11.24， $r - d$ 值（原因度）平均值為0，以此作為因果矩陣的集中趨勢估計值，並將因果矩陣圖區分為四個象限，各象限代表之意義如下（如圖7所示）：

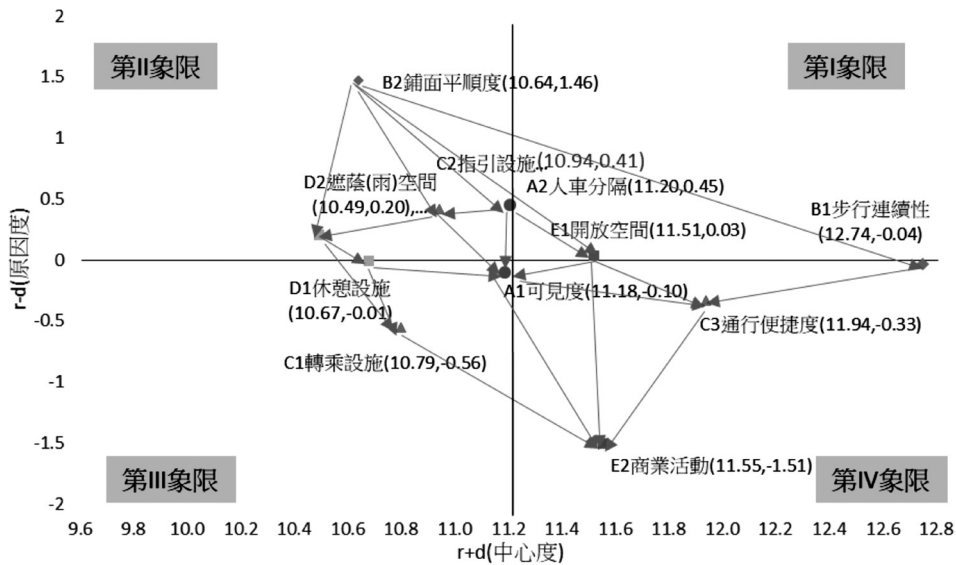


圖7 各指標之影響網路關係圖

資料來源：本文繪製

- (一) 第I象限： $r - d$ 為正值， $r + d$ 值大於平均值，為高原因度與高中心度的指標，表示該指標是關鍵影響性因素，應列為優先改善對象，計有「E1開放空間」1個指標。
- (二) 第II象限： $r - d$ 為正值， $r + d$ 值小於平均值，為高原因度與低中心度指標，表示該指標具有獨立性，在改善選擇上會連動影響其他指標，為第二順位改善對象，計有「A2人車分隔」、「B2鋪面平順度」、「C2指引設施」及「D2遮蔭（雨）空間」等4個指標。
- (三) 第III象限： $r - d$ 為負值， $r + d$ 值小於平均值，為低原因度與低中心度指標，在改善選擇順位及其他表現效果較不明顯，不建議列為優先改善的對象，計有「A1可見度」、「C1轉乘設施」與「D1休憩設施」等3個指標。
- (四) 第IV象限： $r - d$ 為負值， $r + d$ 值大於平均值，為低原因度與高中心度指標，表示該指標是極需被解決的問題，但指標的改善效果必須透過其他指標改善所帶來的連動效果達成，計有「B1步行連續性」、「C3通行便捷度」與「E2商業活動」等3個指標。

綜合上述分析，由圖7可以看出「E1開放空間」、「B1步行連續性」、「C3通行便捷度」與「E2商業活動」等4個指標之 $r + d$ 值（中心度）均位於圖面右方且大於平均值11.24，具有高中心度之特質，可知此4個指標關聯程度較大；且重要性依

序為「B1步行連續性」、「C3通行便捷度」、「E2商業活動」、「E1開放空間」；就 $r - d$ 值（原因度）大於0之指標而言，包括「A2人車分隔」、「B2鋪面平順度」、「C2指引設施」、「D2遮蔭（雨）空間」及「E1開放空間」等5個指標，表示其屬於「導致類」指標，即為因果關係中之「因」，而 $r - d$ 值小於0之指標，有「A1可見度」、「B1步行連續性」、「C1轉乘設施」、「C3通行便捷度」、「D1休憩設施」與「E2商業活動」等6個指標，表示其屬於「影響類」指標，即為因果關係中之「果」。

