國立陽明交通大學

運輸與物流管理學系碩士班

碩士論文

Department of Transportation and Logistics Management

National Yang Ming Chiao Tung University

Master Thesis

人行道行人流量推估：人行道系統服務水準評估之應用

Sidewalk Pedestrian Flow Estimation: Application of Service Evaluation for Sidewalk Systems

研究生：陳思婷(Chen, Sih-Ting)

指導教授：邱裕鈞(Chiou, Yu-Chiun)

中華民國一一〇年七月

July, 2021

人行道行人流量推估：人行道系統服務水準評估之應用

Sidewalk Pedestrian Flow Estimation: Application of Service Evaluation for Sidewalk Systems

研 究 生：陳思婷　　Student: Sih-Ting Chen

指導教授：邱裕鈞　　Advisor: Yu-Chiun Chiou

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
in

Traffic and Transportation

July 2021

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國一一O年七月

誌謝

初到臺北、踏進北交的那一刻還記憶猶新，時光飛逝來到了畢業這一刻，經過兩年的淬煉和洗禮，著實成長不少。回顧起寫論文的心路歷程，雖然常常覺得舉步維艱、心力交瘁，但每次都還是咬牙撐了過來，在論文的撰寫過程中，許多老師、學長姐及朋友們的幫忙，是完成此份論文推波助瀾的最大力量。

能順利完成本篇論文，首先要感謝我的指導教授邱裕鈞老師，在我遇到困難、卡住的時候，老師總是耐心的為我解惑，引領我正確的方向；近幾個月來病毒肆虐，感謝老師仍在百忙中抽空與學生線上討論論文，讓研究更加完整。也謝謝老師不吝給予我許多學習的機會，讓我參與計畫、擔任助教與學術委員會秘書等，讓我這兩年收穫良多，您的教誨如春風，似瑞雨，永銘我心。感謝口試委員鍾易詩老師與吳昆峰老師，不僅在論文進度審查階段給予指教，也在口試的過程中，仔細地審閱論文並提出盲點，給予相當多寶貴的建議以及修改方向，使我的論文更臻於完善。再來，我要特別感謝威廷學長，幫我詢問警政監視器調閱相關事宜，雖然最後結果不盡理想，還是感謝學長的幫忙，同時感謝臺北市交通局，有您們所提供的路口監視器畫面，本論文才得以順利進行，也謝謝弟弟，日以繼夜地幫我錄影，還有學弟妹們，謝謝你們。

感謝邱 lab 的同伴們，彼此互相鼓勵督促，一起接受挑戰、交換資訊，我們才能一起順利畢業；同時感謝銓勳學長及佑星學長，傳授我一些社會經驗，也時常關心我的論文進度，在我陷入泥沼時將我拉出，讓我覺得面對論文不再那麼害怕，特別感謝詮勳學長總是不厭其煩地回答我很多問題，總是在我迷惘的時候鼓勵我並給予很棒的建議。感謝碩班的同學們，在兩年的日子裡一起創造許多美好的回憶，豐富我的碩士生活，學術上的討論、生活中的閒聊，互相鼓勵又互相嘴砲，還有專討完的 driftwood 買醉兼八卦大會、淡水遊、北投遊、花東行、阿里山……，有大家的砥礪與陪伴，讓我的碩士生活過得既充實又多采多姿。

最後感謝我的家人們，謝謝媽媽支持我的學業與生活，無論是物質上的支助或精神上的鼓勵，對您的感謝無法一言以蔽之，謝謝您，您辛苦了；謝謝爸爸，您將永存於我心，僅將這份論文獻給我最愛的您；也感謝其他家人的關心與鼓勵，謝謝您們一切平安健康。感謝男友品熹日日夜夜的陪伴，給予無限的支持與鼓勵，在我忙碌時默默的陪著我，在自我懷疑或焦慮的時候，堅定的告訴我一切都會好。

時光匆匆，在北交的這兩年，謝謝所有曾經幫助過我的人，願一切喜悅及榮耀與您們分享。也期許自己未來保持初衷，盡力而為。

陳思婷 謹誌

2021 年 7 月於臺灣 臺北

人行道行人流量推估：人行道系統服務水準評估之應用

研 究 生：陳思婷　　指導教授：邱裕鈞 博士

國立陽明交通大學運輸與物流管理學系交通運輸碩士班

摘要

「步行性」是發展永續運輸最基本的部分，因為步行是所有綠運輸的第一哩和最後一哩路，若沒有一個良好的步行環境，就不可能使運輸系統更加環保。然而，由於預算限制，人行道設施的改善應該優先考慮人們的步行需求，基此，本研究旨在透過各種人行道幾何條件、建築環境和社會經濟條件/人口統計資料，建立一人行道行人流量推估模型，以評估人行道的服務水準及其改善的優先順序。

為此，本研究通過使用迴歸模型和人工類神經網絡 (ANN)，根據人行道的幾何條件和鄰近的建築與社會經濟環境，來推估人行道尖峰時段的行人流量。行人流量數據蒐集自 96 條人行道的即時影像監視器，包括平日和假日，共有 192 個樣本，並從 24 小時影像計數中確定了早晚四個尖峰時段。此外，還蒐集了 27 個解釋變數，包括 7 個人行道幾何和設施，7 個社會經濟和人口統計變數，以及 13 個建成環境變數，包含 6 個土地使用變數、3 個 POI（興趣點）和 4 個公共運輸變數。平日和假日行人流量推估的雙對數迴歸模型顯示，分別有 15 個和 10 個變數具統計顯著，調整後的 R^2 分別為 0.6838 和 0.7425，MAPE 分別為 7.18% 和 9.60%。而具有兩層的調諧 ANN 模型（倒傳遞類神經網絡，BPN）顯示平、假日的 MAPE 分別為 8.28% 和 7.90%。由此可知，不管是迴歸模型或是 BPN 模型，表現都非常令人滿意。

為了展示推估模型的適用性，本研究通過使用分析階層程序法並訪談 6 位專家，建立了一個人行道服務水準評估架構。結果顯示，最重要的準則是人行道的有效寬度 (0.1879)，其次是號誌控制設施 (0.1707) 和路面破損程度 (0.1707)。接著，對臺北市超過 300 公尺的人行道進行了案例研究，這些人行道在二維圖上的分佈（行人流量與服務水準分數）有助於確定其改善的優先順序。

關鍵詞：行人流量推估、迴歸分析、倒傳遞類神經網路、分析階層程序法。

Sidewalk Pedestrian Flow Estimation: Application of Service Evaluation for Sidewalk Systems

Student: Sih-Ting Chen Advisor: Yu-Chiun Chiou

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

ABSTRACT

Walkability is the most essential part in developing sustainable transportation systems, since walking is the first and last mile of all green transportation modes. Without a good walking environment, it is impossible to make transportation systems greener. However, due to the budget constraint, the improvement of sidewalk facilities should be prioritized according to their walking demand. Based on this, this study aims to develop pedestrian flow estimation models of sidewalks under various sidewalk geometrics, built environment, and social economics/demographics so as to evaluate the level of service of the sidewalks as well as their improvement priorities.

To do so, this study attempts to estimate the peak-hour pedestrian flow of sidewalks based on their geometrics and neighboring built and social economic environments by using regression model and artificial neural network (ANN). The pedestrian flow data were collected from the CCTV of 96 sidewalks under weekday and weekend, receptively, making a total of 192 samples. The morning and evening four peak hours were identified from a 24-hours video counting. A total of 27 explanatory variables were also collected, which are 7 sidewalk geometrics and facilities, 7 social economic and demographics , as well as 13 built environmental variables, including 6 land use variables, 3 POI (place of interest), and 4 public transportation. The estimated double-log regression model for weekday and weekend pedestrian flows shows 15 and 10 variables are significantly tested with adjusted-R^2 of 0.6838 and 0.7425 and MAPE 7.18% and 9.60%, respectively. The tuned ANN models (Back-propagation neural network, BPN) with two layers show the MAPE of 8.28% (weekday) and 7.90%. Both regression and BPN models perform very satisfactorily.

To show the applicability of the estimated models, this study further develops an evaluation framework by using Analytic Hierarchy Process (AHP) and interviewing 6 experts. The most important criteria are the effective width of sidewalks (0.1879),

followed by signal control facilities (0.1707) and pavement damage (0.1707). A case study of sidewalks longer than 300 meters in Taipei city is then conducted. The distribution of these sidewalks on a two-dimension figure (pedestrian flow vs. LOS scores) is helpful to prioritize their improvement.

Keywords: Pedestrian flow estimation, Regression model, Back propagation neural networks, Analytic Hierarchy Process.

目錄

摘要 i
ABSTRACT ii
目錄 iv
圖目錄 vi
表目錄 viii
第一章 緒論 1
1.1 研究背景與動機 1
1.2 研究目的 2
1.3 研究範圍 2
1.4 研究流程與內容 3
第二章 文獻回顧 6
2.1 行人流量蒐集技術 6
2.2 建成環境與人行道之關聯性 7
2.3 人行道之評估指標與服務水準 14
2.4 小結 22
第三章 模式構建 24
3.1 行人流量分析與推估模式 25
3.1.1 迴歸分析 25
3.1.2 倒傳遞類神經網路 35
3.2 行人道系統服務水準評估模式 42
3.2.1 分析階層程序法 42
3.2.2 行人道系統服務水準評估模式構建 45
第四章 資料蒐集與分析 50
4.1 行人流量分析與推估 50
4.1.1 資料蒐集與處理 50
4.1.2 資料分析 59
4.2 人行道系統服務水準評估 67
第五章 模式推估與應用 69
5.1 影響行人流量之關鍵影響因素分析 69
5.2 行人流量模式推估與驗證 73
5.2.1 迴歸模式推估結果 73
5.2.2 倒傳遞類神經網路模式推估結果 77

5.2.3 模式驗證與比較.....85
5.3 模式應用.....88
5.3.1 人行道服務水準評估準則權重計算.....89
5.3.2 人行道服務水準評估準則內容與給分區間.....91
5.3.3 實例應用.....93
第六章 結論與建議.....103
6.1 結論.....103
6.2 建議.....104
參考文獻.....105
附錄一、 分析階層程序法問卷.....108

圖目錄

圖 1-1 人行道示意圖 3
圖 1-2 研究流程圖 5
圖 2-1 QoS 最終模型 21
圖 3-1 研究架構圖 25
圖 3-2 生物神經元模型 35
圖 3-3 人工神經元構造示意圖 36
圖 3-4 倒傳遞類神經網路架構圖 39
圖 3-5 倒傳遞類神經網路模式構建流程圖 40
圖 3-6 層級結構圖 43
圖 3-7 成對比較說明圖 43
圖 3-8 人行道服務水準評估架構 49
圖 4-1 行人量計算基準線範圍示意圖 51
圖 4-2 住宅區行人流量分佈圖 52
圖 4-3 住商混合區行人流量分佈圖 53
圖 4-4 商業區行人流量分佈圖 53
圖 4-5 工業區行人流量分佈圖 53
圖 4-6 文教行政區行人流量分佈圖 54
圖 4-7 主要道路行人流量分佈圖 54
圖 4-8 次要道路行人流量分佈圖 54
圖 4-9 服務道路行人流量分佈圖 55
圖 4-10 土地使用面積疊圖處理過程 57
圖 4-11 臺北市樓地板面積疊圖處理過程(一) 57
圖 4-12 臺北市樓地板面積疊圖處理過程(二) 58
圖 4-13 臺北市各土地使用樓地板面積 58
圖 4-14 平日行人流量樣本分佈圖 61
圖 4-15 假日行人流量樣本分佈圖 61
圖 5-1 平日行人流量推估模式殘差分佈圖 75
圖 5-2 假日行人流量推估模式殘差分佈圖 77
圖 5-3 平日模式網路隱藏層神經元個數設定結果 80
圖 5-4 平日模式倒傳遞類神經網路架構圖 80
圖 5-5 平日模式網路學習速率設定結果 81
圖 5-6 假日模式網路隱藏層神經元個數設定結果 83
圖 5-7 假日模式倒傳遞類神經網路架構圖 84
圖 5-8 假日模式網路學習速率設定結果 85
圖 5-9 本研究倒傳遞類神經網路架構圖 86
圖 5-10 平日迴歸係數 (絕對值) 與 BPN GI 值之比較 88

圖 5-11 假日迴歸係數 (絕對值) 與 BPN GI 值之比較 88
圖 5-12 平日行人流量長條圖 95
圖 5-13 假日行人流量長條圖 95
圖 5-14 人行道服務水準評估分數長條圖 96
圖 5-15 平日模式應用結果散佈圖 96
圖 5-16 仁愛路一段之人行道 98
圖 5-17 仁愛路一段人行道上設施物 98
圖 5-18 忠孝東路四段 553 巷(西/北側)之人行道 98
圖 5-19 忠孝東路四段 553 巷(西/北側)人行道寬度 99
圖 5-20 南京東路三段 303 巷之人行道 99
圖 5-21 假日模式應用結果散佈圖 100
圖 5-22 愛國東路之人行道 101
圖 5-23 惠民街(東/南側)之人行道 101
圖 5-24 致遠二路之人行道 102
圖 5-25 致遠二路人行道上設施 102

表目錄

表 2-1 行人量推估模式文獻彙整表.....7
表 2-2 舊金山市行人流量的首選模型.....9
表 2-3 迴歸模式中所使用的變數.....10
表 2-4 迴歸模式中所使用的變數.....11
表 2-5 建成環境與人行道之關聯文獻彙整表.....13
表 2-6 人行道之評估指標與服務水準文獻彙整表.....21
表 3-1 變數定義表.....33
表 3-2 類神經網路模式彙整表.....38
表 3-3 平均隨機指標.....44
表 3-4 營建署「市區道路人行安全地理資訊系統」資料欄位.....45
表 3-5 人行道評估指標與準則參考文獻勾選表.....47
表 3-6 人行道服務水準各評估準則定義.....49
表 4-1 各資料項目之資料來源與蒐集重點.....50
表 4-2 圖資內容與資料來源說明.....56
表 4-3 行人流量資料分佈.....60
表 4-4 行人流量變數基本統計.....60
表 4-5 人行道供給連續變數基本統計.....62
表 4-6 人行道供給類別變數基本統計.....62
表 4-7 建成環境連續變數基本統計.....64
表 4-8 建成環境類別變數基本統計.....64
表 4-9 社經環境變數基本統計.....65
表 4-10 平日模式皮爾森積差相關分析表.....66
表 4-11 假日模式皮爾森積差相關分析表.....67
表 4-12 人行道人行道系統服務水準評估各準則所需資料.....68
表 5-1 平日模式分析結果.....70
表 5-2 假日模式分析結果.....72
表 5-3 平日行人流量推估模式結果.....73
表 5-4 假日行人流量推估模式結果.....75
表 5-5 平日模式網路隱藏層神經元個數設定結果.....78
表 5-6 平日模式網路學習速率設定結果.....81
表 5-7 假日模式網路隱藏層神經元個數設定結果.....82
表 5-8 假日模式網路學習速率設定結果.....84
表 5-9 3-FOLD 交叉驗證結果.....85
表 5-10 平日模式相關係數比較.....87
表 5-11 假日模式相關係數比較.....87
表 5-12 標的相對權重與重要性排序.....89

表 5-13 人行道服務水準評估準則之權重.....90
表 5-14 綜合準則權重與重要性排序.....91
表 5-15 人行道服務水準評估準則內容與給分區間.....91
表 5-16 臺北市各行政區人行道長度大於 300M 數量.....93
表 5-17 模式應用之行人流量及人行道服務水準評估分數基本統計.....94
表 5-18 平、假日行人流量次數統計.....94
表 5-19 人行道服務水準評估分數次數統計.....95
表 5-20 平日模式中應優先改善之人行道(依行政區排序).....97
表 5-21 假日模式中應優先改善之人行道(依行政區排序).....100

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

隨著文明與科技的進步，交通運具逐漸趨向多元化，然而在各旅次當中，無論是搭乘大眾運輸工具、使用私人機動運具，或是公共自行車租賃，旅次的末端仍須回歸「步行」，而在以大眾運輸發展為導向的都會區中，步行能力是關鍵條件，完整的步行系統更是不可或缺的一環，因此，提供行人步行的「人行道」是否完善便相當重要。

自工業革命後汽車開始取代馬車，道路空間轉變為以「車輛」為主角，強調車流順暢、考量車輛行駛便利性，當汽車長期占據道路空間，導致人行道成為車道的附屬品，行人的使用感受也從道路主要考量因素轉變成次要。近年來，隨著人本交通的議題越來越受到重視，道路空間逐漸轉變為以「人」為主角的思考模式，以人為本、行人優先，強調人與車皆能公平使用道路的觀念，已隨著時代的演進與社會進步，成為現今市區道路規劃的重點。再加上，人行道的普及率，是目前國際上評估各國或各城市開發與進步程度的關鍵指標之一，因此，為了擠身友善先進國家之列，各縣市政府在中央政府補助之下，已由市區道路、重要行人旅次產生吸引點附近，例如：學校、商圈、大眾運輸場站……等，開始逐步著手人行道系統之檢視、整體規劃、設置與改善。然而，在檢視或規劃人行道系統前，應先瞭解該人行道之行人流量多寡，避免產生擁擠與延滯問題，因此如何推估行人流量便是一個相當重要的課題。

以臺北市為例，為達人車空間分離，除依規定設置人行道外，另在未設置人行道之巷道設置標線型人行道，根據臺北市政府工務局統計，截至 109 年 6 月底臺北市道路長度及面積分別為 1,410.5 公里、2,220.2 萬平方公尺；人行道長度及面積分別為 1,012.3 公里、280.4 萬平方公尺；標線型人行道數量及長度則分別為 1,614 條、143.4 公里。人行道長度（含標線型人行道）佔道路長度的 81.94%，這顯示多數地方均有人行道，但各人行道是否足以負荷該路段的行人流量便不得而知。若該路段行人流量過大，但人行道不足以負荷，將會產生擁擠與延滯問題，而各路段的行人流量會因為周圍建成環境及社會經濟條件有所不同。

本研究所構建之人行道行人流量推估模式可以應用在人行道服務水準評估、行穿線設計、綠燈時制計畫設計等，而本研究以人行道服務水準評估進行應用。為進行全面性的納管，做整體行人服務設施的改善，應建立一全市層級的人行道系統服務水準評估架構，因此本研究以營建署於民國 99 年起分年執行「市區道路人行安全地理資訊系統」專案內，所建置之都市計畫區內人行道基礎資料，如人行道淨寬、設施物所佔面積、鋪面破損程度、各類固定設施物數量等，以此資料為基礎來構建人行道系統服務水準評估架構。透過各人行道服務水準計算，將

行人流量作為加權，來協助比較各行政區整體人行道系統服務水準之高低，以檢視其缺失或不足，作為未來改善優先順序的參考，進而達成市區道路「以人為本」及「永續發展」之願景與目標，建立通暢及舒適之人行環境。

有鑑於此，為了營造舒適的行人友善空間，行人流量的多寡是一大關鍵，因此如何在已知建成環境及社經環境的情況下推估人行道之行人流量，並做後續人行道系統服務水準評估之應用，是本研究所要探討的重點。本研究回顧相關文獻，蒐集行人流量資料、人行道供給資料、建成環境資料與社經環境資料，利用多元線性迴歸模式與倒傳遞類神經網路(BPN)，建立行人流量推估模式；並透過文獻回顧與營建署現有之人行道資料，建構人行道服務水準評估架構，通過專家學者訪談決定各評估指標之權重，以建立人行道服務水準評估系統，並以實例應用檢視模式結果，供未來市區道路規劃、人行道設置與改善之參考。

1.2 研究目的

根據上述背景與動機，探討建成環境、社會經濟條件與行人流量之關係，建構行人流量推估模式，並將其應用於人行道服務水準評估系統中，為目前待研究之課題。有鑑於國內外少有文獻對於上述議題進行研究分析，因此本研究擬針對此議題加以探討，以供後續相關研究參考。基於上述，本研究之目的詳述如下：

1. 透過回顧相關文獻，瞭解對於行人流量推估方式及模式、變數之選擇與運用，及人行道服務水準評估之指標選擇與權重計算。
2. 透過迴歸模式與倒傳遞類神經網路建立行人流量推估模式，以檢定變數的假設，找出行人流量的關鍵影響因素，並驗證模式的準確性。
3. 建立人行道服務水準評估架構，並透過專家學者訪談決定各評估指標之權重。
4. 以臺北市進行實例應用，通過模式求解及評估結果，評定及比較各行政區的人行道服務水準，以供道路主管機關參考。

1.3 研究範圍

本研究以臺北市作為主要調查範圍，包括臺北市的主要道路、次要道路、服務道路等路段之人行道。

人行道之定義繁多，在法規面，「道路交通管理處罰條例」第 3 條有定義性之規定：「人行道：指為專供行人通行之騎樓、走廊，及劃設供行人行走之地面道路，與人行天橋及人行地下道。」，而內政部所頒布之「市區道路及附屬工程設計標準」第 2 條用詞定義中：「人行道：指專供行人通行之道路空間、人行天橋及人行地下道。」。在設計規範面，根據營建署(2003)「市區道路人行道設計手冊」之人行道範圍界定為：「『路權範圍內所規劃供人行走之地面』（不

包括騎樓與走廊）。且基於公共設施帶之設施項目與人行道之使用者有密切之關連性，且受限於道路路權寬度，其設置位置往往與人行道空間重疊使用，故建議將公共設施帶併入人行道之範圍內。」。

為配合營建署－市區道路人行安全地理資訊系統，本研究人行道之定義採用營建署(2003)「市區道路人行道設計手冊」之人行道範圍界定：「『路權範圍內所規劃供人行走之地面』（不包括騎樓與走廊）。」，如圖 1-1 所示。

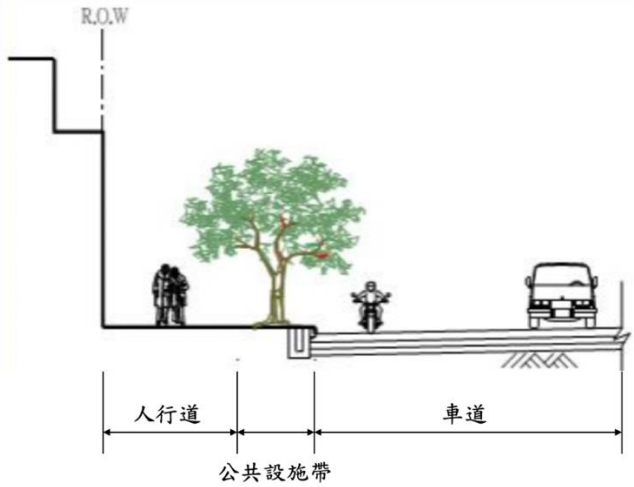


圖 1- 1 人行道示意圖

資料來源：營建署(2003)，市區道路人行道設計手冊

1.4 研究流程與內容

本研究之內容分述如下：

1. 研究目的確立與範圍界定

根據研究背景與動機，確立本研究欲建立一行人流量推估模式，並界定本研究欲探討之範疇，包含研究地區、研究內容等。

2. 文獻回顧

為達成本研究之目的，進行相關研究之文獻彙析，主要分三部分，第一部分為行人流量蒐集技術；第二部分為建成環境與人行道之文獻，以瞭解兩者間的關聯性，並作為建構行人流量推估模式的參考依據；第三部分為人行道評估指標與服務水準，作為建構評估系統之參考。

3. 行人流量分析與推估模式建構

本研究將所蒐集之行人流量作為應變數，人行道供給、建成環境與社經環境作為解釋變數，建構行人流量分析與推估之迴歸模式與倒傳遞類神經網路，以分析影響行人流量之關鍵影響因素並推估人行道之行人流量。

4. 人行道系統服務水準評估模式建構

利用多準則評估之分析階層程序法(AHP)，透過專家學者訪談，決定各評估準則之權重，產生人行道系統服務水準評估架構。

5. 資料蒐集與分析

蒐集研究範圍內行人流量資料、可能會影響行人流量之人行道供給變數資料、建成環境變數資料與社經環境變數資料，及服務水準評估模式中所需之資料，做初步敘述性統計分析與交叉分析，以檢視變數間的關係。

6. 模式推估與驗證

透過多元迴歸模式與倒傳遞類神經網路校估各解釋變數之係數，並給予其與應變數之間的關係說明，找出能顯著影響行人流量之因素，並驗證模式之準確性。

7. 模式應用

以臺北市為研究範圍，蒐集行人流量、人行道供給、建成環境與社經環境資料，做行人流量推估與人行道服務水準評估，接著評定及比較各行政區的人行道服務水準，以供主管機關參考。

8. 結論與建議

整合本研究建立之模式及其求解結果，總結本研究成果之結論，並提出未來研究發展可改善之建議，作為後續研相關研究的參考。

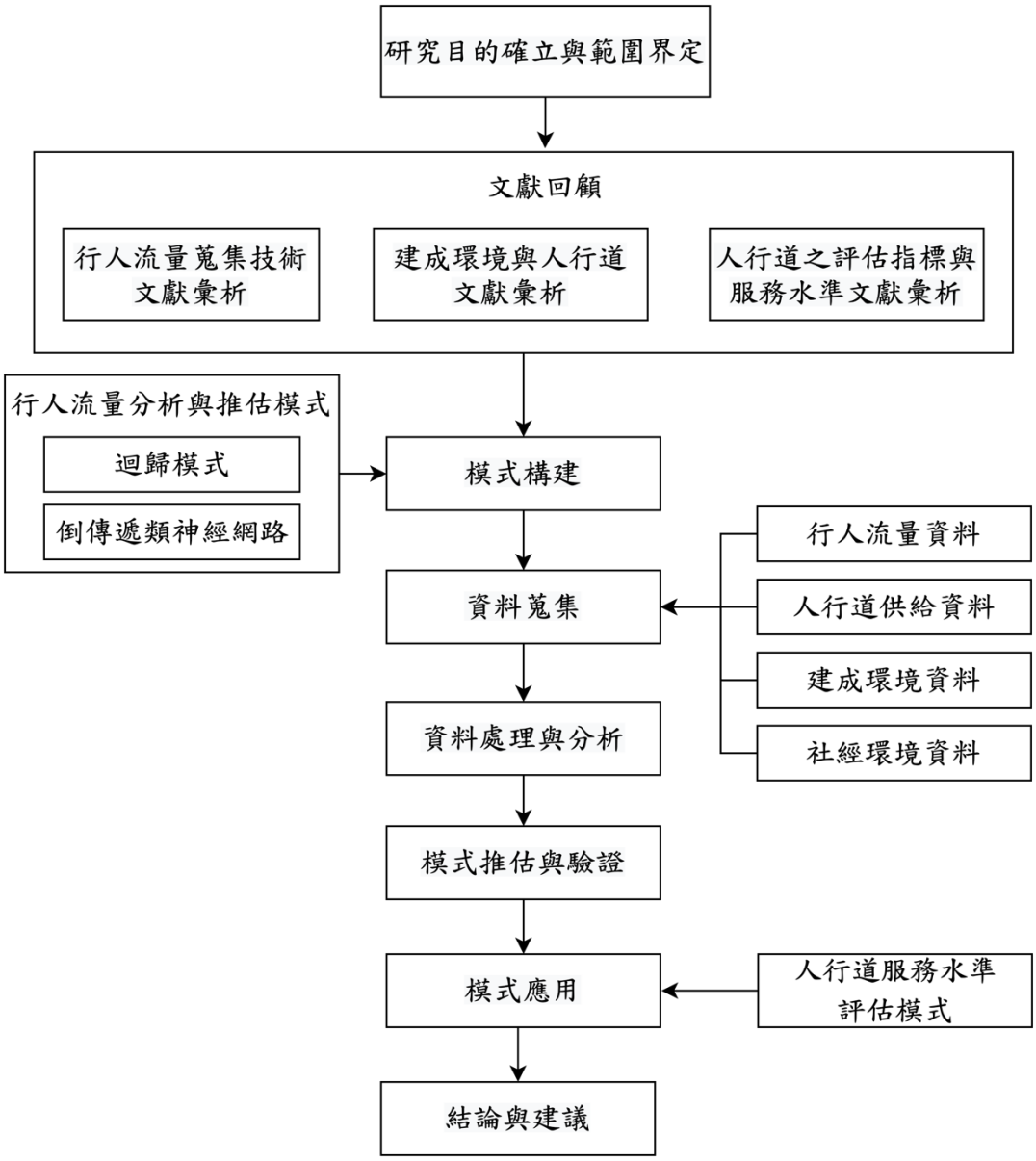

研究目的確立與範圍界定
文獻回顧
行人流量蒐集技術文獻彙析
建成環境與人行道文獻彙析
人行道之評估指標與服務水準文獻彙析
行人流量分析與推估模式
迴歸模式
倒傳遞類神經網路
模式構建
資料蒐集
行人流量資料
人行道供給資料
建成環境資料
社經環境資料
資料處理與分析
模式推估與驗證
模式應用
人行道服務水準評估模式
結論與建議

圖 1- 2 研究流程圖

第二章 文獻回顧

針對上述研究背景與動機和研究目的，本研究將文獻回顧分為三大部分，第一部分回顧過去相關行人流量蒐集技術之文獻；第二部分回顧建成環境與人行道之關聯性，作為後續模式建立時之參考依據；第三部分回顧人行道之評估指標與服務水準，作為建構人行道系統服務水準評估模式之參考。

2.1 行人流量蒐集技術

Yin *et al.* (2015) 研究使用機器學習技術從 Google 街景圖像中檢測和計算行人的可行性。首先通過 Google 地圖、 Google 街景和 API (Application Programming Interface)來開發一個演算法，用於下載圖像和轉換圖像進行自動檢測。第二步使用 Matlab 檢測行人，最後驗證檢測結果。該研究分別收集了水牛城、華盛頓特區和波士頓 200 多個隨機抽樣街區的行人信息，以幫助驗證檢測和計算結果。研究發現 Google 街景提供了 7 種不同辨識率等級的街道圖像。根據檢測算法，在水牛城抽樣街道的 2 級圖像中共發現了 59 名行人，3 級圖像中共發現了 329 名行人。顯示 3 級圖像具有更高的分辨率，有助於增加檢測到的行人數量。通過對比檢測參數和 2 級、3 級圖像資訊，發現這是因為 3 級圖像中定義的行人辨識率比 2 級圖像更接近用檢測模型開發的訓練集，因此建議在未來的研究中，如果使用交替的訓練集和參數，應該使用 3 級圖像進行行人檢測。最後，對自動檢測結果進行了對比和測試，並與現場蒐集的行人數量和人工 Google 街景圖像計算的數量相近。結果表明，該研究中使用的圖像檢測方法與實際觀測結果比對，能夠以合理 (Cronbach's $\alpha = 0.76$) 的關聯性確定行人的存在，幫助識別出有不同行人需求的地方，並反映出街道的行人真實使用情況。

Chen *et al.* (2020) 利用機器學習技術，從騰訊和百度的街景圖像 (Street View images, SVI) 中自動評估行人流量，此種方法提供了廣泛的地理範圍和一致的圖像採集。通過比較從 SVIs 中提取的行人量與 2015 年中國天津 701 個街段的實地觀測結果，進行了大規模的驗證測試。在這些街段共使用了 4507 個樣本點來蒐集 SVIs，並假設不同的 SVIs 參數和街道特徵，可能會影響與現場觀察數據的一致程度。結果表明，在自動行人檢測的準確度方面，圖像大小、像素大小與質量參數都會影響 SVIs 的辨識率，且騰訊圖像的質量優於百度。在街段特徵方面，具有較高的步行量、較好的步行性和較高的街道連通性之街段準確度更高。其中，行人量和街道連通性高度相關。總體而言，該研究所提出的方法，與實地觀測數據相比，達到合理 (Cronbach's $\alpha = 0.71$) 的關聯性水平。值得注意的是，SVI 和街段特徵都會影響準確度。

Lesani *et al.* (2020) 基於新興的 LiDAR (Light Detection and Ranging) 技術，為高人流量環境開發一種新型的即時行人計數系統。該系統使用來自二維 LiDAR 感測器的距離測量值作為輸入資料，該感測器具有一組不同的雷射通道，每個通道之間具有給定的角解析度。所開發的系統使用集群算法處理這些測量結果，以檢測、計數和識別每個行人的行進方向。該系統的性能是通過比較其方向性計數輸出和人工計數（實地調查），使用兩個不同監測地點分別和整體（間隔 15 分鐘）計數來評估的。感測器安裝在蒙特婁的兩個不同的人行道上，數據蒐集的時間大約為四個小時，而實地調查的行人量是從同時在同一地點錄製的視頻獲得的。結果表明，該系統在分別計數層面準確地計數了 97% 以上的行人，方向檢測錯誤率為 1.1%。在所選的兩個監測點，多計數誤差為 0.7%，少計數誤差為 1.3% 和 2.7%。在整體水平上（間隔 15 分鐘），第一和第二監測點的平均絕對百分比誤差 (AAPD) 分別為 1.6% 和 4.3%，加權 AAPD 為 1.5% 和 3.5%。顯示研究所提出的系統準確度較傳統技術為高。

本節所參考之文獻彙整如表 2-1 所示。

表 2- 1 行人量推估模式文獻彙整表

作者(年份)	研究地點	研究方法/技術	資料來源	準確度/關聯性
Yin *et al.* (2015)	水牛城 華盛頓特區 波士頓	機器學習	Google 街景圖像	Cronbach's α = 0.76
Chen *et al.* (2020)	中國天津	機器學習	騰訊和百度的街景圖像	Cronbach's α = 0.71
Lesani *et al.* (2020)	蒙特婁	LiDAR	實地偵測	97%以上

2.2 建成環境與人行道之關聯性

Pulugurtha and Repaka (2008) 介紹了測量號誌化路口行人活動模型的開發和評估。在北卡羅來納州夏洛特市 176 個號誌化路口蒐集數據來開發模型，以測量號誌化路口一天中不同時間的行人活動。將在 176 個交叉口蒐集的行人數量作為應變數，自變數包括人口特徵（人口數、家戶大小）、社會經濟特徵（收入水平、就業人口）、土地使用特徵（住宅區、商業區、工業區等）、網絡特徵（道路數量、車道數量、速度限制、交通量、是否有道路中線）以及公車站數量等，這些數據都是通過地理資訊系統中的套件來提取和估計的。人口特徵、社會經濟特徵和土地使用特徵基於建模中號誌化路口 0.25 英里、0.50 英里和 1 英里的緩衝區寬度進行量測，而公車站則以 100 英尺為量測單位。為探討不同時段行

人活動的差異，將模型分為五個：7:00-8:00（上午尖峰）、10:00-11:00（上午離峰）、12:00-13:00（中午尖峰）、17:00-18:00（下午尖峰）及 7:00-19:00。通過對獨立變量的向後消去法進行多元迴歸分析來開發模型。統計分析表明，人口、總就業人數、住宅區和公車站點數量是模擬或估計號誌化路口行人活動的關鍵變數，這些關鍵自變數的係數為正，說明在人口密集的社區和有公車站點的號誌化路口，行人活動量較大。所有模型的 P 值都相當低，t 統計量和 R^2 都很接近。Mallows Cp 值表明，基於 0.50 英里緩衝區寬度的模型比 0.25 英里和 1 英里緩衝區寬度的模型更適合，這一發現表明，行人更願意在早上 7 點至晚上 7 點之間步行 0.50 英里，以使用號誌化路口的設施。

Miranda-Moreno and Fernandes (2011) 以行人流量作為應變數評估了土地使用、城市形態（人口統計、公共運輸、路網特徵）和天氣狀況對步行活動的影響。從加拿大蒙特婁 1,018 個號誌化路口樣本中，蒐集了上午尖峰（即 6 點至 9 點）、中午尖峰（即 11 點至 13 點）及下午尖峰（即 15 點 30 分至 18 點 30 分），每天 8 小時的人工行人計數作為行人流量。土地使用和城市形態的變量是利用加拿大統計局和 DMTI 公司提供的數據，通過在號誌化路口周圍建立不同的寬度，並利用地理資訊系統技術處理所產生的。在分析中使用了路口周圍 50m、150m 和 400m 的長度；50m 的用於確定區間的周邊環境如何影響行人活動；150m 的考慮了路口附近的土地使用和城市形態特徵；400m 用於評估更高層次的街區以及路口步行距離內的特徵。以人工行人計數為基礎建立多元迴歸模型，研究行人活動、土地使用、城市形態、惡劣天氣條件以及號誌化路口的空間形態之間的關係。首先進行了複相關分析，大小上分別分別為 50、150 和 400m，產生一個相關矩陣，此步驟有助於確定與行人活動有關的潛在因素；接著開發了整體（8 小時）和三個尖峰的行人活動模型，以解釋未觀察到的異質性和空間位置（到市中心的距離）。結果顯示，商業區面積、學校、人口數、地鐵、公車站、路段數量、四向交叉口數量等因素對行人活動影響較大。例如，人口密度或路口周圍的商業面積增加 100%，行人活動量分別從 22.7% 與 10.7%，增加至 37.1% 與 11.7%。也發現存在大型開放空間（綠地除外）和大比例的主要幹道會降低行人活動。此外，交叉路口的行人活動隨著距市區距離的增加而降低（彈性為 44%）；非常溫暖的天氣（溫度> 30°C）使行人活動減少了多達 22%。