以步行可及性來說，中心度大於平均值的4項指標中，「E1開放空間」 $r + d$ 值最大，且為「導致類」指標，專家認為透過開放空間的優先改善，對於民眾的步行可及性有較大的影響，而「B1步行連續性」、「C3通行便捷度」與「E2商業活動」等3項指標之 $r + d$ 值雖然亦大於平均值，但因為「影響類」指標，必須透過導致類指標改善後之連帶效果，始能有助於步行可及性的提升。在「導致類」指標上，次要改善之指標為人車分隔、鋪面平順度、指引設施及遮蔭（雨）空間，人行步道設計若未與車道分隔，將影響民眾步行安全性，鋪面平順度、指引設施及遮蔭（雨）空間的設置亦會影響步行的連續性及舒適性，亦為空間規劃應注意之項目。

於了解本文各項指標之改善優先順序後，以下繼續採用DANP法求取各指標之權重值。首先將指標之影響矩陣與其超級矩陣加權數計算出指標總影響矩陣，再將指標總影響矩陣進行正規化後轉置為「未加權超級矩陣（W）」（如表5所示），此處得出之權重為指標的「全面權重值（Global）」，再將指標的全面權重值與構面之權重值相乘後，即可得出指標的「局部權重值（Local）」，而後經由加權計算求出「加權超級矩陣（W*）」。

表5 未加權超級矩陣（W）結果一覽表

W	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2
A1	0.088	0.102	0.100	0.101	0.101	0.102	0.101	0.101	0.100	0.107	0.106
A2	0.097	0.082	0.099	0.098	0.099	0.098	0.099	0.095	0.095	0.097	0.098
B1	0.117	0.117	0.099	0.116	0.113	0.118	0.115	0.114	0.115	0.114	0.115
B2	0.082	0.082	0.086	0.070	0.085	0.080	0.083	0.082	0.081	0.084	0.083
C1	0.068	0.068	0.068	0.069	0.058	0.069	0.070	0.068	0.069	0.066	0.068
C2	0.065	0.065	0.064	0.063	0.064	0.053	0.064	0.063	0.062	0.063	0.063
C3	0.074	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.064	0.073	0.072	0.072	0.071
D1	0.095	0.096	0.095	0.097	0.093	0.095	0.095	0.082	0.098	0.100	0.099
D2	0.092	0.091	0.093	0.092	0.093	0.091	0.091	0.096	0.079	0.094	0.095
E1	0.104	0.104	0.103	0.103	0.101	0.103	0.103	0.109	0.106	0.087	0.103
E2	0.119	0.119	0.118	0.117	0.118	0.116	0.116	0.117	0.120	0.116	0.100

資料來源：本文整理

經過將W*反覆數次直到該加權矩陣數值收斂為止，得出極限超級化矩陣（如表6）。極限超級化矩陣為加權矩陣收斂後之數值，即為 DANP 權重值。

表6 極限超級化矩陣結果一覽表

指標	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2
A1	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
A2	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096
B1	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114
B2	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082
C1	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
C2	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
C3	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073
D1	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095
D2	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
E1	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102
E2	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116

資料來源：本文整理

各指標最終獲致之權重值依據大小排列如表7所示。其中，「E2商業活動」權重值最高，為0.116，其次為「B1步行連續性」、「E1開放空間」及「A1可見度」，在可及性與生理、心理因子相關研究下，專家認為商業活動設置與否為影響民眾步行意願的最重要因素，本文比較DEMATEL中心度與DANP重要度的排序，前者順序為「B1步行連續性（12.743）」、「C3通行便捷度（11.935）」、「E2商業活動（11.551）」；而後者的順序為「E2商業活動（0.116）」、「B1步行連續性（0.114）」、「E1開放空間（0.102）」。交叉比對後可以發現專家雖認為「通行便捷度」是可及性中最重要之指標，但對整體評估指標之影響度卻並不明顯，而DANP計算各指標重要度結果中，「E2商業活動」為權重值最高之指標，可以看出專家們認為其為可及性最重要之指標，因此未來在研擬步行可及性相關空間發展策略上，商業活動、步行連續性及開放空間應納入優先評估項目。