Schneider et al. (2012) 在加利福尼亞州舊金山市行人量模型的開發過程，改進了以前基於交叉路口的模型所使用的方法，並納入了當地重要的變量，以估計當地城市環境中的步行活動。該方法包括兩個主要步驟，首先，在 50 個具有不同特徵的交叉路口樣本中進行人工和自動行人計數，一系列的係數調整（自動計數器調整係數、天氣調整係數、臨時調整係數）被應用於產生每個交叉口的年度

行人交叉估計。其次，採用對數線性迴歸模型，以確定年度行人量估計與每個交叉口附近的土地利用、交通系統、當地環境和社會經濟特徵之間具有統計學意義的關係。第一階段的建模產生了 12 個潛在的行人交叉口年流量模型，每個模型都有 6 到 8 個具有統計意義的獨立變量係數加上一個常數，且都有一組不同的預測變量，但所有模型都包括代表交叉口 0.25 英里範圍內的土地使用、位於高活動區並設有路邊停車收費的交叉口、道路的最大坡度以及位於大學 0.25 英里範圍內的交叉口等變量。首選的模型調整後R^2 =0.804，其具有良好的整體適配度和直觀的解釋變量組合（如表 2-2）。正如在其他研究所發現的那樣，行人流量與每個十字路口附近的家庭數量和工作數量呈正相關。此外，該研究的模型還發現，在高活動區、設有路邊停車收費、山丘較少的地區、大學校園附近以及有交通號誌的十字路口，行人流量明顯較高。該模型基於一個相對較小的交叉口樣本，因此重要因素的數量被限制在 6 個，其研究結果既有助於評估現有的行人穿越風險，又能為行人安全政策和投資決策提供參考。

表 2- 2 舊金山市行人流量的首選模型

變數	**估計值**	**t 值**	**p 值**
0.25 英里內的家庭總數(萬戶)	1.81	2.12	0.040
0.25 英里內的總就業人數(十萬人)	2.43	2.22	0.032
交叉口位於高活動區	1.27	3.79	0.000
道路上的最大坡度	-9.40	-3.07	0.004
交叉口位於大學校園 0.25 英里範圍內	0.635	1.45	0.154
交叉口有交通號誌	1.16	4.03	0.000
常數	12.9	33.29	0.000
樣本數		50	
調整R^2		0.804	
F 值		34.4	

註(1)：應變數為 50 個交叉口年度行人流量的對數。

資料來源：Schneider et al. (2012)

Sung *et al.* (2015) 利用多元迴歸模型，確定了韓國首爾街道物理環境和分區法規對步行活動的影響。其中，應變數是街道上的行人人數，並轉換為對數函數。自變數包括街道的物理環境措施和當前的土地分區。通過對每個行人流量測量點應用 100m 半徑的緩衝區來確定分區。主要交互作用的結果表明，在允許高密度和混合土地使用的地區，街道步行活動有增加的可能性，而在低密度和單一土地使用地區，步行活動有減少的可能性。因此，與其他分區類型相比，為混合土地使用而劃分的區域具有更大的行人活動潛力。

Kang (2015) 利用多層次迴歸模型，調查 2009 年首爾市土地使用類型的空間可及性和集中度對行人通行性的影響。該模型採用了土地使用的四個可及性和集中度指標：重力指數、中間性、緊密性和直線性，與空間數據和多層次模型進行分析。應變數是 2009 年首爾平日和周六的每日平均行人流量，並控制了街道狀況、人口普查區的土地使用特徵、調查點的位置和交通以及社會經濟變數（人口和就業密度）。模型結果表明，土地使用的可及性和集中度的影響，隨行人的空間分佈而變化，而對於土地使用的指標，以緊密性最為相關。

Dhanani *et al.* (2017) 研究衡量步行能力的方法，以評估建築環境與行人活動的關係，並將這種評估應用於根據建築環境指標，產生適用於整個倫敦的行人需求模型。研究探討了建築環境測量的四個主題：土地使用特徵、街道網絡結構、交通便利性和居住人口密度。從這四個類別中，根據它們與步行活動數據集的對應關係，選出表現最好的建築環境變數。然後根據測量到的行人活動量對這些變數進行建模，以便根據建築環境指標估算出一個加權的行人需求模型。最後，討論了該模型對行人需求的適用性。利用泊松迴歸檢視應變數（行人密度）和自變數（9 個建築環境變數）之間的個體關係，所選變數如表 2-3 所示。根據 R^2 與誤差項，選出四個項目中最好的變數（多樣性與公平性強度、人口密度、靠近觀測點中心 2000 m 及公車、鐵路和地鐵的綜合可及性），納入最終的迴歸模式。研究發現，交通便利性與行人活動水平的對應關係最強，綜合衡量的結果表現最佳。而大眾運輸可及性與行人活動可能存在循環因果關係，因為大眾運輸可能集中在行人活動需求量較大的地區，或者大眾運輸增加的地方行人需求量會增加。

表 2-3 迴歸模式中所使用的變數

	變數
應變數	行人密度（對數）
土地使用	多樣性與公平性強度
	多樣性與公平性
	強度
居住密度	人口密度
	住址密度
街道網絡	靠近觀測點中心 2000 m
大眾運輸	公車、鐵路和地鐵的綜合可及性
	公車的可及性
	鐵路和地鐵的可及性

資料來源：Dhanani *et al.* (2017)

Kim *et al.* (2017) 設計一個 OLS 迴歸模型，來分析街道的步行交通量與建築環境特徵之間的關聯，特別是根據街道與最近地鐵站的距離，分析地鐵站周圍街道和鄰里層面的步行交通量。研究區域為韓國首爾市，資料來源包括三個政府公開數據集：(1) 2009 年實地調查的步行交通量，(2) 2009 年地鐵乘客的數據量，和 (3) 街道的地理資訊系統 (GIS) 數據。為了分析步行交通量與建築環境因素之間的關係與街道距離最近地鐵站的遠近關係的差異，根據步行交通量與最近地鐵站的遠近程度分類，分別對步行交通量數據進行 6 組 OLS 迴歸模型的比較。在模型中，應變數為街道中每個工作日平均步行交通量的對數，自變數包含控制變數及 9 個建築環境的測量指標，如表 2-4 所示。研究結果表明，步行與建築環境之間的關係因距離地鐵站的遠近而不同，特別是在距離地鐵站 400m 處，步行交通量與建築環境因素的關係存在較大差異。步行交通量與道路寬度的關係在地鐵站附近地區 (0-400m) 為正，但在距離地鐵站 800m 以上的地區為負，說明地鐵站附近的行人往往喜歡在較寬的街道上行走，而在離地鐵站較遠的地區則喜歡較窄的街道。在鄰里層面，土地使用的密度和多樣性是步行最顯著的相關因素。在街道層面，交通便利性、街道連通性、土地使用的密度和多樣性等因素對步行有顯著影響。

表 2- 4 迴歸模式中所使用的變數

	變數	單位
應變數	每個工作日平均步行交通量（對數）	人數
控制變數	最近的地鐵站之平均每日載客量（對數）	人數
	到最近的地鐵站之距離（對數）	公尺
街道層面建築環境指標	人行道寬度（對數）	公尺
	人行道坡度	是(1)／否 (0)
	道路寬度	車道數
	公車站牌的可用性	是(1)／否 (0)
	行人穿越道的可用性	是(1)／否 (0)
	該區段上鄰里的平均建築層數	建築層數
	該區段住宅樓地板面積佔比	%
鄰里層面建築環境指標	鄰里建築的平均數量	建築數量
	住宅建築面積佔比	%

資料來源：Kim *et al.* (2017)

Kang (2018) 在已知的行人環境的密度、多樣性、設計、目的地可及性和過境距離等方面會影響行人行為的基礎上，通過捕獲步行者環境的空間可及性和中

心性，得知了街道配置與步行環境如何影響行人的流動性，並提出了一個名為「S + 5Ds」的新模型。利用多層次迴歸模型，於韓國首爾驗證了到達主要目的地（如社區零售店、學校、文化設施以及沿本地街道網絡的可用大中運輸）較高的可及性對步行量的正向影響，而步行環境空間可及性的影響，會隨著多個街區尺度的不同而不同。模型中，應變數為首爾市政府調查之平日和周六的每日平均行人流量，自變數為行人環境（密度、多樣性、設計、目的地可及性和過境距離）、街道環境、人口普查區的土地使用特徵與交叉口密度、地點屬性。

Ozbil *et al.* (2019) 利用多元迴歸分析探討了街道設計、街道環境、街道網絡配置、城市網絡的空間結構和土地使用模式的質量與周邊社區行人流量的相對關係。在土耳其伊斯坦堡進行實證研究，街道設計屬性和土地使用是通過實地調查獲得的，而街道路網配置則是通過空間綜合測量來評估的。結果表明，街道連通性與區域內行人密度的分佈顯著相關。這表明，即使在控制了土地使用和街道級設計屬性之後，街道佈局仍在城市裡，行人運動密度分佈的方式中起著重要作用。街道網絡的整體空間配置與步行的相關性，比局部街道層面的屬性更強，而在街道景觀測量中，只有平均人行道寬度與步行有顯著的相關性。然而，流量分佈中最顯著和最一致的相關性是街區的休閒用地使用數量，這表明公共開放空間（例如遊樂場、公園）是步行的重要關聯。

Liu *et al.* (2020) 為了確定街道規模的建築環境中，哪些屬性與行人/騎自行車者相關，並提高步行能力/騎自行車的能力，研究報告了敘述性選擇實驗的結果，其中系統地改變了八個建築環境屬性：路段長度、街道兩旁的平均建築層數、街道上的零售商店、行人/騎自行車者的穿越設施、人行道/自行車道的寬度、街道綠化、路燈的密度以及行人/騎自行車者的擁擠程度，並考慮了性別與年齡，以了解他們對地鐵站附近路段選擇和偏好的影響。作者從中國天津招募了 803 位受訪者，以通過路邊面對面訪談來完成敘述性選擇實驗，接著，透過多項羅吉特模型 (MNL)，來分析行人/騎自行車者的偏好。結果表明，行人和騎自行車者對 100 m 至 200 m 的路段長度、建築物低於 6 層的路段、街道上的零售商店佔 50％、綠化帶、15 m 至 30 m 之間的路燈間距、更多的穿越設施、較寬的人行道/自行車道且不擁擠的路段，具有相似的偏好。這些重要的建築環境屬性，可用於地鐵站周圍具有步行/騎行友好建築環境的城市設計項目中。

本小節所參考之文獻彙整如表 2- 5 所示。

表 2-5 建成環境與人行道之關聯文獻彙整表

作者(年份)	研究坊法	研究地點	建築環境變數	應變數	自變數
Pulugurtha and Repaka (2008)	多元迴歸模型	美國 夏洛特	土地使用特徵 網絡特徵 公車站數量	行人流量	人口特徵 社會經濟特徵 土地使用特徵 網絡特徵 公車站數量
Miranda-Moreno and Fernandes (2011)	多元迴歸模型	加拿大 蒙特婁	土地使用 公共運輸 路網特徵	行人流量	土地使用 人口統計 公共運輸 路網特徵 天氣狀況
Schneider et al. (2012)	對數線性迴歸模型	美國 舊金山	土地利用 交通系統	行人流量	土地利用 交通系統 當地環境 社會經濟特徵
Sung *et al.* (2015)	多元迴歸模型	韓國首爾	土地使用密度 土地混合使用	行人流量	街道的物理環境措施 當前的土地分區
Kang (2015)	多層次迴歸模型(MLM)	韓國首爾	土地使用的可及性和集中度	平日和周六的每日平均行人流量	四個土地使用可及性指標 街道狀況 人口普查區的土地使用和交通屬性 調查地點的位置和交通特徵 人口普查區的社會經濟特徵
Dhanani *et al.* (2017)	泊松迴歸	英國倫敦	土地使用特徵 街道網絡結構 交通便利性 居住人口密度	行人密度	多樣性與公平性強度 多樣性與公平性 強度 人口密度 住址密度 靠近觀測點中心 2000 m 公車、鐵路和地鐵的綜合可及性 公車的可及性 鐵路和地鐵的可及性
Kim *et al.* (2017)	OLS 迴歸模型	韓國首爾	街道層面 鄰里層面	每個工作日平均步行交通量	最近的地鐵站平均每日載客量 到最近的地鐵站之距離 人行道寬度 人行道坡度 道路寬度

作者(年份)	研究坊法	研究地點	建築環境變數	應變數	自變數
					公車站牌的可用性 行人穿越道的可用性 該區段上鄰里的平均建築層數 該區段住宅樓地板面積佔比 鄰里建築的平均數量 住宅建築面積佔比
Kang (2018)	多層次迴歸模型(MLM)	韓國首爾	行人環境 街道環境 土地使用特徵與交叉口密度 地點屬性	平日和周六的每日平均行人流量	行人環境 街道環境 人口普查區的土地使用平衡與交叉口密度 地點屬性
Ozbil *et al.* (2019)	多元迴歸分析	土耳其伊斯坦堡	街道設計 街道環境 街道網絡配置 城市網絡的空間結構 土地使用模式	行人流量	人口和行人密度 街道設計 街道環境 街道網絡配置 城市網絡的空間結構 土地使用模式
Liu *et al.* (2020)	多項羅吉特模型 (MNL)	中國天津	路段長度 街道兩旁的平均建築層數 街道上的零售商店 穿越設施 人行道/自行車道的寬度 街道綠化 路燈的密度	行人/騎自行車者對地鐵站附近路段選擇的偏好	路段長度 街道兩旁的平均建築層數 街道上的零售商店 行人/騎自行車者的穿越設施 人行道/自行車道的寬度 街道綠化 路燈的密度 行人/騎自行車者的擁擠程度 年齡 性別

2.3 人行道之評估指標與服務水準

本研究將從較早期專家學者對人行道提出之看法做回顧，依照時間循序漸進，看國內外專家學者對於人行道應具備之基本功能的看法是否相同，並依序列出專家學者對於人行道環境之重要指標及因子的看法。

對於人行道其必需之基本功能，依照 Fruin (1987) 在“Pedestrian Planning and Desig”一書中提出步行規劃的七項目標：

1. 步行安全性(Pedestrian Safety)：人行道的步行安全達成方式基本上可透過人車分離（平面分離、垂直分離、時間分離）、安全設計（路面止滑、耐壓等）等方式達成。
2. 步行保安性(Pedestrian Security)：人行道應提供行人安穩的步行空間，如夜間照明、路口的安全視距及避免死角空間的形成等。
3. 步行便利性(Pedestrian Convenience)：除步行外，人行道應考慮行人停留及活動的空間，並提供足夠的設施，維繫使用者的方便性。
4. 步行連續性(Pedestrian Continuity)：鄰近地區人行設施應儘量維繫高程、設計元素、色彩、質感等連續性。
5. 步行舒適性(Pedestrian Comfort)：人行道以提供舒適的外部環境、考慮行人的安全，並以無障礙環境設計為原則。為避免長距離步行者可能產生不適，應適當設置休息區並設置座椅，且休息區應與主要人行道道區隔。
6. 系統一致性(System Coherence)：人行道相關設施使用及操作方式應儘可能統一，避免使用者因位置改變需重新熟悉使用方式。
7. 吸引力(Attractiveness)：人行道之鋪面、植栽、街道傢俱（包含休憩座椅、標示系統、垃圾桶、花台及燈具等）的型式風格、顏色及材質應與周圍環境景觀配合，且應儘量選具當地特色之元素。

其為後續人行道之規劃設計奠定了基礎，我國內政部營建署「市區道路人行道設計手冊」及「都市人本交通規劃設計手冊」亦將此七項目標作為人行道之規劃設計目標。

林文雄(1991) 使用群體決策層級分析法，提出「完善之人行道系統」應至少具備下列五項基本功能：

1. 舒適性：對天候變化具有充分的應變能力，以及足以增加行人舒適感之設計。
2. 方便性：考慮步行者的起訖點及步行距離，並以簡明之方向指引設施將行人的起訖點與步道作有效連接，提高人行道系統之可及性。
3. 安全與保安性：提供人車分離的徒步空間及合理的穿越方式。此外，應考慮照明設備、通視狀況等維護行人人身安全之設施。
4. 美觀性：行人道應考慮對美感的需求。
5. 通行有效性：人行道之有效寬度指人行道總寬減去障礙物寬。另外對身障者之通行更應注意其有效性。

從整體的人行系統來看，陳敦基(1993) 認為人行系統為都市設施的基本要素，於「都市行人系統規劃與設計方法之探討」研究中，以都市開發及規劃面向考慮，提出人行系統之規劃，應該秉持下列五大理念：

1. 交通基本功能之賦予：可及性與易行性。
2. 人性訴求系統之設計：舒適性、便利性、安全性。
3. 系統連接介面之整合：一致性與連續性。
4. 無障礙環境之功能應與都市空間配置協調。
5. 景觀之問題。

Khisty(1995) 提出了行人服務設施的多目標評估概念。利用行人在使用行人設施時的主觀感受，建立七項評估績效指標，分別為：服務設施吸引性(Attractiveness)、服務設施舒適性(Comfort)、服務設施便利性(Convenience)、服務設施安全性(Safety)、服務設施保安性(Security)、服務設施系統共存性(System Coherence)、服務設施系統連續性(System Continuity)。

黎韋利(1999) 同樣以主觀感受切入研究，利用模糊德爾菲法分析，探討不同社經地位屬性的行人對於人行道服務水準的感受，其結果發現「人行道總寬度」與「障礙物比例」兩項指標最為明顯，同時也得知，人行道寬度必須超過 3 公尺以上，才能讓使用者開始感覺到很滿意。該研究所提出完善的人行道之基本功能應包含下列五項：

1. 舒適性：應對天候變化具有充分的應變能力，及能感受舒適之設施。
2. 方便性：考慮步行起訖點及距離，應能提高步行之可及性。
3. 安全性：提供及保障行人之安全，如：林蔭步道、陸橋或地下道、行人號誌等。
4. 保安性：街道型態與活動頻率，應考慮照明與通視性。
5. 經濟性：應設置合理之服務水準，藉以減少步行延滯所造成的不經濟，同時藉由人行環境提高經濟價值。

林上閔(1997) 於「都市商業區行人對步道類型選擇偏好之研究」中，提出舒適程度，如平坦程度、鋪面品質完好程度、衛生條件、公共設施設置的多寡、無障礙設施的有無；視覺上的綠化及步道景觀；活動性功能，如市民活動發生的頻率；環境因素，含噪音、空氣汙染等，都應列入都市商業區步道屬性的考量。

石豐宇與張凌偉(2002) 根據「台北市交通改善績效評估指標調查」中所列舉人行道服務品質評估項目，包括舒適性、方便性、安全與保安性、美觀性、通行有效性等五項。舒適性考量遮簷設施與平整度；方便性考量服務設施、導引設施、

連續性；安全與保安性考量人車分離設施、照明設備、通視狀況；美觀性考量綠化程度、衛生條件、鋪面狀況；通行有效性考量人行道有效寬、無障礙設施。該研究並提出質化指標與環境因素評估準則，以綜合評點評定行人設施服務水準。

趙晉緯(2003) 使用模糊德爾菲法以及折衷權重法，以大眾捷運站附近之步行空間做為研究範圍，探討人行空間的空間品質指標，該研究認為一般的人行空間評估指標，多著重於人行空間「效率」之評估，對於「品質」、「公平」的討論較少，且一般針對人行空間品質的評估，多只考慮單一面向之問題，少有綜合性完整之評估；因此試從人行空間的交通功能性討論「效率」的問題，從使用親和性討論「品質」的問題，從社會永續性討論「公平」的問題，欲建立一套易於評估與應用的人行空間評估模式。其所彙整之評估標的包含：

1. 通行可行性：包括人行道路連續程度及有效寬度。
2. 通行安全性：包括人車衝突程度、人行道路面鋪面品質、照明程度及通視狀況。
3. 通行流暢性：包括動線障礙程度及障礙物比例。
4. 空間防災性：包括緊急危難通行機率及鄰近避難空間距離。
5. 使用舒適性：包括可休憩空間、天候防護程度及綠美化程度。
6. 使用可親近性：包括連結鄰近服務性設施及鄰近服務性設施數量。
7. 使用簡易性：包括導引指示系統、指示標誌系統及景觀秩序性。
8. 平等使用：包括人行道路比例及人行道路與人口分佈比。
9. 適當設施：包括阻絕性設施比例及最小使用風險。
10. 少量負擔：包括無障礙設施數量及比例。

根據交通部運輸研究所(2011) 在「臺灣地區公路容量手冊」中指出，度量人行空間服務水準常用的績效指標為速率、運行時間、操作的自由度(Freedom to Maneuver)，交通流阻滯、舒適、便利性及安全性。而行人流常用的度量指標除了與車流相似的如選擇速率和超越他人的自由度之外，還有一些專屬於行人的度量指標，如：

1. 穿越行人流的難易度（或超越慢行者的可能性）。
2. 與主要行人流反向行走的能力。
3. 不必改變步行速率或步伐，且不與他人產生衝突的行走能力。
4. 舒適感：如行人遮蔭設施，保護行人免受風吹日曬雨打。
5. 便利性：如步行設施的行走距離、步道的可及性、坡度等影響行人行走方便性之要素。
6. 安全性(safety)：如人車分離的設施或號誌控制設施等。

7. 保安性(security)：如照明設備、通視程度等。
8. 經濟性：如避免因延滯而造成使用者成本提高。

而 TRB (2016) 於「美國公路容量手冊」內制定的也與臺灣大同小異，其指出人行道服務水準應考慮：

1. 舒適性：指行人交通設施是否有遮蔽設施保護行人免受風吹日曬。
2. 方便性：考慮步行者的起迄點和步行距離。
3. 安全性：人車分離措施及號誌設施等。
4. 保安性：照明設備及其維護安全之設施。
5. 美觀性：人行空間之美感是否符合人性需求。

內政部營建署(2019) 之「市區道路人行環境無障礙考評計畫」中所考量的評估指標及準則包含：

1. 暢行性：包括人行道人行空間淨寬、阻礙情況、無障礙設施及人行道人行空間淨高。
2. 舒適性：包括整潔維護及整體感受。
3. 安全性：包括全盲評級、鋪面狀況、行人防護設施建置及維護狀況、人行道上設置排水溝清掃孔及路口安全。
4. 使用性：包括使用需求及串連性。

Aghaabbasi *et al.* (2017) 開發一種利用微觀尺度因素評估街區人行道的評估工具 (neighbourhood's sidewalk assessment tool, NSAT) 。該工具以問卷的形式開發，用於評估街區內的人行道狀況，根據行人環境評估工具（審核和問卷調查）和人行道設計指南，確定了 18 個相關因素（休息區、繫纜柱、飲水機、景觀和樹木、廁所、垃圾桶、天橋旁的電梯、車道、坡度、材料/表面、人行道的有效寬度、路緣坡道、坡道、觸覺路面、標誌、號誌、照明和清潔度）。所提出的工具已經在馬來西亞柔佛州新山地區的三個街區進行了測試，以街區的形成早晚分為年輕街區、中年街區與老年街區，分別進行調查。研究使用內部一致性來測試所提出工具之測量項目的可靠性，使用 Cronbach's α 評估工具的內部一致性。這些調查中的人行道因素都顯示出中等到高度的可靠性。接著利用 T 檢定及 ANOVA 分析結果，結果顯示年輕街區的 NSAT%為 41.60，人行道狀況為 C 級，這意味著該街區的人行道狀況尚可，但需要進行一些改進。中年級老年街區的 NSAT%分別為 35.43 和 39.28，因此，這些街區的人行道級別為 D，這表明人行道狀況不佳，需要改進的地方很多。研究結果表明，該工具能夠識別附近人行道的缺失，也有高度的可靠性。

Macdonald *et al.* (2018) 提出一種針對都市街道行人服務質量的標準化評估工具，以評估行人導向的街道特徵和功能。研究認為，評估系統應提供街區段 (block segment) 的 A-F 評級，且應考慮周圍環境。因此，各個街區段評估來自三種評估的加權組合：街區段的物理特徵（包括街道的兩側和兩端的交叉路口）、相鄰的街區段特徵（對於連接到主街區段任一端相交處的所有街區段，通常為六個街區段）與鄰里規模因素（街區段 400m 半徑內的城市結構），並透過八項核心標準進行評估。該研究所提出的評估系統是 (1)對環境敏感的、(2)對容量敏感的、(3)考慮了微觀設計因素、(4)可以在專業規劃實踐環境中使用，並且(5)具有內部靈活性。研究發現，將步行作為交通方式的人口比例取決於步行環境的物理特徵(即街道規模特徵)和周邊地區土地使用混合的程度(即鄰里規模便利設施)，這會影響步行距離內有多少個不同的目的地。單獨考慮單個街區段會導致評估無法真實地描繪出整體步行的質量，因此，街區段的等級在某種程度上應考慮相鄰街區段的質量，更廣泛地考慮其周圍可步行距離內的鄰里關係。

Asadi-Shekari et al. (2019) 提出一種新的 PLOS 模型，過審查設計指南、文獻回顧和專家訪談確定了 14 個步行指標（包括路緣坡道、繫纜柱、車道、坡度、觸覺路面、人行道寬、表面材料、照明、景觀、休息區、廁所、垃圾桶、飲水機與電梯），重點在關注這些指標對包容性行人友善型街道的重要性。透過問卷調查得到每個指標的重要性級別。使用探索性因素分析 (EFA) 中的主軸因素分析 (PAF) 對這些指標進行評估，以尋找潛在的模式。旋轉因子矩陣的結果，KMO 值 (0.875) 和 Cronbach's alpha 值 (0.848) 處於可接受水平。14 項指標共分到三個因素上：主要設施、鼓勵設施和便利設施。接著，使用驗證性因素分析 (CFA) 與二階驗證性因素分析 (SOCFA) 確定變量之間的關係。結果表明，「主要設施」與包容性步行便利街道的關聯性最高，其次是「便利設施」和「鼓勵設施」。所提出的 PLOS 可以用來確定需要進一步改善的行人設施。Setia Tropika 主要設施的 PLOS 等級為 C。便利設施的等級相同，但對於鼓勵設施的 PLOS 等級為 D。這表明該街道上重要鼓勵設施（如照明和休息區）不足，而主要設施和便利設施也需要一定的改善。

Bivina et al. (2019) 在微觀尺度下，探討行人對前往地鐵站過程的環境滿意度。以印度德里地鐵為例，對 600 位步行進入地鐵站的居民進行個人訪談，並使用 ArcGIS 計算每個地鐵站周圍 800m 內的人口密度和就業密度。研究採兩階段分析，第一階段對各種設計指南、印度人的步行能力研究與先前的人行道評估工具進行回顧；在第二階段，對 50 名行人進行了前測，以瞭解有關影響地鐵站步行可及性因素的優先順序。通過分析問卷來衡量各種因素的重要性，最終得出 20 個指標（包括人行道的質量、人行道寬度、人行道阻塞、人行道實體區隔、身障

人士設施、行人設施、遮蔭、整潔、人行道不連續、綠化與景觀、有行穿線、交通標誌和號誌的可用性、路燈的可用性、閉路電視攝像機的存在、晚上有警察巡邏、車輛速度、車流量、護欄的存在、障礙物侵占人行道和緩衝區的存在）。應用結構方程模型(SEM)探索環境因素，與步行前往地鐵站的行人滿意度之間的潛在關係。在探索性因素分析(EFA)中，將指標分類到四個因素上：機動性和基礎設施、舒適度和便利性、安全性與交通。接著，通過驗證性因素分析(CFA)，從中提取了 14 個影響步行可及性的參數，並開發最終模型。模型的分析結果表明，所獲得的四個潛在外生變量（EFA 的四個因素）對步行可及性具有很強的正向影響，其中「安全性」具有最大的正向影響(γ= 0.34)，而「交通」變量的影響最小(γ= 0.23)。安全性變量增加一單位，會導致車站的步行可及性增加 0.34 單位(γ= 0.34，$p < 0.001$)。這些結果顯示，安全性的提高會影響步行到車站的滿意度。

D'Orso and Migliore (2020) 研究的目的是開發一種可以通過創建有關行人路網特徵的數據庫，作為火車站附近人行道的步行性和質量的評估方法。通過文獻回顧考慮了 13 個指標（包括人行道坡度、行人 LOS、表面劣化、街道傢俱、遮擋雨和陽光的遮蔽物、綠色空間、商店、建築環境土地混合使用和城市設計、路燈、交通量和車速、區隔行人和車輛的障礙、十字路口的交通控制信號與車道）來評估步行性，並將指標分為三個因素：實用性、安全性及愉悅感。透過所提出的方法評估三個因素（實用性、愉悅感和安全性）中每個因素的得分，並應用權重獲得每個路線的質量指標。然後將數據導入 PostgreSQL 數據庫中，透過表聯合，將這些數據與每個路徑的地理數據連接起來，並在 QGIS 中構建有關行人路網質量的圖。該方法是使用 GIS 環境開發的，可生成易於理解並立即產生影響的主題地圖。這種方法的優點是幫助決策者確定需要改善步行性的區域，並了解存在最嚴重情況的地方，這些情況限制了行人的可及性。然而，缺點是所應用的數據取得和評分程序相當耗時，而且，僅通過檢查分配給各個人行道的得分數據庫，而不進行進一步調查的話，可能無法立即看出質量指標和優先級指標的含義。

Vallejo-Borda *et al.* (2020) 提出一種認知圖，使人們能夠基於感知，來理解和解釋給定基礎設施在步行時的人行道 QoS。研究通過文獻回顧和專家訪談確定了 31 項指標（人行道的寬度、狀況、街道傢俱、樹木、大眾運輸通道、標誌、道路寬度、車道數、重車(HGV)車流量、車速、噪音、天氣、照明、氣味、環境、整潔、景觀、自行車流量、自行車車速、同向流量、反向流量、安全、人行道安全、道路交通安全、廁所、商店、遮蔭、行人離我很遠、感到壓迫、行人太多、我寧願不走這），並在哥倫比亞波哥大的 30 個地點，對 1056 位民眾進行行人感知的問卷調查。問卷以 10 點李克特量表對總體感知的人行道 QoS 進行了詢問。在探索性因素分析(EFA)的基礎上，通過結構方程建模開發了概念模型。研究發現了七個潛在變量 (Latent Variables, LVs)（即，人行道的特徵、外部性、周圍環境、不適感、自行車干擾、保護和便利設施）的相互關聯，形成了行人的認知圖。模式最終結果如圖 2-1 所示。研究結果表明，行人對人行道特徵的感知與改善感

知的 QoS 最相關，因此，在改善都市人行道時，必須優先提高人行道特徵的感知質量（即寬度、狀況、家具、樹木、大眾運輸通道和指標）。對產生最大負面影響的 LV－外部性，可以兩種不同方式改善，首先，通過改善行人對其設施（洗手間、商店和遮陽棚）的感知；其次，通過為非活動車輛設計較少空間的通行權（較低的車輛道路寬度和車道數量）、調節 HGV 流量、車輛速度和噪音，從而減輕此 LV 的負面影響。

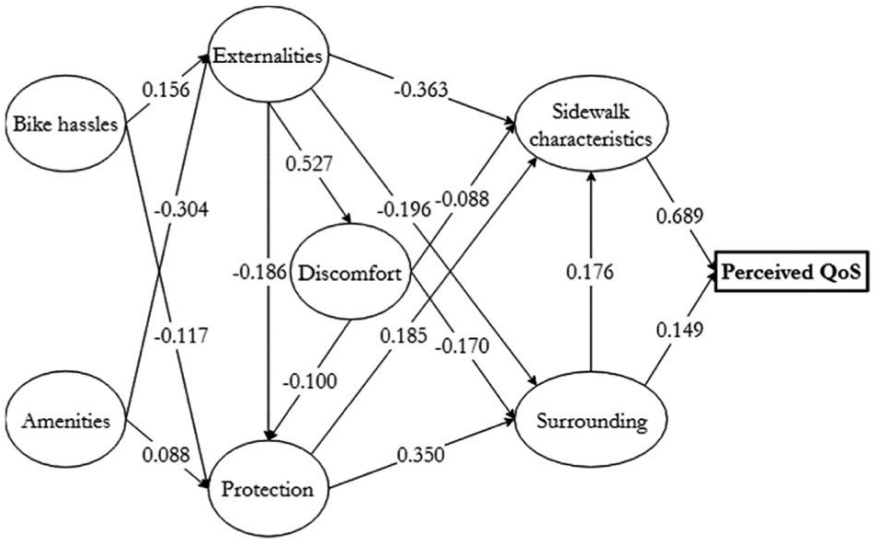


圖 2- 1 QoS 最終模型

資料來源：Vallejo-Borda *et al.* (2020)

本小節所參考之文獻彙整如表 2- 6 所示。

表 2- 6 人行道之評估指標與服務水準文獻彙整表

作者(年份)	研究主題	評估指標與因素
Fruin(1987)	人行道應具備之基本功能	步行安全性、步行保安性、步行便利性、步行連續性、步行舒適性、系統一致性、吸引力
林文雄(1991)	完善之人行道系統	舒適性、方便性、安全與保安性、美觀性、通行有效性
陳敦基(1993)	都市行人系統規劃與設計方法之探討	可及性與易行性、舒適性、便利性、安全性、一致性、連續性、無障礙環境、景觀
Khisty(1995)	建立行人設施之績效評估指標	吸引性、舒適性、便利性、安全性、保安性、系統共存性、系統連續性
黎韋利(1999)	人行道應具備之基本功能	舒適性、方便性、安全與保安性、經濟性
林上閔(1997)	都市商業區步道之屬性	舒適程度、綠化及步道景觀、活動性功能、環境因素
石豐宇與張凌偉(2002)	台北市行人設施易行性改善績效之評估指標	舒適性、方便性、安全與保安性、美觀性、通行有效性

趙晉緯(2003)	人行空間評估指標	通行可行性、通行安全性、通行流暢性、空間防災性、使用舒適性、使用可親近性、使用簡易性、平等使用、適當設施、少量負擔
交通部運輸研究所(2011)	行人交通設施服務水準度量指標	穿越行人流的難易度、與主要行人流反向行走的能力、不必改變步行速率或步伐、舒適感、便利性、安全性、保安性、經濟性
TRB(2016)	行人服務水準考慮因子	舒適性、方便性、安全性、保安性、美觀性
營建署(2019)	市區道路人行環境無障礙考評計畫	暢行性、舒適性、安全性、使用性
Asadi-Shekari et al. (2019)	探索評估城市街道上包容性步行設施的有效微觀項目	主要設施、鼓勵設施和便利設施
Bivina et al. (2019)	微觀環境因素對地鐵站步行知覺的影響	機動性和基礎設施、舒適度和便利性、安全性與交通
D'Orso and Migliore (2020)	基於GIS評估行人環境的步行能力和優先投資的方法	實用性、安全性、愉悅感
Vallejo-Borda *et al.* (2020)	基於感知的都市人行道感知服務質量認知圖	人行道的特徵、外部性、周圍環境、不適感、自行車干擾、保護、便利設施

2.4 小結

經上述文獻回顧，瞭解到行人流量是衡量城市步行能力和活力的重要指標，因此，不同街道的步行量資訊對於創建健康的、以步行為導向的城市是不可或缺的。傳統的行人流量數據都是通過實地觀察以進行採集，這在方法上有很多局限性，如耗費人力、時間以及效率低下等。為解決此問題，發展出許多替代方法與技術，如機器學習、LiDAR 等，透過這些方法與技術所得出的行人流量與實際行人流量相比均達到良好的關聯性與準確度。