表7 指標權重值排序一覽表

指 標	最終權重值	因子	構 面
E2商業活動	0.116	心理	活動性
B1步行連續性	0.114	生理	連續性
E1開放空間	0.102	心理	活動性
A1可見度	0.101	生理	安全性
A2人車分隔	0.096	生理	安全性
D1休憩設施	0.095	心理	舒適性
D2遮蔭（雨）空間	0.092	心理	舒適性
B2鋪面平順度	0.082	生理	連續性
C3通行便捷度	0.073	生理	便利性
C1轉乘設施	0.068	生理	便利性
C2指引設施	0.063	生理	便利性

資料來源：本文整理

五、實證結果分析

本文首先參考Alfonzo（2005）及相關文獻內容，將步行可及性影響指標歸納為生理及心理因子，並在因子下依據指標特性建立A安全性、B連續性、C便利性、D舒適性、E活動性及F自明性等六個構面及15項指標（如圖3所示），第一階段透過FDM分析後，扣除未達篩選門檻值之構面及指標，剩餘5個構面，共計11項指標則繼續透過DANP進行分析，分析結果如下圖8所示。

首先以構面進行分析（如圖6及圖8），屬於導致類（ $r - d > 0$ ）的構面包括安全性、連續性及舒適性，其中舒適性為心理因子，安全性、連續性為生理因子，上述具有引導性的構面，可透過自行調整並影響生理因子的便利性構面及心理因子的活動性構面，可驗證Alfonzo（2005）提及生理及心理因子存在互動關係的論述。由構面分析結果可知，連續性構面影響程度最大（ $r + d$ 值最大）且為導致類，步行環境連續性的改善對於提高步行可及性的影響最大，其次為活動性及便利性，影響程度為第2、3名，但因為屬於影響類構面，必須透過連續性、安全性及舒適性的改善才得以提升步行的活動性及便利性；安全性及舒適性的影響程度分居第4、5名，雖然影響程度較小，但透過其改善，一樣有助於提升步行環境的活動性及便利性。