在研究建成環境與人行道之關聯性時，常用的模式有多元迴歸分析(OLS) (Pulugurtha and Repaka, 2008; Miranda-Moreno and Fernandes, 2011; Schneider et al., 2012; Sung, 2015; Kim, 2017; Ozbil, 2019) 與多階層迴歸(MLM) (Kang, 2018; Kang, 2015)；多數文獻採用行人流量作為應變數 (Pulugurtha and Repaka, 2008; Miranda-Moreno and Fernandes, 2011; Schneider et al., 2012; Sung , 2015; Kang, 2015; Kim, 2017; Kang, 2018; Ozbil, 2019)，自變數則均有考慮土地使用、公共運輸使用、社會經濟特徵。透過文獻回顧可以知道，步行與建成環境之間的顯著關聯已經被許多研究所證實，不管是在街道層面或是鄰里層面，土地的使用特徵都影響著行人的活動，大至城市網絡、土地使用密度與多樣性，小至街道長度、路燈密度，都對步行有顯著影響。

近來為顧及行人對人行道設施的主觀認知，人行道服務水準多以行人為主體，從行人對設施狀況之感受、滿意度或使用意願進行評估，甚至是社會經濟層面切入，重新檢討行人設施與人行空間規劃，然而，本研究認為亦應考量流量、密度、速率等易於量化之指標，作為衡量人行道服務水準的依據。透過文獻回顧可以得知，無論是從運輸系統功能或都市規劃的設施供給面角度，抑或是從行人需求面探究其所偏好或注重之功能，結果均顯示行人道應具備之屬性、功能指標，大多均著重安全性、便利性、舒適性與景觀環境。

第三章 模式構建

延續本研究的研究流程與內容，及現有文獻之回顧，確定本研究未來發展擬採用之研究方法為多元線性迴歸分析、倒傳遞類神經網路與分析階層程序法，將於此章節敘述研究方法及模式之構建。內容共分為兩個小節，3.1 小節簡介線性迴歸分析方法與倒傳遞類神經網路，構建行人流量分析與推估模式，並說明各變數定義；3.2 小節簡介分析階層程序法，並構建人行道服務水準評估架構。

本研究之架構可分為三大部分，分別為「行人流量分析模式」、「行人流量推估模式」與「模式應用」。首先針對國內外行人流量蒐集技術、建成環境與人行道之關聯性等相關研究，進行回顧與整理，使對基礎行人流量及其影響因素有所認知，探究文獻內之理論及意涵，並瞭解目前學術於該議題上之發展情形，加以綜合歸納文獻所採用的研究方法及變數選擇，以作為本研究之理論基礎、研究方法與變數選擇之參考依據。

在行人流量分析模式方面，本研究欲利用多元線性迴歸分析，找出具統計顯著與解釋程度大的變數與係數，以瞭解影響行人流量之關鍵因素，並進行影響因素分析。迴歸分析之應變數 Y_i 為行人流量；自變數 X_i 為人行道供給變數、建成環境變數及社經環境變數。在行人流量推估模式方面，本研究先利用前述分析模式找出顯著影響行人流量之變數，透過迴歸模式與倒傳遞類神經網路建構行人流量推估模式，藉以推估出其他地區之行人流量。接著，透過 k-fold 交叉驗證對兩個模式進行驗證及比較，以檢視模式之預測績效。

在模式應用方面，為了展示推估模型的適用性，本研究彙整人行道之評估指標與服務水準文獻，進行指標與準則歸納，並比對營建署－市區道路人行安全地理資訊系統中所提供之資料，通過使用分析階層程序法並訪談專家學者，建立一人行道服務水準評估架構，藉由實例應用，推估行人流量並計算人行道服務水準評分，最後提出人行道的改善優先順序。研究架構圖如圖 3-1。

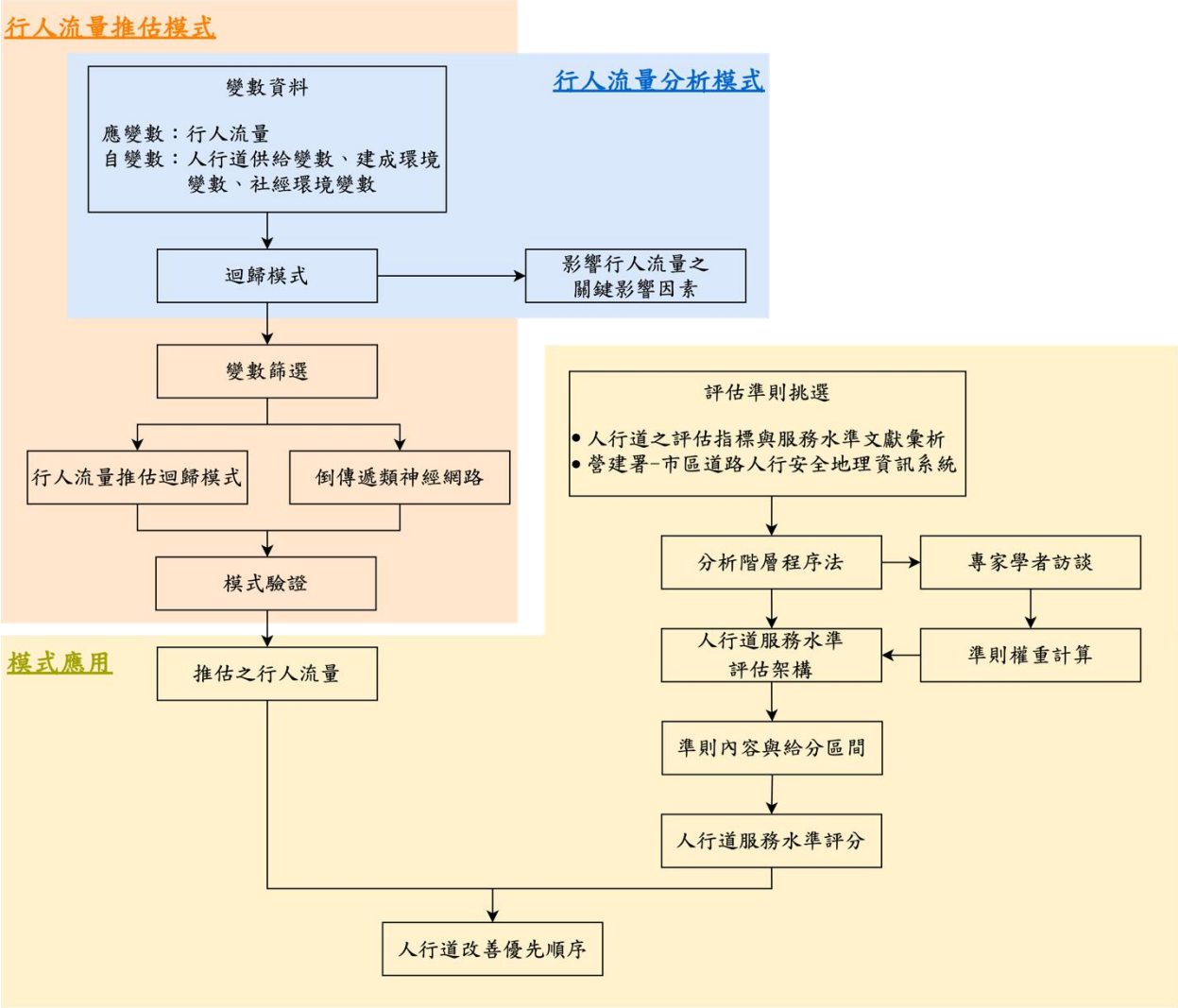


圖 3- 1 研究架構圖

3.1 行人流量分析與推估模式

本研究欲利用迴歸模式找出顯著影響行人流量之變數，進行關鍵影響因素分析，接著將所篩選出的變數，透過迴歸模式及倒傳遞類神經網路建構行人流量推估模式，藉以推估出一地之行人流量。

3.1.1 迴歸分析

線性迴歸分析(Linear Regression Analysis)方法為計量經濟最常見的方法之一，主要探討兩個或兩個以上自變數(independent variable)對應變數(dependent variable)之影響，目的為了解兩種變數之間的關係，利用迴歸分析可以理解此關係之強度，解釋關係具有統計顯著性與否，並且可用來預測應變數。線性迴歸分析可分為以下兩種：

1. 簡單線性迴歸分析(Simple Linear Regression)

應變數只有受單一自變數影響的情形稱為簡單線性迴歸，其模型可以用公式(3-1)表示：

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \varepsilon \tag{3-1}$$

其中，β_0 為 y 在 $x=0$ 的期望值； β_1 稱為迴歸係數(regression coefficients)；ε 為隨機誤差項(random error)。

2. 多元線性迴歸分析(Multiple Regression Model)

影響應變數的因子大於一個以上的情形稱為多元線性迴歸，其模型可以用公式(3-2)表示：

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_m x_{im} + \varepsilon \tag{3-2}$$

其中 y_i 表示自變數中第 I 個觀測值；x_{ik} 表示第 k 個自變數中第 I 個觀測值，而上述兩個模型並非萬能，必須滿足以下假設前提與應用限制：

（1）自變數係數之正負號與顯著性符合先驗知識
（2）無線性重合問題
（3）誤差項變異數為同質性
（4）無自我相關
（5）誤差項符合常態分配，平均值數 0，變異數為 σ^2 之 N(0,σ^2)

估計迴歸式參數的方法有兩種，一是最小平方法(Ordinary Least Square, OLS)，另一為最大概似法(Maximum Likelihood Estimation, MLE)。最小平方法較常使用，其目的是要找出係數數值使誤差平方合(error sum of squares, ESS)為最小，如式(3-3)，其中 ε^T 為 ε 之轉置矩陣。

$$\text{Min ESS} = \varepsilon^T \cdot \varepsilon = (Y - X\beta)^T \cdot (Y - X\beta) \tag{3-3}$$

將式(3-3)對 β 偏微分，即得到迴歸係數 β 之估計值 $\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$，其中，$X^T$ 為 X 之轉置矩陣。

影響本研究應變數的因子大於一個，因此採用多元線性迴歸分析方法進行後續模式構建與分析。

- **行人流量推估迴歸模式構建**

本研究欲利用多元線性迴歸分析建立行人流量推估模式，找出具統計顯著與解釋程度大的變數與係數，並進行影響因素分析。經檢定後，以留下之顯著變數建立一人行道之行人流量推估模式，迴歸分析之應變數 Y_i 為行人流量；自變數 X_i 為人行道供給變數、建成環境變數及社經環境變數，各項變數說明如下：

（一） 行人流量

行人流量為本研究迴歸模式之應變數，係指尖峰小時內通過行人量計算基準線的人數（單位：人/小時）。

（二） 人行道供給變數

人行道的建置規劃與改善需考量行人流量多寡，若該路段行人流量過大，但人行道不足以負荷，會造成擁擠與延滯問題，因此本研究將人行道供給做為解釋變數，以分析行人流量之變化，並根據文獻回顧與營建署之公開資料，歸納出以下人行道供給變數，各變數詳述如下：

1. 人行道淨寬

人行道淨寬係指人行道上可步行之寬度，為人行道總寬度扣除所有公共設施帶寬度。人行道的總寬度可能很足夠，但上面若有其他公共設施或植栽造景等，會讓可行走的寬度減少，影響到行人通行；且根據市區道路人行道設計規定，人行道淨寬以可供二人並肩舒適行走為原則，不得小於 1.5 公尺，故本研究蒐集各路段人行道淨寬，作為分析行人流量的解釋變數，觀察影響行人流量的顯著程度，並預期帶來正向影響。

2. 人行道面積

人行道面積係指該路段之人行道總面積，為人行道總寬度乘以總長度。人行道面積越大，代表行人可通行的範圍越大，且通行能較順暢，能容納的行人也越多，因此將人行道面積作為行人流量推估模式之解釋變數，並預期帶來正向影響。

3. 人行道上設施物所佔面積

人行道上設施物所佔面積係指人行道上包含桿類（電力桿、電信桿、油桶、燈桿、號誌、標誌、消防栓、停車阻、站牌）、箱類（變電箱、路燈箱、號誌箱）、停車區（機車停車區、自行車架）、出入口（地下道出入口、天橋出入口、捷運站出入口）等固定設施物所佔面積。這些設施物會影響行人通行，讓人行道可行走面積變小，故本研究蒐集各路段人行道上設施物所佔面積，作為分析行人流量的解釋變數，觀察影響行人流量的顯著程度，並預期帶來負向影響。

4. 人行道照明

人行道照明係指人行道上是否有路燈；天色昏暗、視線不良時若人行道沒有路燈，會影響行人安全，降低該人行道使用意願，因此在都市地區為配合產業及人文活動，應加強人行道照明設施，以滿足可能的夜間使用需求。

5. 人行道遮蔭

人行道遮蔭係指人行道上是否有樹木；樹木不只可提供遮蔭納涼，也是突然下起滂沱大雨時的躲避或穿梭之處，故本研究將人行道遮蔭作為分析行人流量的解釋變數，觀察其影響行人流量的顯著程度，並預期帶來正向影響。

6. 無障礙設施

人行道無障礙設施係指該人行道之路緣斜坡數量。人行道為公共空間應提供給使用者公平的使用機會，特別是對行動不便者、幼童及高齡等使用者的需求考量，以符合通用設計的公平性、省力等原則，並使行動不便者在功能上能直接使用所有空間及設施，儘可能無需借助於他人的輔助，故本研究蒐集各路段人行道之路緣斜坡數量，作為分析行人流量的解釋變數，並預期帶來正向影響。

7. 人行道破損程度

人行道破損程度為人行道路面破損面積佔總面積之百分比，係指不同程度的損壞、破裂、下沉等情況。人行道路面若有坑洞、龜裂或凹凸不平，可能會使人不慎絆倒，影響行人安危，進而降低該人行道之使用意願，因此將人行道破損程度納入作為行人流量推估模式之解釋變數，觀察其影響行人流量的顯著程度，並預期帶來負向影響。

（三） 建成環境變數

本研究將建成環境變數分類為土地使用變數、附近重要地點(point of interests, POI)及公共運輸供給狀況，各類建成環境變數詳述如下：

1. 土地使用變數

根據建成環境與人行道之關連性參考文獻，土地使用資料為行人流量推估需考量之重要解釋變數，不同的土地使用分區狀況會導致不同的社會經濟活動，這些活動所產生的行人流量尖峰會發生在不同時間點，故利用土地使用資料作為行人流量之解釋變數，各類土地使用分區變數詳述如下：

(1) 總樓地板面積

總樓地板面積為所有土地使用類型面積之總和。土地使用變數中總樓地板面積反應該地區的發展程度，樓地板面積的改變會影響該地的活動發生，進而影響行人流量多寡，利用總樓地板面積可觀察該地的土地運用量與經濟活動，預期該變數會帶來正向影響。

(2) 住宅區樓地板面積比例

住宅區樓地板面積比例為住宅區樓地板面積佔總樓地板面積之比例。住宅區多寡影響民眾對人行道的需求，一般民眾早晨出門工作直到傍晚回家，因此住宅區行人流量尖峰明顯，可利用住宅區樓地板面積比例做為解釋變數，以建立行人流量推估模式，並預期帶來正向影響。

(3) 住商混合區樓地板面積比例

住商混合區樓地板面積比例為住商混合區樓地板面積佔總樓地板面積之比例。住商混合區除了有住宅區的特徵外，還有低度使用商業區的特徵，於上、下班時段或用餐時間人流量較大，對人行道的需求也較高，因此利用住商混合區樓地板面積比例作為分析行人流量的解釋變數，觀察影響人行道之行人流量的顯著程度，並預期帶來正向影響。

(4) 商業區樓地板面積比例

商業區樓地板面積比例為商業區樓地板面積佔總樓地板面積之比例。商業區容易出現工作或購物旅次，於上、下班時段或用餐時間人流量較大，對人行道的需求也較高，因此利用商業區樓地板面積比例作為分析行人流量的解釋變數，觀察影響人行道之行人流量的顯著程度，並預期帶來正向影響。

(5) 工業區樓地板面積比例

工業區樓地板面積比例為工業區樓地板面積佔總樓地板面積之比例。工業區多為工作旅次，行人流量經尖峰多集中於上、下班時段。本研究考量使用地面積與樓層數，計算工業區總樓地板面積比例，作為分析行人流量的解釋變數，觀察影響人行道之行人流量的顯著程度，但因工業區地廣人稀，通常只有工作旅次，因此預期帶來負向影響。

(6) 政府機關樓地板面積比例

政府機關樓地板面積比例為政府機關樓地板面積佔總樓地板面積之比例。由於臺北市與有較多中央行政機關辦公室，本研究考量各區政府機關樓地板面積作為土地使用解釋變數，但因政府機關通常只有工作與洽公旅次，因此預期帶來負向影響。

2. 附近重要地點(point of interests, POI)

若人行道附近有如學校、百貨公司、公園綠地等重要地點，會吸引較多人流前往，對周圍人行道之需求亦會增加，因此人行道附近重要地點為本研究行人流

量推估重要解釋變數之一，分為學校規模、百貨公司樓地板面積與公園綠地用地面積比例，詳述如下：

(1) 學校規模

學校規模係指各校學生總數。學校多為通學旅次，且學生因無駕照，在自主運輸上較弱勢，需仰賴家長接送或搭乘公共運輸。學校規模越大，於上下課時段人流量越多，對人行道的需求也越高，故本研究以路段中點為中心，蒐集半徑 500m 內的所有學校學生數，作為行人流量推估模式之參考變數，並預期帶來正向影響。

(2) 百貨公司樓地板面積

百貨公司樓地板面積係指各百貨公司所登記的總樓地板面積。百貨公司多為休閒或購物旅次，會吸引民眾前往，為一旅次吸引點，對周圍人行道之需求亦會較高，故本研究以路段中點為中心，蒐集半徑 500m 內的所有百貨公司樓地板面積，作為行人流量推估模式之參考變數，並預期帶來正向影響。

(3) 公園綠地用地面積比例

公園綠地用地面積比例為公園、廣場、綠地等用地面積佔總樓地板面積之比例。公園、廣場、綠地等用地會吸引民眾前往從事休閒娛樂、運動等，且民眾多以步行前往此類用地，可藉由各地公共設施用地面積作為附近重要地點之解釋變數，觀察影響人行道之行人流量的顯著程度，但因公園綠地用地面積較廣，且通常只有休閒旅次，因此預期帶來負向影響。

3. 公共運輸供給狀況

公共運輸系統與都市型態、人口數、土地使用相關，根據交通部 105 年運具次數交叉表，臺北市公共運輸市占率為 42.8%，公共運輸建設為全台最完善，因此公共運輸建設為本研究人行道之行人需求分析重要解釋變數之一。公共運輸又可細分為火車、捷運、公車、公共自行車四項，故本研究蒐集火車、捷運、公車及公共自行車之站點位置資料，作為公共運輸供給狀況之解釋變數，各解釋變數詳述如下：

(1) 是否有火車站

火車站可提供便捷交通服務，甚至進行跨縣市活動，通學、通勤與其他活動旅次較容易發生，若該地區車站數越多，吸引的人流也會越多，對周圍人行道之需求亦會越高，故以路段中點為中心，調查半徑 500m 內是否有火車站，觀察影響人行道之行人流量的顯著程度，並預期帶來正向影響。

(2) 是否有捷運站

捷運站可提供便捷交通服務，更容易往返其他地區進行活動，通學、通勤與其他活動旅次較容易發生，若該地區車站數越多，吸引的人流也會越多，對周圍人行道之需求亦會越高，故以路段中點為中心，調查半徑 500m 內是否有捷運站，觀察影響人行道之行人流量的顯著程度，並預期帶來正向影響。

(3) 公車站數

當市區公車各路線的站點及班次數越多，可提供較健全的路網規模，提高服務水準促使民眾搭乘，藉由使用公車以滿足各種活動旅次，且民眾多以步行前往搭乘公車，會提高對人行道之需求，故本研究以路段中點為中心，蒐集半徑 500m 內的公車站數量，作為行人流量推估模式之參考變數，並預期帶來正向影響。

(4) 公共自行車站數

公共自行車為短程接駁運輸工具，其兼具最後一哩路的運輸工具和休閒旅遊器材的雙重功能，使民眾能更自由的穿梭於城市間，且民眾多以步行前往騎乘公共自行車，會提高對人行道之需求，故本研究以路段中點為中心，蒐集半徑 500m 內的公共自行車站數，作為行人流量推估模式之參考變數，並預期帶來正向影響。

（四） 社經環境變數

根據文獻回顧，人口社會經濟資料為行人流量之重要解釋變數，若該區人口數眾多且社會經濟富庶繁榮，該區會促使較多經濟活動與休閒活動，進而影響行人流量多寡。本研究蒐集各人口社會經濟統計資料作為社經環境解釋變數，相關解釋變數介紹如下：

1. 人口數

人口數是指該地區內所有的人口數，人口數可代表該地區的特性，人口數越高的地方顯示該地區社經濟活動越頻繁，因活動需求周遭人行道會有較多的行人流量，為行人流量推估重要的人口社會經濟解釋變數，並預期帶來正向影響。

2. 人口密度

人口密度為該地區人口數除以該地區的總面積，人口密度可代表該地的特性，人口密度越高的地方顯示該地區居住越密集、社經濟活動越頻繁，因活動需求周遭人行道會有較多的行人流量，為行人流量推估重要的人口社會經濟解釋變數，並預期帶來正向影響。

3. 平均每人薪資所得

平均每人薪資所得代表該地區人口平均所得情況，顯示該地總體富裕程度，當富裕程度較高時，因消費能力提升會導致較多活動需求旅次，進而提升周遭人行道之行人流量，故預期帶來正向影響。

4. 就業人數

就業人數為該地區內有工作的人口數，顯示該地的勞動情況，就業人數越多代表於上下班時段會有較多人流量，對於人行道之需求亦會增加，故預期帶來正向影響。

5. 未成年人口比例

未成年人口比例代表該地區 0~17 歲人口占總人口年齡結構的百分比，該年齡結構未持有駕照在自主運輸上較弱勢，仰賴家長接送或搭乘公共運輸，且大多為學生，使用人行道之機率較高，故預期帶來正向影響。

6. 壯年人口比例

壯年人口比例代表該地區 18~64 歲人口占總人口年齡結構的百分比，該年齡結構為壯年人口，持有駕照與汽機車且有較高的自主運輸能力，為社會經濟勞動生產、消費主力，使用人行道之機率較低，故預期帶來負向影響。

7. 老年人口比例

老年人口比例代表該地區 65 歲以上人口占總人口年齡結構的百分比，老年人口在自主運輸方面較弱勢，部分需仰賴公共運輸或親友接送，且多數為退休人口，使用人行道之機率較高，故預期帶來正向影響。

表 3-1 變數定義表

變數種類		變數名稱	變數定義	變數單位	量測單位	變數類別	預期符號
行人流量資料		行人流量	尖峰小時行經該人行道之行人量	人/小時	尖峰小時	連續變數	
人行道供給資料		人行道淨寬	淨寬=人行道總寬度−公共設施帶寬度	公尺	路段	連續變數	＋
		人行道面積	路段之人行道面積	平方公尺	路段	連續變數	＋
		人行道上設施物所佔面積	人行道上設施物(包含桿類、箱類、停車區、出入口等固定設施物)所佔面積	平方公尺	路段	連續變數	−
		人行道照明	人行道上是否有路燈	1:是；0:否	路段	類別變數	＋
		人行道遮蔭	人行道上是否有樹木	1:是；0:否	路段	類別變數	＋
		無障礙設施	路緣斜坡數量	數量	路段	連續變數	＋
		人行道破損程度	人行道路面破損百分比	%	路段	連續變數	−
建成環境資料	土地使用分區	總樓地板面積	總樓地板面積	平方公里	里	連續變數	＋
		住宅區樓地板面積比例	住宅區樓地板面積佔總樓地板面積的百分比	%	里	連續變數	＋
		住商混合區樓地板面積比例	住商混合區樓地板面積佔總樓地板面積的百分比	%	里	連續變數	＋
		商業區樓地板面積比例	商業區樓地板面積佔總樓地板面積的百分比	%	里	連續變數	＋
		工業區樓地板面積比例	工業區樓地板面積佔總樓地板面積的百分比	%	里	連續變數	−
		政府機關樓地板面積比例	政府機關樓地板面積佔總樓地板面積的百分比	%	里	連續變數	−
	附近重要地點	學校規模	各校學生總數	千人	以路段中點為中心半徑 500m	連續變數	＋
		百貨公司樓地板面積	各百貨公司所登記的總樓地板面積	平方公里	以路段中點為中心半徑 500m	連續變數	＋

		公園綠地用地面積比例	公園、廣場、綠地等用地面積佔總樓地板面積的百分比	%	里	連續變數	−
	公共運輸供給狀況	是否有火車站	是否有火車站	1:是；0:否	以路段中點為中心半徑 500m	類別變數	＋
		是否有捷運站	是否有捷運站	1:是；0:否	以路段中點為中心半徑 500m	類別變數	＋
		公車站數	公車站數量	站數	以路段中點為中心半徑 500m	連續變數	＋
		公共自行車站數	公共自行車站數量	站數	以路段中點為中心半徑 500m	連續變數	＋
社經環境資料		人口數	總人口數	千人	里	連續變數	＋
		人口密度	總人口數/總面積	千人/平方公里	里	連續變數	＋
		平均每人薪資所得	平均每人薪資所得總額	人/十萬元/年	里	連續變數	＋
		就業人數	就業人口數	千人	里	連續變數	＋
		未成年人口比例	0~17 歲人口占總人口年齡結構的百分比	%	里	連續變數	＋
		壯年人口比例	18~64 歲人口占總人口年齡結構的百分比	%	里	連續變數	−
		老年人口比例	65 歲以上人口占總人口年齡結構的百分比	%	里	連續變數	＋

3.1.2 倒傳遞類神經網路

類神經網路(Artificial Neural Network, ANN)，又稱為人工神經網路，係指模仿生物神經網路的資訊處理系統。葉怡成(2003) 將其定義為一種計算系統，包括軟體與硬體，並使用大量簡單的相連人工神經元來模仿生物神經網路的能力，而人工神經元是生物神經元的簡單模擬，它從外界環境輸入或其它人工神經元取得資訊後，加以非常簡單的運算並輸出其結果。生物神經網路的形狀與一般細胞不同，它包含了：神經核(soma)、神經索(axon)、神經樹(dendrites)和神經節(synapse)四個部分，如圖 3-2 所示。人工神經元模型如圖 3-3，每一個處理單元的輸出以扇狀送出，做為其他處理單元的輸入，其輸入值與輸出值的關係式，如式(3-4)，可用輸入值的加權乘積和函數表示(許瓊文，2008)：

$$Y_i = f(\sum_{i=1}^{n} W_{ij}X_i - \theta_j) \tag{3-4}$$

其中

Y_i = 模仿生物神經元模型的「輸出訊號」。

f = 模仿生物神經元模型的「轉換函數(transfer function)」。

W_{ij} = 模仿生物神經元模型的神經節強度，又稱連結加權值。

X_i = 模仿生物神經元模型的「輸入訊號」。

θ_j = 模仿生物神經元模型的「閥值」。

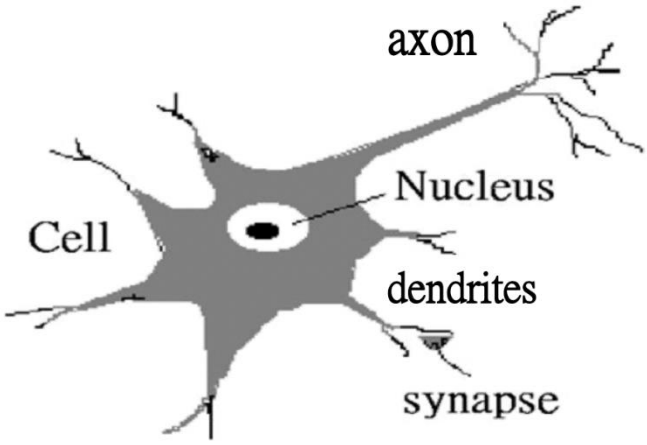


圖 3- 2 生物神經元模型

資料來源：許瓊文(2008)

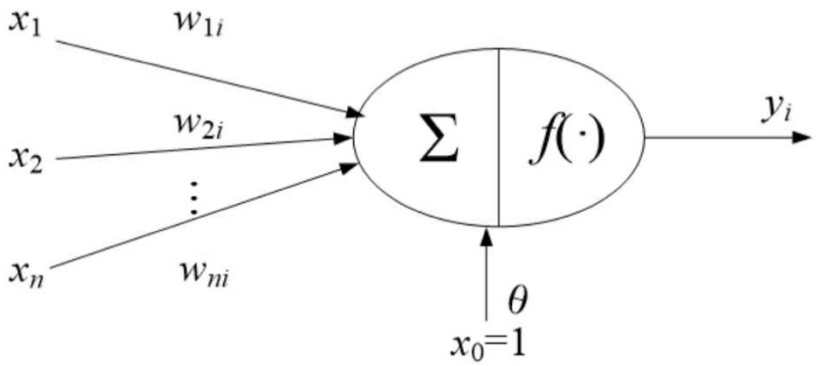


圖 3- 3 人工神經元構造示意圖

資料來源：許瓊文(2008)

(一) 類神經網路基本架構

根據許瓊文(2008) 一個類神經網路是由多個人工神經元連結而成，並且可以組成各種不同的網路模式(network model)，類神經網路的基本單位為「人工神經元」(Artificial neuron)，由人工神經元組成「層」(Layer)後，再由層組成「網路」(Network)，以下將介紹各部份的作用：

1. 人工神經元(Artificial neuron)

人工神經元為類神經網路組成之基本單位，依照作用的不同可採用集成函數、作用函數及轉換函數三種不同的函數。

(1) 集成函數(Summation function)：集成函數是用以將從其它人工神經元輸出、透過網路連結傳來的訊息加以綜合。通式如下所示：

$$I = f(W, X) \tag{3-5}$$

其中 I 為集成函數值、W 為網路連結、X 為其他人工神經元的輸出。

(2) 作用函數(Activity function)：作用函數的目的是將集成函數值與人工神經元目前的狀態加以綜合。可以下列公式表示：

$$net_j = f(I_j^n, I_j^{n-1}, net_j^n) \tag{3-6}$$

(3) 轉換函數(Transfer function)：轉換函數的目的是將作用函數輸出值以轉換成人工神經元的輸出。可表示成：

$$Y_j = f(net_j) \tag{3-7}$$

2. 層(layer)

層是由一個或一個以上具相同作用的人工神經元集合而成，其作用有三種，分述如下：

(1) 正規化輸出：正規化輸出的目的在於將同一層中的人工神經元原始輸出值所組成的向量加以正規化，使其成為單位長度向量後，再作為「層」 的輸出。

(2) 競爭化輸出：競爭化輸出的目的在於將同一層中的人工神經元原始輸出值所組成的向量中，選擇一個或若干個最強的人工神經元，令其值為 l，其餘為 0 後，再作為「層」的輸出。

(3) 競爭化學習：競爭化學習的目的在於將同一層中的人工神經元原始輸出值所組成的向量中，選擇一個或若干個最強的人工神經元，網路將只調整與這些人工神經元相連的下層網路連結。

3. 網路(network)

所有不同作用層的集合稱為網路，目前網路的運作模式可分為學習過程及回想過程兩種：

(1) 學習過程(Learning)：依照學習演算法，從範例中學習，調整加權值大小的過程。

(2) 回想過程(Recalling)：依照回想演算法，以輸入資料決定輸出資料的過程。其與學習過程較大的不同處為在計算過程中不再使用「誤差函數」，也不再調整加權值，僅執行單純網路輸入與輸出的工作。

(二) 類神經網路類型

1. 依學習策略分類

(1) 監督式學習網路 (supervised learning network)

從問題領域中取得訓練範例(必須有輸入變數和輸出變數)，並從中學習輸入變數與輸出變數的內在對映規則，以應用於新的案例。

(2) 無監督式學習網路(unsupervised learning network)

從問題領域中取得訓練範例(只有輸入變數值)，透過範例學習找出內在聚類規則，以應用於新的案例分析。

(3) 聯想式學習網路(associate learning network)

從問題領域中取得訓練範例(狀態變數值)，並從中學習範例，導出內在記憶規則，以應用於新的案例分析。

(4) 最適化應用網路(optimization application network)

依照問題本質決定設計變數值，在滿足設計之限制條件下，使其設計目標達最佳狀態之應用。

2. 依網路架構分類

(1) 前饋式架構(Forward)

神經網路由神經元分層排列，形成輸入層、隱藏層、輸出層。每一層只接受前一層的輸出做為輸入，稱為前饋式架構。

(2) 回饋式架構(Feedback)

神經元的資訊從輸出層回饋到輸入層，或層內各神經元間有連結者，或神經元不分層排列，只有一層，各神經元均可相互連結者稱為回饋式架構。

表 3- 2 類神經網路模式彙整表

分類	項目 模式	主要研發者	主要應用	主要特點
監督式學習	感知機	Rosenblatt (1957)	·打字字母識別 (已很少使用)	·無法解決 XOR ·模式最簡單 ·發展最早
	倒傳遞類神經網路	Werbos (1974) Parker (1985) Rumelhart (1985)	·樣本識別 ·分類問題 ·函數合成 ·適應控制 ·雜訊過濾 ·資料壓縮 ·專家系統	·可解決 XOR ·應用最普遍 ·成功案例多 ·學習精度高 ·學習速率慢 ·回想速度快 ·理論簡明
	反傳遞類神經網路	Hecht-Nielsen (1986)	·樣本識別 ·分類問題 ·函數合成 ·資料壓縮	·結合監督與無監督 ·學習速率快 ·學習精度高 ·理論簡明
	機率神經網路	Specht (1988)	·樣本識別 ·分類問題	·學習速率快 ·回想速度快 ·理論簡明
	學習向量量化網路	Kohonen (1988)	·樣本識別 ·分類問題	·學習速率快 ·回想速度快 ·理論簡明
無監督式學習	自組織映射圖	Kohonen (1980)	·聚類問題 ·拓樸映射	·學習速率快 ·網路具穩定性 ·網路具可塑性 ·模式非常複雜 ·具警戒觀念
	自適應共振理論	Carpenter Grossberg (1976-1986)	·樣本識別 ·聚類問題	·學習速率快 ·網路具穩定性 ·網路具可塑性 ·模式非常複雜 ·具警戒觀念
聯想式學習	霍普菲爾網路	Hopfield (1982)	·自聯想記憶 ·雜訊過濾	·學習速率快 ·回想速度慢 ·理論簡明
	雙向聯想記憶網路	Kosko (1985)	·異聯想記憶 ·雜訊過濾	·學習速率快 ·回想速度慢 ·理論簡明
最適化學習	霍普菲爾-坦克網路	Hopfield Tank (1985)	·組合最適化	·易陷局部最小值
	退火神經網路	Ven-den-Bout Miller (1988)	·組合最適化	·不易陷局部最小值

資料來源：葉怡成(2003)

(三) 倒傳遞類神經網路

倒傳遞類神經網路(Back Propagation Neural Networks, BPN)模式，由 Rumelhart、Hinton 及 Williams 在 1985 年共同發表，是目前類神經網路中最具代表性，應用最普遍的模式。BPN 屬於監督式學習網路，在分類上的演算效果佳，且其預測效果皆較傳統統計分析的方法好，已被許多科學領域應應於診斷、預測等系統。其基本原理為使用最陡坡降法(gradient steepest descent method)之觀念，將誤差函數予以最小化，學習過程通常以一次一個訓練範例的方式進行，而一個網路可以將訓練範例訓練數個學習回合，直到網路的學習達到收斂。倒傳遞類神經網路之架構如圖 3- 4 所示，而架構之功能分述如下：

1. 輸入層(Input Layer)：用以表現網路的輸入變數，其神經元數目依問題複雜程度而定。

2. 隱藏層(Hidden Layer)：用以表現輸入神經元間的交互影響，其處理神經元數目並無標準方法可以決定，經常以試驗方式決定其最佳數目，網路可以沒有隱藏層，也可以有一層以上。

3. 輸出層(Output Layer)：用以表現網路的輸出變數，其神經元數目依問題複雜程度而定。

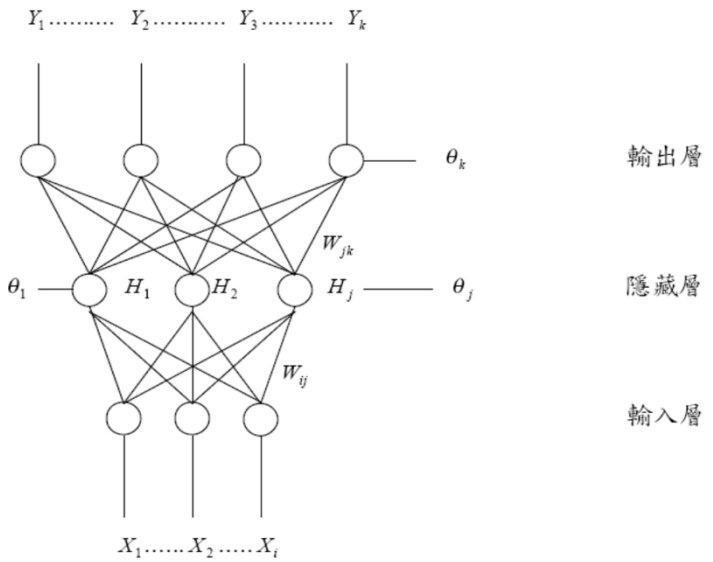


圖 3- 4 倒傳遞類神經網路架構圖

資料來源：葉怡成(2003)