考量步行環境的改善仍必須落實到指標，以利提出具體改善策略，本文透過實證結果輔以文獻討論以提出步行環境改善策略，並以指標權重值作為步行環境改善

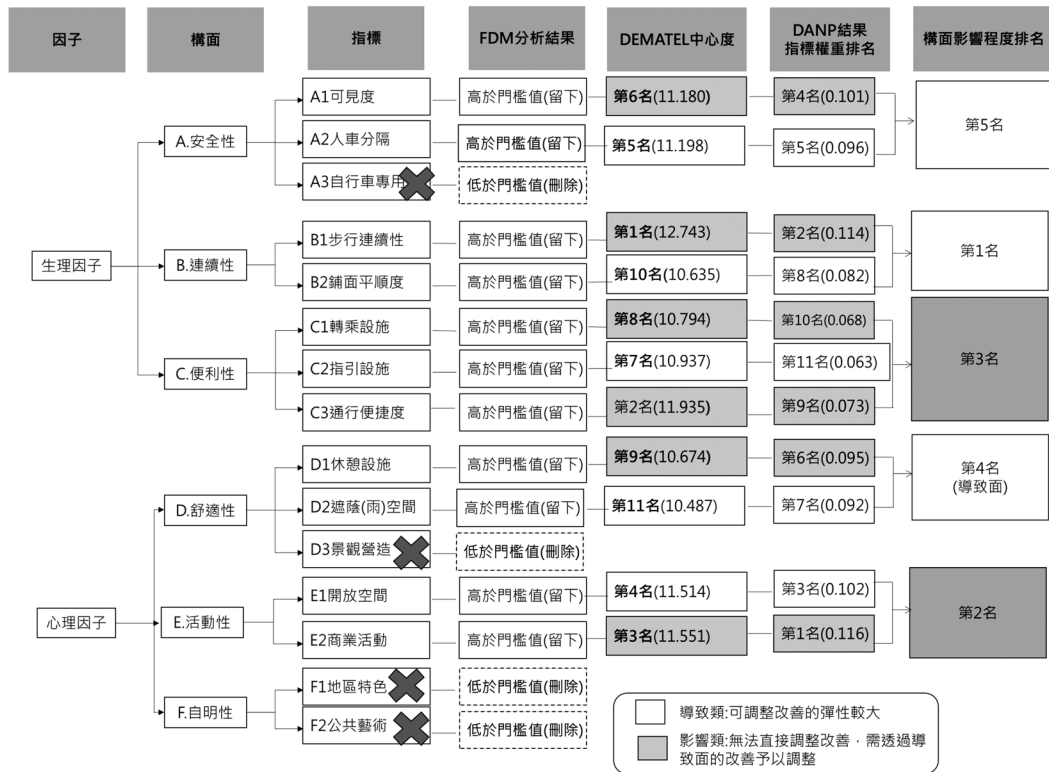


圖8 實證結果示意圖

資料來源：本文繪製

的優先順序，由圖7、圖9及表7可知，前五名重要性指標依序為商業活動、步行連續性、開放空間、可見度及人車分隔等；其中商業活動及開放空間同屬心理因子下之活動性構面指標，步行連續性、可見度及人車分隔則為生理因子下之指標，由此可知，在步行可行性上以心理因子影響程度較大；商業活動的提升可透過人行步道沿街商業帶的設置，滿足民眾購物需求，加上沿街面商店玻璃櫥窗設計，可使步行更感舒適，並可設計互動式電子櫥窗，以增加購物的趣味性，此外亦可考慮各捷運站周邊特色、景觀或歷史元素，形塑特色商圈提升步行的吸引力及活動性（Budiati et al., 2018）；開放空間策略上，建議在一定步行距離間或不同土地使用項目交接點搭配街道家具或休憩座椅的設置，增加步行的舒適性及趣味性，開放空間設計亦可帶有藝文活動的元素，並配合地區特色舉辦藝文活動，結合步行及活動以提高步行意願及愉悅感受（Li and Hsieh, 2019; Li et al., 2016; Lin and Shin, 2008），達到 Alfonzo（2005）之步行最高需求階層。

步行連續性的改善可透過串聯捷運站周圍步行動線，包括綿密的街道網絡、人行捷徑、具地方特色的地標或意象、街道傢俱、開放空間與商業活動等，保持各類活動目的地及起迄點的連貫性及順暢性，以提高步行可及性（Budiati et al., 2018; Li and Hsieh, 2019; Li et al., 2016）。自行車道、快車道及人行道等三種不同使用空間應有明顯區隔，例如高差界面、緣石、圍欄、綠帶或其他實體區隔，確保人車分隔及步行安全（Zacharias, 2001; Alfonzo, 2005）；可見度的改善策略上，建議透過視域分析移除影響可見度的人行道障礙物，並透過照明設置減少視覺死角的產生（耿鳳英，2003；Zacharias, 2001; Shaaban, 2019）。

指標權重值第6至第11依序為休憩設施、遮蔭（雨）空間、鋪面平順度、通行便捷度、轉乘設施及指引設施等，休憩設施的提供不僅應符合量的需要，更應達到質的提升，設施材質應有隔熱、防滑及頂蓋設計以符合當地氣候條件，並避免影響步行的連續性或可見度（Budiati et al., 2018; Alfonzo, 2005）。台北位處亞熱帶地區，夏季炎熱多雨，冬季天冷多雨，建置人行步道遮陽避雨設施，包括植栽、沿街商家延伸出之人為設施及頂棚廊帶，提供步行至捷運站的舒適性，以提高步行意願（Budiati et al., 2018; Li and Hsieh, 2019; Olszewski and Wibowo, 2005）。在鋪面平順度上，除應符合「市區道路人行道設計手冊」規範外，應確保人行道鋪面的連續設置、相鄰空間的平順銜接及防滑鋪面設計等要求，在日常維護上，人行道應進行定期維護及清潔，避免鋪面破損影響步行連續性及舒適性（Craig et al., 2002; Shaaban, 2019）；透過捷運場站充足的轉乘設施並縮短與捷運站之步行距離，增加旅次轉運的方便性，可提高步行意願（Jiao et al., 2017; Li and Hsieh, 2019）；最後透過智慧化指引設施的設置，除協助步行者快速找到目的地，增加步行的便利性之外，更可結合藝文或商業活動地點的指引，吸引步行者前往開放空間及商業活動空間，提高步行的活動性（Braughton et al., 2011; Alfonzo, 2005; Chorus and Bertolini, 2016）。

上述指標改善策略為通案性之建議，後續研究仍必須依據各捷運場站之特性予以調整，在策略執行上建議考量指標間的互動關係，屬於影響類的指標，例如可見度、步行連續性、轉乘設施、通行便捷度、休憩設施或商業活動等指標改善，可能必須透過導致類指標之改善，包括人車分隔、鋪面平順度、指引設施、遮蔽（雨）設施或開放空間等，始能達到提高步行及性的加乘效果。

六、結論與建議

本文以TOD及TOC發展理念，建構捷運場站步行可及性之影響指標，在生理及心理兩「因子」下，建立「構面」及「指標」之階層分析架構，透過模糊德爾菲法（FDM）及多評準決策方法（DANP）篩選出影響指標共計11項，其中包含導致類及影響類指標，導致類指標具有主導性，指標項目改善後可達到提升步行可及性的效果，影響類指標則須透過導致類指標發揮連帶影響力。依據本文實證結果發現，指標權重值前五名之指標及權重值依序為商業活動（0.116）、步行連續性（0.114）、開放空間（0.102）、可見度（0.101）及人車分隔（0.096）等，其中「商業活動」及「開放空間」2項指標係隸屬於心理因子的活動性構面，顯示在本文5項影響構面中，活動性構面在步行可及性上最為重要，故為提高步行可及性，建議應著重在步道活動性目的之設計，尤其是沿線商業活動及開放空間的規劃；而生理因子則可著重在步行連續性、可見度及人車分隔等安全性規劃，以營造安全的步行空間。

步行以人為主體，人類對於步行經驗之生理及心理認知可透過可及性指標呈現出來，並驗證兩者間影響關係的存在，此為本文之重要貢獻；研究結果雖獲得心理因子影響力大於生理因子之結果，惟「商業活動」及「開放空間」兩項指標屬於「影響類」指標，代表步行可及性的提升仍必須透過安全性、連續性和舒適性等導致類指標的改善及調整，以達到提高可及性之連帶效果。本文所建立之評估指標及改善策略可提供捷運場站周邊地區步行環境改善之評估使用，建議後續研究在研擬步行環境改善策略時，應考量指標間的互動關係並配合各捷運場站不同特性予以調整，進一步對步行者進行步行環境改善前後之步行感受比較研究，以檢視步行環境改善對於步行者在心理及生理認知感受的影響，以真正塑造以人為本的友善步行環境，透過步行意願的提高及大眾運輸系統的使用，減少私人運具，達到TOD及TOC之規劃目標。

參考文獻

- 李家儂、謝翊楷，2015，以空間型構法則及步行導向理念檢視 TOD 區內土地使用配置的合理性，運輸計劃季刊，第 44 卷，第 1 期，頁 1-24。
- 李家儂、羅健文，2006，大眾運輸導向發展設計概念中步行可及性與大眾捷運系統旅次關係之初探，都市交通季刊，第 20 卷，第 4 期，頁 1-14。