由於在應用 BPN 時會因為隱藏層神經元數目及學習速率(Learning rate)等參數的設定而影響到網路的預測效果與訓練時間。因此，在網路學習過程中，會以這兩個參數之間的最佳組合，來找尋最適合的網路架構。至目前為止，在文獻上並無一種可以適用於解決任何問題的網路架構方法，多半是利用試誤法(Try-and-

error)來建構其網路模型。以本研究為例，先任選一組初始參數值，觀察訓練過程之平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)變化情形，逐一調整參數，直到找到最小之 MAPE。但此方式相當耗費時間，且其找出的最佳模式對於問題的預測效果也未必是最佳的。

- **行人流量推估倒傳遞類神經網路模式構建**

本研究先利用迴歸模式找出顯著影響行人流量之變數，接著透過倒傳遞類神經網路建構行人流量推估模式，以建立行人流量推估模式。在 BPN 模式構建中，本研究綜合相關文獻，探討並調校 BPN 訓練之各種網路參數：隱藏層神經元數、隱藏層數目、學習速率、初始加權值、門檻值、訓練次數等，藉以改善倒傳遞網路，諸如：局部最小值、收斂速度、執行時間、學習速度等常見缺點。模式構建流程圖如圖 3-5 所示。

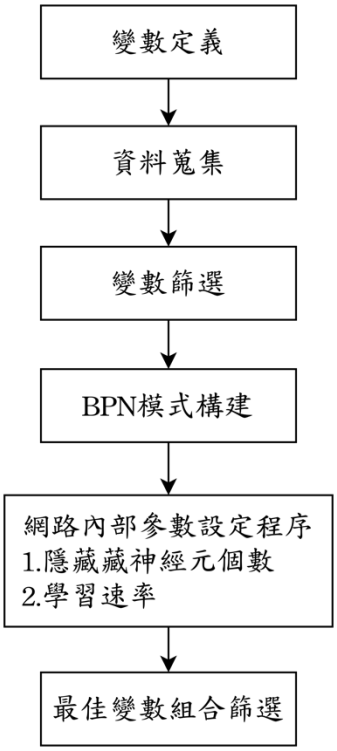


圖 3- 5 倒傳遞類神經網路模式構建流程圖

（一） 類神經網路內部參數設定之程序

本研究以 R studio 軟體中 neuralnet 及 nnet 套件進行模式之演算，需設定之參數包括輸入層神經元個數、輸出層神經元個數、隱藏層層數、隱藏層神經元個數、學習速率、訓練次數、門檻值及起始權重值等八項，其中隱藏層神經元個數與學習速率之設定以試誤法(Try-and-error)進行調整。

1. 輸入層與輸出層神經元個數：

輸入層與輸出層之神經元數分別為輸入變數與輸出變數之個數，本研究行人流量推估平日模式之輸入變數為 17 項，輸出變數為 1 項；假日模式之輸入變數為 11 項，輸出變數為 1 項。

2. 隱藏層層數：

在許多理論研究的結果及模擬應用上都顯示，隱藏層的數目為一層到二層時有最好的收斂性質，隱藏層層數太多或者太少其收斂效果均較差。Hush and Horne(1993) 指出使用兩層隱藏層的網路，各隱藏層只需有少量神經元，可取代使用一層需要數量龐大神經元隱藏層的網路，故本研究隱藏層層數以兩層為基準。

3. 隱藏層神經元個數：

隱藏曾神經元個數太少，易造成較大的誤差；而數目增多，雖可減少誤差，但收斂速度變慢，且超過一定的數目後，只是徒增網路訓練所花費的時間。Hertz(1991) 曾指出：由統計學的觀點，太多的自由參數－亦即類神經中的神經元數，會造成過度配適(overfitting)的現象，即對訓練範例匹配良好，卻對測試範例匹配不良。因此在本研究中，隱藏層神經元個數上限採「(輸入層神經元數+ 輸出層神經元數)/2」，以得到理想之較小誤差及收斂速度。在行人流量推估平日模式中，隱藏層神經元個數最多為 9 個；假日模式中，最多則為 6 個。

4. 學習速率：

較大的學習速率具有較大的網路連結權重修正值，可較快逼近最小值，但也很容易導致過度修正，而使網路震盪，無法收斂，甚至造成網路權重值發散；而較小的學習速率雖能避免網路震盪現象，卻很可能會使網路陷在基於「最陡坡降法」演算所造成的局部最小值中無法跳出，並且也會減緩整個網路學習的速率。一般學習速率介於 0 至 1 之間，本研究學習速率由 0.1 測試至 1，並以 0.1 為間隔單位。

5. 門檻值與訓練次數：

兩者皆為類神經網路訓練終止之條件，且若達到其中之一，即停止訓練。本研究設定均方根誤差(RMSE)之門檻值為 0.01，訓練次數為 10,000 次。

6. 起始權重值：

起始權重值若太大，將使函數一開始就飽和，網路因此陷於局部最小值中，無法跳出，學習進程為之停頓，這種情形就算進行更多的訓練次數也無法改變，因此本研究將起始權重值設為 0.01。

（二） 評估指標

本研究以平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)來評估模式之準確性。MAPE 值為每個絕對誤差的和除以實際值，是評估預測精確度最常用的指標之一；MAPE 值越小表示網路訓練及預測結果越佳，一般來說 MAPE < 10% 的模型為可接受的，其公式如下所示：

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{y_i - \hat{y_i}}{y_i}\right| \tag{3-8}$$

其中

n：樣本個數

y_i：實際值

$\hat{y_i}$：網路預測值

3.2 行人道系統服務水準評估模式

3.2.1 分析階層程序法

根據馮正民與邱裕鈞(2004) 研究分析方法，多準則評估主要適用於考量多項衝突的目標或準則，在方案已知情況下進行可能方案的評選，適合評估方案數量有限（通常為 2~7 個）的問題，評出各候選方案的優先順序，主要步驟有研擬評估準則、分析方法表現、決定準則權重等。

分析階層程序法(Analytic Hierarchy Process)為多準則評估方法之一，屬於質化準則評估法，將問題層次由高到低逐步分解，並利用有關決策者進行評估，來分析出所有可能方案的優劣順序，主要步驟如下：

1. 建立層級關係

將評比問題分為四個層級：首先為解決問題的目標(Goal)，其次為如何達到標的(Objective)，再者為衡量標的達成程度的準則(Criteria)，最後則是擬定考慮的方案(Alternative)。以圖3-6為例，兩個標的 O_1 與 O_2 在目標 G 下所占的權重為 w_1 與 w_2，其權重和為 1；兩個評估準則 C_1 與 C_2 在標的 O_1 下所占的權重為 w_{11} 與 w_{12}，其權重和為 1；三個評估準則 C_3、 C_4 與

C_5 在標的 O_2 下所占的權重為 w_{23}、w_{24} 與 w_{25}，其權重和為 1；X_{1k} 與 X_{2k} 在 A_1 與 A_2 兩個方案中準則 k(k=1~5) 的表現優劣程度，對每個 k 而言，二者權重之和為 1。

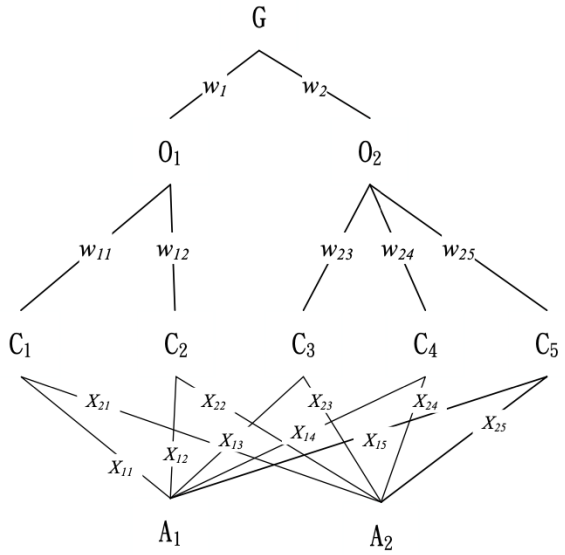


圖 3- 6 層級結構圖

資料來源：馮正民與邱裕鈞(2004)

2. 建立成對比較矩陣(pairwise comparison matrix)

接著在各層級之每個單元內之評估項目進行兩兩成對比較，以建立各評估項目組之間的優劣關係比較矩陣，其中「單元」意指權重和為 1 之評估項目組合。以圖3-6及圖3-7為例，包含了 8 個成對比較單元，每項括弧為一組，敘述如下：G(O_1, O_2)、O_1(C_1, C_2)、O_2(C_3, C_4, C_5)、C_1(A_1, A_2)、C_2(A_1, A_2)、C_3(A_1, A_2)、C_4(A_1, A_2)、C_5(A_1, A_2)。

以單元 O_2(C_3,C_4,C_5) 之 3 個比較項目 C_3,C_4,C_5 為例，其成對比較矩陣(A)表示如圖3-7：

項目		j		
		1	2	3
I	1	a_{11}	a_{12}	a_{13}
	2	a_{21}	a_{22}	a_{23}
	3	a_{31}	a_{32}	a_{33}

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

圖 3- 7 成對比較說明圖

資料來源：馮正民與邱裕鈞(2004)

a_{ij} 為第 I 個評估項目權重 W_i 對第 j 個項目權重 W_j 之比值，理論條件上應滿足下列關係：

$$a_{ij} = W_i / W_j \tag{3-9}$$

$$a_{ik} = a_{ij} \times a_{jk} \text{（遞移性）} \tag{3-10}$$

$$a_{ij} \times a_{ji} = 1 \tag{3-11}$$

3. 求解權重並檢定一致性

假設某個比較單元包含 n 個項目，且第 i 個評估項目權重值為 W_i，其中 n 應與成對比較矩陣(A)之最大特徵值(λ_{max},the maximum eigenvalue)相等，應滿足下式：

$$(A - \lambda_{max} I)\, W = 0 \tag{3-12}$$

為確認資料可信度，以一致性指標(consistence index, CI)進行檢定，其公式如下：

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \tag{3-13}$$

為檢定其評估結果是否具有一致性，利用一致性比例值(Consistency Ratio, CR)判斷成對比較矩陣一致性的基準，一致性比例值(CR)定義為：

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{3-14}$$

其中 RI 值為平均隨機指標(random index, RI)，各階層數之 RI 值如表 3- 3 所示：

表 3- 3 平均隨機指標

評估項目數	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

若 $CI \leq 0.1$，代表成對比較矩陣內之評比值可被接受，若 $CI > 0.1$，則成對比較矩陣不被接受而宜重新評比。

4. 計算各方案之優勢比重值

經過一致性檢定後，可進行最後一步各方案優勢比重值之計算，通常方案 i 之優勢比重值以 P_i 代表，P_i 由各層級的權重項加總得知，P_i 值越大即

代表被採納之優先順序越高，以圖3-1 的層級結構圖為例，方案 1(i=1) 與方案 2(i=2) 之 P 值計算如下：

$$P_1 = w_1 w_{11} x_{11} + w_1 w_{12} x_{12} + w_2 w_{23} x_{13} + w_2 w_{24} x_{14} + w_2 w_{25} x_{15} \quad (3\text{-}15)$$

$$P_2 = w_1 w_{11} x_{21} + w_1 w_{12} x_{22} + w_2 w_{23} x_{23} + w_2 w_{24} x_{24} + w_2 w_{25} x_{25} \quad (3\text{-}16)$$

若 $P_1 < P_2$，則判斷方案 2 優於方案 1，產生最佳方案。

分析階層程序法(AHP)具有以層級結構分解複雜問題的特性，且能同時擷取多數專家與決策者的意見，透過一致性檢定，來顯示專家對各構面間之比較是否具有連貫性與邏輯性。此方法可應用於決定優先順序、選擇最佳方案等，及具有彈性、易於瞭解、合乎邏輯與透過層級式架構及量化的方式，來減少決策錯誤的發生機率等優點，適合用於求取評估指標的權重。因此本研究採用分析階層程序法(AHP)作為建構服務水準評估架構的方法，聽取專家學者意見決定準則之權重，進行評估指標之計算，最終計算各人行道之服務水準。

3.2.2 行人道系統服務水準評估模式構建

本研究將所推估出之行人流量應用於行人道服務水準評估系統中，透過分析階層程序法(AHP)建立評估架構。因本研究欲建立一全市層級之行人道服務水準評估系統，資料須為目前政府所蒐集提供之資料，故本研究行人道服務水準評估準則挑選依據為，透過文獻回顧進行指標與準則歸納，比對營建署「市區道路人行安全地理資訊系統」中所提供之資料(如表 3-4)，來建立評估架構。

表 3- 4 營建署「市區道路人行安全地理資訊系統」資料欄位

調查範圍	調查項目	說明
人行道	人行道長度	長度(公尺)
	人行道總寬度	寬度(公尺)
	公共設施帶寬度	寬度(公尺)
	行人通行總寬度	寬度(公尺)
	人行道淨寬	寬度(公尺)
	鋪面類型	鋪面型式名稱
	破損程度	百分比(%) (含鋪面、人孔蓋、溝蓋版等破損百分比)
	鋪面材質一致性 (不計退縮地鋪面)	代號：1.一種; 2.二種; 3.三種以上
	人行道面積	面積(平方公尺)

	固定設施物所佔面積	面積(平方公尺)
	人行道固定桿類設施數量	燈桿、電線桿、標誌桿等
	人行道固定箱類設施數量	變電箱、電信箱、消防栓等
	人行道固定出入口設施數量	天橋、地下道、捷運等
	人行道固定停車設施數量	停車設施
	人行道其他固定設施數量	候車亭、站牌等
	人行道人手孔數量	雨水、污水、電信、電力、制水閥、瓦斯閥、輸油孔等人手孔
	人行道樹穴數量	含樹穴、花圃等植栽綠帶
	路緣斜坡數量	
	橫越人行道之穿越道數量	
	阻礙物狀況說明	說明阻礙物類型與阻礙狀況
	固定設施物或阻礙物影響通行程度	代號: 1. 無阻斷及阻礙； 2. 一處遭阻礙； 3. 二處遭阻礙； 4. 三處以上遭阻礙或一處以上遭阻斷
騎樓	騎樓設置_設置	代號：O.有；X. 無
	騎樓設置_與人行道齊平	代號：O.是；X. 否

根據 2.3 小節人行道之評估指標與服務水準的文獻回顧，指標共分成 14 項，包含：暢行性、通行有效性、便利性、一致性、連續性、美觀性、舒適性、安全性與保安性、吸引力、無障礙環境、空間防災性、環境因素、經濟因素及使用性，而評估準則又再細分成 47 項，如表3-5 所示。先將指標與準則進行歸納，比對上述表3-4 營建署「市區道路人行安全地理資訊系統」中所提供之資料後，建立本研究人行道服務水準評估架構，如圖3-8 所示，共分為 4 項標的，包括暢行性、舒適性、安全性及便利性；12 項準則，包含：人行道最小有效寬度、動線障礙程度、無障礙設施、天候防護設施、可休憩空間、人行道綠美化、照明設備、人行道鋪面破損程度、號誌控制設施、導引設施、服務設施及串連性，各項評估準則定義如表3-6，後續通過專家學者訪談決定各評估指標之權重，建立人行道服務水準評估系統。

表3- 5 人行道評估指標與準則參考文獻勾選表

評估指標	評估準則	文獻										
		Fruin (1987)	林文雄 (1991)	陳敦基 (1993)	Khisty (1995)	林上閔 (1997)	黎韋利 (1999)	石豐宇與張凌偉 (2002)	趙晉緯 (2003)	交通部運輸研究所 (2011)	TRB (2016)	營建署 (2019)
暢行性	人行道人行空間淨寬									✓		✓
	人行道人行空間淨高											✓
	動線障礙程度			✓					✓			✓
	障礙物比例								✓			
通行有效性	人行道有效寬度		✓					✓	✓			
	人行道連續程度								✓			
	無障礙設施							✓				
便利性	步行距離		✓	✓	✓		✓			✓	✓	
	導引設施		✓					✓	✓			
	服務設施	✓						✓	✓			
	可及性		✓				✓			✓		
	坡度斜度									✓		
	連續性							✓				
一致性	系統一致性	✓		✓	✓							
連續性	人行道連續性	✓		✓	✓							
美觀性	綠化程度		✓	✓		✓		✓			✓	
	衛生條件							✓				
	步道景觀					✓						
	鋪面狀況							✓				
舒適性	天候防護設施		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
	平坦程度					✓		✓				

	鋪面品質完好程度					✓						
	衛生條件					✓						✓
	公共設施的多寡					✓						
	無障礙設施的有無	✓				✓						
	可休憩空間	✓							✓			
	綠美化程度								✓			
安全與保安性	人車分離設施	✓	✓					✓		✓	✓	
	人車衝突程度								✓			
	行人防護設施											✓
	行人穿越設施		✓									
	通視狀況	✓	✓				✓	✓	✓	✓		
	照明設備	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
	人行道路鋪面品質	✓							✓			✓
	號誌控制設施						✓			✓	✓	
	陸橋或地下道						✓					
	行道上設置排水溝清掃孔											✓
	路口安全											✓
吸引力	人行道對行人之吸引力	✓			✓							
無障礙環境	有無無障礙設施(比例)			✓					✓			
空間防災性	緊急危難通行機率								✓			
	鄰近避難空間距離								✓			
環境因素	噪音					✓						
	空氣污染					✓						
經濟因素	行人延滯						✓			✓		
使用性	使用需求											✓
	串連性											✓