- 林慶哲，2018，捷運場站周邊地區步行環境改善策略之研究－大眾運輸導向廊帶空間發展理念的導入，中國文化大學都市計劃與開發管理學系碩士論文。
- 徐村和，1998，模糊德菲層級分析法，模糊系統學刊，第4卷，第1期，頁59-72。
- 耿鳳英，2003，身體、行為與博物館展示，博物館學季刊，第17卷，第4期，頁35-45。
- 張學孔、錢學陶、杜雲龍，2000，大眾運輸導向之都市發展策略，捷運技術半年刊，第21期，頁1-16。
- 張有恆，1998，運輸計畫評估與決策－模糊理論之探討與決策，一版，台北：華泰文化事業股份有限公司。
- 游弘裕，2008，大眾運輸系統轉乘站周邊步行環境對搭乘意願之影響－以高雄捷運站為例，屏東科技大學景觀暨遊憩管理研究所碩士論文。
- 黃厚淳，2004，設置行人專用時相對車輛與行人延滯影響之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- 黃義宏，2005，捷運車站周邊人行空間設計之研究，政治大學地政學系碩士論文。
- 臺北市政府交通局，2022，台北市交通查詢統計系統，網址：<https://dotstat.gov.taipei/pxweb/Dialog/statfile9.asp>。瀏覽日期2022年10月6日。
- 衛萬里、張文智，2009，應用模糊德爾菲與分析網路程序法選擇最佳產品設計方案之研究，設計學報，第10卷，第3期，頁59-79。
- 衛萬明、徐慧民、蔡佩真，2007，應用分析網路程序法於建設公司住宅企劃方案優先順序選擇之研究，建築學報，第62期，頁49-74。
- Alfonzo, M. A., 2005, To walk or not to walk? The hierarchy of walking needs. *Environment and behavior*, 37(6), pp. 808-836.
- Braughton, M., M. Brill, S. Lee, G. Binger, and R. Cervero, 2011, Advancing bus rapid transit and transit-oriented corridors in California's central valley.
- Brown, B. B., and C. M. Werner, 2011, The residents' benefits and concerns before and after a new rail stop: do residents get what they expect?. *Environment and Behavior*, 43(6), pp. 789-806.
- Budiati, W., A. Grigolon, M. Brussel, and S. Rachmat, 2018, Determining the potential for Transit Oriented Development along the MRT Jakarta corrido, Paper presented at the IOP conference series: Earth and environmental science.
- Calthorpe, P., 1993, The next American metropolis: Ecology, community, and the American dream. Princeton architectural press.

- Cervero, R., 2004, Transit-oriented development in the United States: Experiences, challenges, and prospects (102): Transportation Research Board.
- Cervero, R., 2007, Transit-Oriented Corridors. In: The Transportation/Land Use Connection, T. Moore, P. Thornes, B. Appleyard, eds. Chicago: Planning Advisory Service Report Number 546/547, pp. 136-137.
- Cervero, R., and K. Kockelman, 1997, Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation research part D: Transport and environment*, 2(3), pp. 199-219.
- Cervero, R., O. L. Sarmiento, E. Jacoby, L. F. Gomez, and A. Neiman, 2009, Influences of built environments on walking and cycling: lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3(4), pp. 203-226.
- Chorus, P., and L. Bertolini, 2016, Developing transit-oriented corridors: Insights from Tokyo, *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(2), pp. 86-95.
- Craig, C. L., R. C. Brownson, S. E. Cragg, and A. L. Dunn, 2002, Exploring the effect of the environment on physical activity: A study examining walking to work, *American Journal of Preventive Medicine*, 23(2), pp. 36-43.
- Ewing, R., T. Schmid, R. Killingsworth, A. Zlot, and S. Raudenbush, 2003, Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity, *American journal of health promotion*, 18(1), pp. 47-57.
- Ewing, R., and R. Cervero, 2010, Travel and the built environment: A meta-analysis. *Journal of the American planning association*, 76(3), pp. 265-294.
- Frank, L. D., T. Schmid, J. F. Sallis, J. Chapman, and B. Saelens, 2005, Linking objective physical activity data with objective measures of urban form, *American Journal of Preventive Medicine*, 28, pp. 117-125.
- Frank, L. D., J. Mayaud, A. Hong, P. Fisher, and S. Kershaw, 2019, Unmet demand for walkable transit-oriented neighborhoods in a mid-sized Canadian community: market and planning implications. *Journal of Planning Education and Research*.
- Fruin, J. J., 1970, *Designing for pedestrians a level of service concept*, Polytechnic University.
- Frumkin, H., L. Frank, L. D. Frank, and R. J. Jackson, 2004, *Urban sprawl and public health: Designing, planning, and building for healthy communities*, Island Press.

- Gabus, A., and E. Fontela, 1972, World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL, Battelle Geneva Research Center, Geneva, Switzerland, pp. 1-8.
- Gehl, J., 2004, Towards a fine city for people: Public spaces and public life. London: Transport for London.
- Hoogendoorn, S. P. and P. H. L. Bovy, 2004, Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models, *Transportation Research Part B*, 38, pp. 169-190.
- Jiang, Y., P. C. Zengras, and S. Mehndiratta, 2012, Walk the line: station context, corridor type and bus rapid transit walk access in Jinan, China., 20(1), pp. 1-14.
- Jiao, J., Chen, Y., and N. He, 2017, Plan pedestrian friendly environments around subway stations: lessons from Shanghai, China, *Journal of Urban Design*, 22(6), pp. 796-811.
- Jim, C. Y. and W. Y. Chen, 2008, Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China), *Journal of environmental management*, 88(4), pp. 665-676.
- Kampa, M. and E. Castanas, 2008, Human health effects of air pollution, *Environmental Pollution*, 151, pp. 362-367.
- Leyden, K. M., 2003, Social capital and the built environment: the importance of walkable neighborhoods, *American journal of public health*, 93(9), pp. 1546-1551.
- Li, C.-N., and Y.-K. Hsieh, 2019, Building friendly environmental assessment indicator system by using big data and Grey-ANP, paper presented at the 2019 International Conference on Big Data, Electronics and Communication Engineering (BDECE 2019).
- Li, C.-N., Lin, C., and T.-K. Hsieh, 2016, TOD district planning based on residents' perspectives. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(4), p. 52.
- Lin, J. J., and T. Y. Shin, 2008, Does transit-oriented development affect metro ridership? evidence from Taipei, Taiwan, *Journal of the Transportation Research Board*, 2063, pp. 149-158.
- Niles, J., and D. Nelson, 1999, Measuring the success of transit-oriented development: Retail market dynamics and other key determinants, Paper presented at the APA National Planning Conference. Seattle, WA. Retrieved January.

- Olszewski, P. and S. S. Wibowo, 2005, Using equivalent walking distance to assess pedestrian accessibility to transit stations in Singapore, *Transportation research record*, 1927(1), pp. 38-45.
- Saaty, T. L., 2005, *Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*. RWS publications.
- Shaaban, K., 2019, Assessing sidewalk and corridor walkability in developing countries. *Sustainability*, 11(14), p. 3865.
- Seo, M. and S. Kim, 2012, The Impacts of Transit-Oriented Corridors on Realizing the Green City, *Journal of Urban Design Institute of Korea*, 13(1), pp. 93-109.
- Seo, M., Kim, A. and S. Kim, 2013, Environment and Economic Impacts of Transit-Oriented Corridor in Korea, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 12(2), pp. 213-220.
- Sohn, D. and J. Kim, 2010, Analysis of the Relationships between Land Use Characteristics of Urban Transit Centers and the Level of Transit Usage, *Journal of Urban Design Institute of Korea*, 11(1), pp. 33-44.
- Su, S., H. Zhou, M. Xu, H. Ru, W. Wang, and M. Weng, 2019, Auditing street walkability and associated social inequalities for planning implications, *Journal of transport geography*, 74, pp. 62-76.
- Wagar, J. A. and P. A. Barker, 1983, Tree root damage to sidewalks and curbs, *Journal of Arboric*, 9(7), pp. 177-181.
- Zacharias, J., 2001, Pedestrian behavior and perception in urban walking environments, *Journal of Planning Literature*, 16, pp. 3-18.