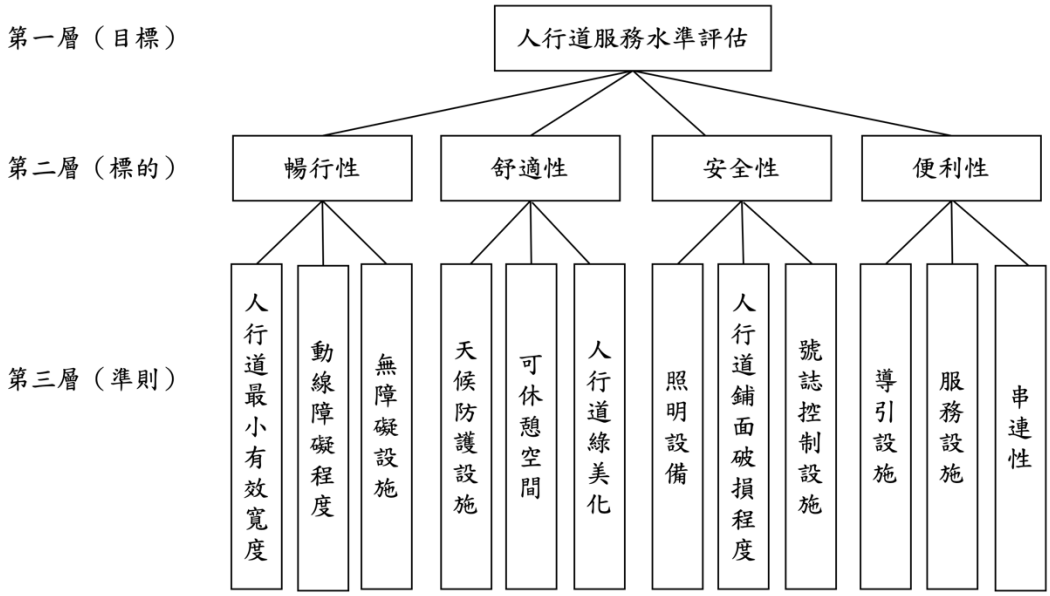


圖 3- 8 人行道服務水準評估架構

表 3- 6 人行道服務水準各評估準則定義

標的	準則	定義	評量走向
暢行性	人行道最小有效寬度	人行道淨寬(步行寬度)=人行道總寬度−(公共設施帶寬度)	正向
	動線障礙程度	人行道上設施物(包含桿類、箱類、停車區、出入口等固定設施物)所佔面積佔總人行道面積百分比	負向
	無障礙設施	人行道上路緣斜坡數量	正向
舒適性	天候防護設施	人行道上是否有能提供遮日、避雨等功能的設施(如：騎樓、候車亭)	正向
	可休憩空間	人行道上之座椅、涼亭數量	正向
	人行道綠美化	人行道上之植栽及公共藝術品數量	正向
安全性	照明設備	人行道上之路燈數	正向
	人行道鋪面破損程度	人行道路面破損百分比	負向
	號誌控制設施	人行道上是否有號誌控制設施	正向
便利性	導引設施	人行道上標誌、標線、視障導引系統等能夠提供用路人方向之設施數量	正向
	服務設施	人行道上之垃圾桶、郵筒、電話亭及公車站(牌)等設施數量	正向
	串連性	人行道是否各方向均有人行道，均能暢通，形成完整人行路網	正向

第四章 資料蒐集與分析

本章說明各變數之資料來源、處理過程與資料分析，主要分為兩個小節，4.1 小節為行人流量分析與推估模式中各變數之資料蒐集與處理，包含介紹本研究的行人尖峰小時及土地使用資料的疊圖分析，並將各變數資料做敘述性統計分析及交叉分析；4.2 小節為人行道服務水準評估中各準則之資料蒐集。

4.1 行人流量分析與推估

4.1.1 資料蒐集與處理

本研究彙整了所使用資料項目之資料來源與蒐集重點，如表 4-1 所示，資料來源包含臺北市交通管制工程處、內政部營建署、內政部國土測繪中心、教育部統計處、各百貨公司網站、公共運輸整合資訊流通服務平臺、臺北市政府民政局、臺北市政府主計處、財政部財政資訊中心及各公開資料平台。

表 4-1 各資料項目之資料來源與蒐集重點

資料項目		資料來源	蒐集重點
行人流量資料		臺北市交通局－即時交通資訊網	一天中最尖峰之小時內通過行人量計算基準線的人數（單位：人/小時）
人行道資料		內政部營建署－市區道路人行安全地理資訊系統	人行道淨寬、人行道面積、人行道上設施物所佔面積、人行道上是否有路燈、人行道上是否有樹木、人行道路緣斜坡數量及人行道破損程度等
建成環境資料	土地使用資料	內政部營建署－全國土地使用分區資料查詢系統 內政部國土測繪中心	以里為研究範圍 各土地使用樓地板面積比例
	學校規模	教育部統計處	以路段中點為圓心，以半徑 500 公尺內的學校規模及百貨公司樓地板面積
	百貨公司資料	各百貨公司網站	
	公共運輸供給資料	公共運輸整合資訊流通服務平臺	以路段中點為中心，調查半徑 500m 內是否有火車站、是否有捷運站、公車站數及公共自行車站數
社經環境資料	人口資料	臺北市政府民政局	以里為研究範圍 人口數、人口密度、就業人數及各年齡人口結構
	所得資料	臺北市政府主計處、財政部財政資訊中心	以里為研究範圍 薪資所得

一、行人流量資料

本研究行人流量調查的範圍、單位樣本、及各項名詞定義（如行人流量、人量計算基準線等）分述如下：

- 調查範圍：以臺北市的主要道路、次要道路、服務道路等路段之人行道為主。
- 調查的單位樣本：路段。
- 路段：路段為所有等級道路（包括主要道路、次要道路、服務道路），兩相鄰交叉路口間之道路。
- 行人流量:行人流量係指一天中最尖峰之小時內通過行人量計算基準線的人數（單位：人/小時）。
- 人量計算基準線:人量計算基準線為以車道停止線在人行道之延伸段，無車道停止線路口以道路橫向路緣邊線後推 5 公尺處為計算基準線，如圖 4-1 所示，一路口共有 8 個行人量計算基準線。

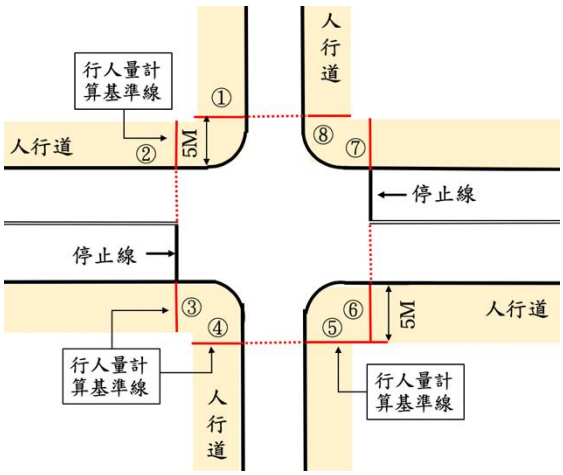


圖 4-1 行人量計算基準線範圍示意圖

行人流量資料的來源為臺北市交通局的即時影像監視器，本研究依照道路等級及土地使用，將路段分為 15 種，其中，道路等級依道路功能分成主要道路、次要道路及服務道路三種。根據市區道路及附屬工程設計標準，主要道路指都市內各區域間或連接鄰近市（鄉、鎮）間之主要幹線道路，其車道寬不得小於 3 公尺；次要道路指都市內各區域間或連接鄰近市（鄉、鎮）間得聯絡主要道路與服務道路之次要幹線道路，其車道寬不得小於 3 公尺；服務道路指提供都市內社區人車出入或至次要道路之聯絡道路，其車道寬不得小於 2.8 公尺。

根據都市及區域發展統計彙編（國家發展委員會，2019），臺北市土地使用面積由大至小依序為保護區、公用設施用地、住宅區、商業區、農業區、工業區、風景區及其他。本研究考慮住宅區、住商混合區、商業區、工業區及公共設施用

地中之文教行政區，共五種；由於其他土地使用分區附近人行道及行人流量均較少，故不列入考慮。其中，住宅區包括住一、住二、住二之一及住二之二；住商混合區包括住三、住三之一、住三之二、住四、住四之一、商一及商二；商業區包括商三及商四；工業區包括工二及工三(臺北市土地使用分區管制自治條例)。

依照上述三種道路等級及五種土地使用，蒐集 15 種路段之行人流量資料，每種路段蒐集兩個樣本，每個樣本蒐集一天（24 小時），以此找出一天中行人之尖峰小時為何，初步判斷其是否會因道路等級或土地使用的不同而有不同。惟本研究行人流量調查僅挑選臺北市交通局有設置即時影像監視器之處，其主要目的為觀察道路車流量，多設置於車流量多的重要路口、商業區及主要道路，對於車流量較少及較小的路口會觀察不到，因此存在抽樣誤差。此外，監視器也多設置於路口處，對於路段上的行人也較觀察不到，而行人機動性強，不像車流有流量守恆，較難以調查，故本研究將行人量計算基準線設置於靠近路口的路段上，若行人沒有行經行人量計算基準線則不會被算入，故也存在資料蒐集誤差。

1. 住宅區

由圖 4-2 可看出住宅區的各等級道路，行人流量尖峰小時為 17-20 點。

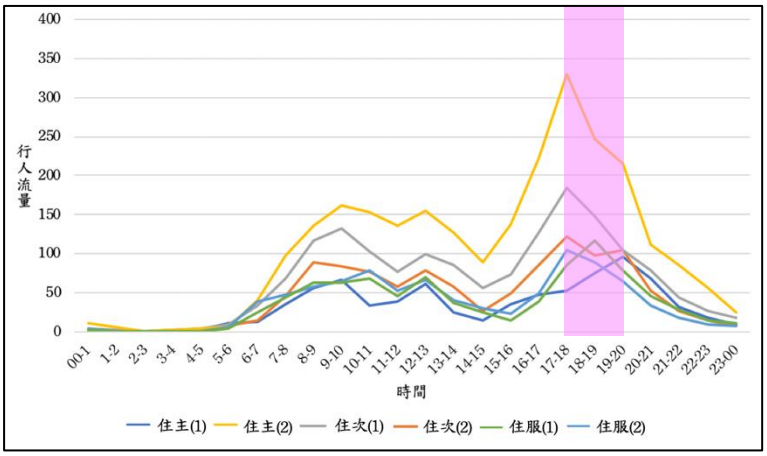


圖 4-2 住宅區行人流量分佈圖

2. 住商混合區

由圖 4-3 可看出住商混合區的各等級道路，行人流量尖峰小時為 17-21 點。

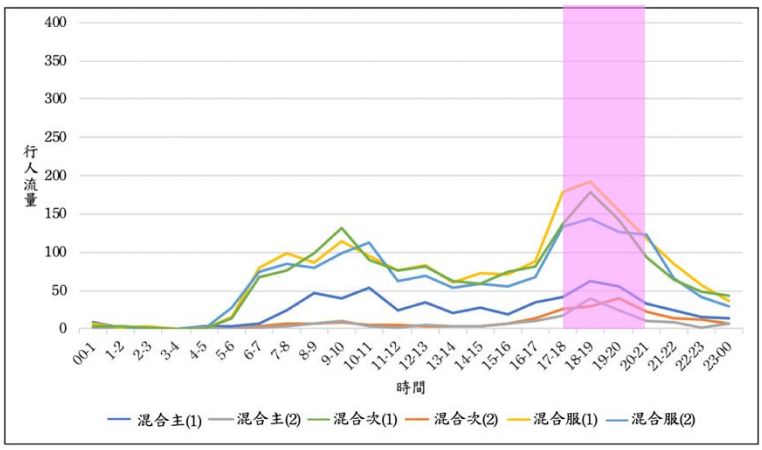


圖 4- 3 住商混合區行人流量分佈圖

3. 商業區

由圖 4- 4 可看出商業區的各等級道路，行人流量尖峰小時為 18-21 點。

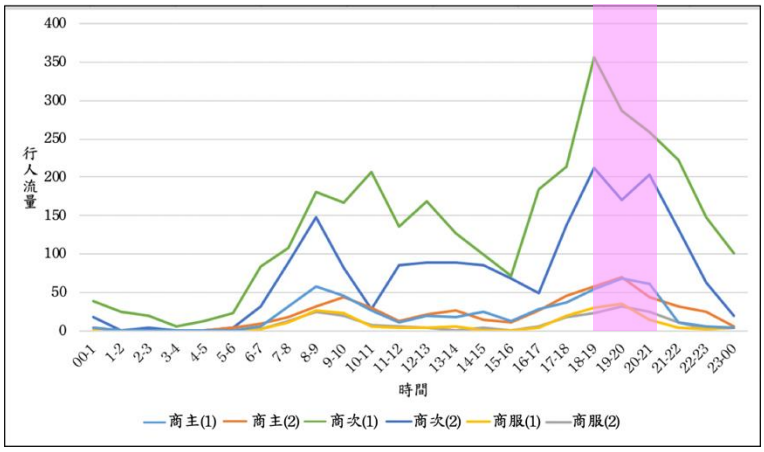


圖 4- 4 商業區行人流量分佈圖

4. 工業區

由圖 4- 5 可看出工業區的各等級道路，行人流量尖峰小時為 18-21 點。

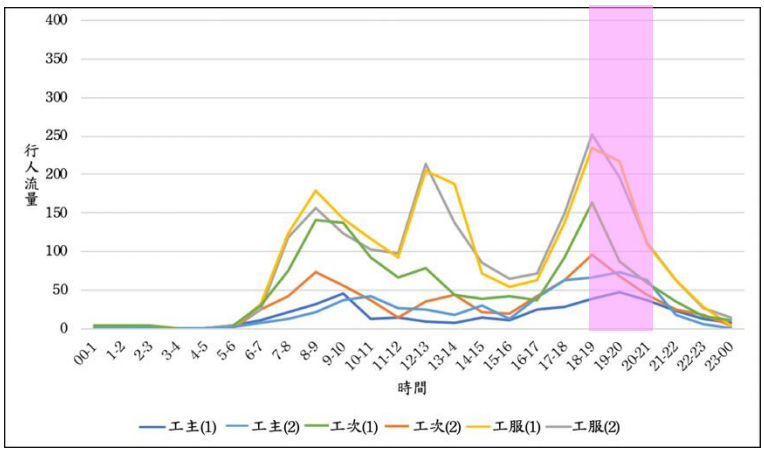


圖 4- 5 工業區行人流量分佈圖

5. 文教行政區

由圖 4-6 可看出文教行政區的各等級道路，行人流量尖峰小時為 18-21 點。

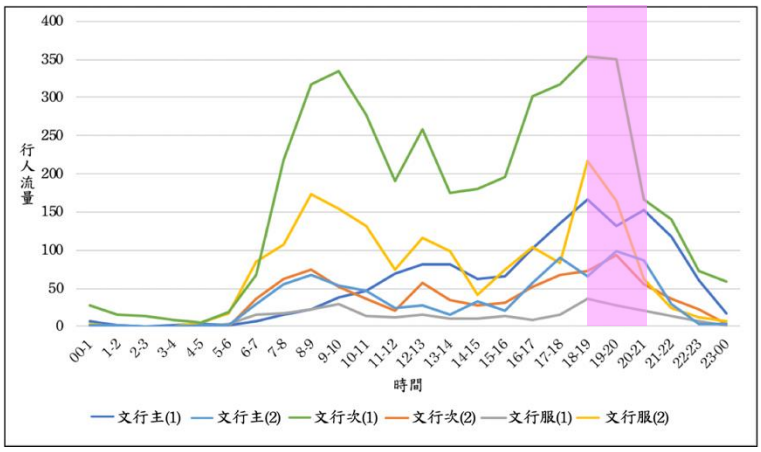


圖 4-6 文教行政區行人流量分佈圖

6. 主要道路

由圖 4-7 可看出各類型土地使用的主要道路，行人流量尖峰小時為 17-21 點。

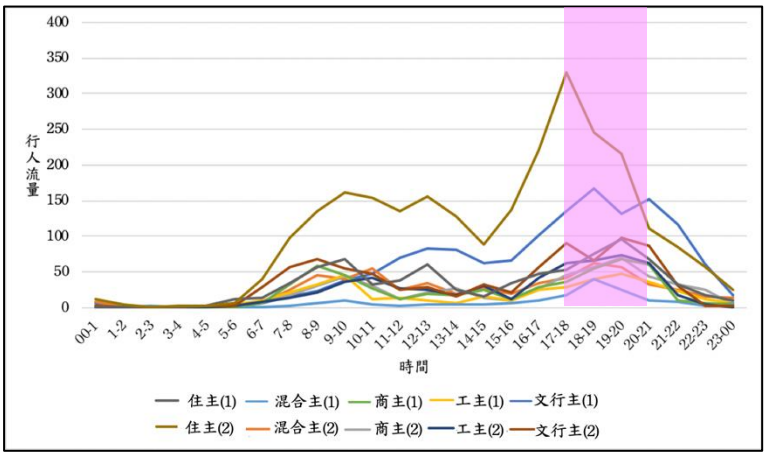


圖 4-7 主要道路行人流量分佈圖

7. 次要道路

由圖 4-8 可看出各類型土地使用的次要道路，行人流量尖峰小時為 18-21 點。

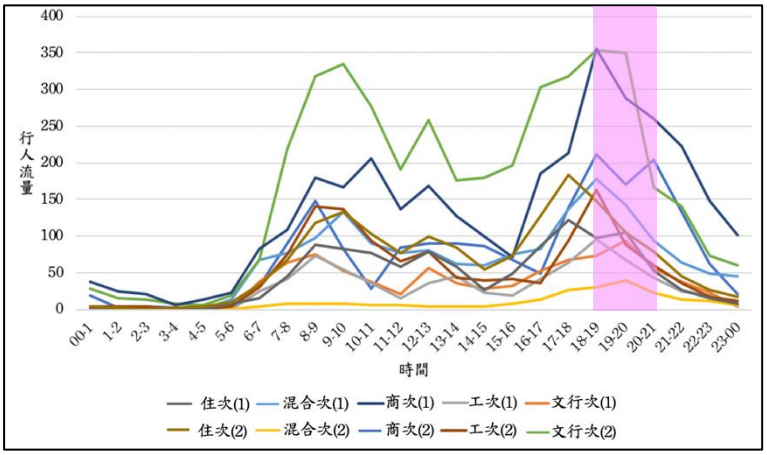


圖 4-8 次要道路行人流量分佈圖

8. 服務道路

由圖 4-9 可看出各類型土地使用的服務道路，行人流量尖峰小時為 18-21 點。

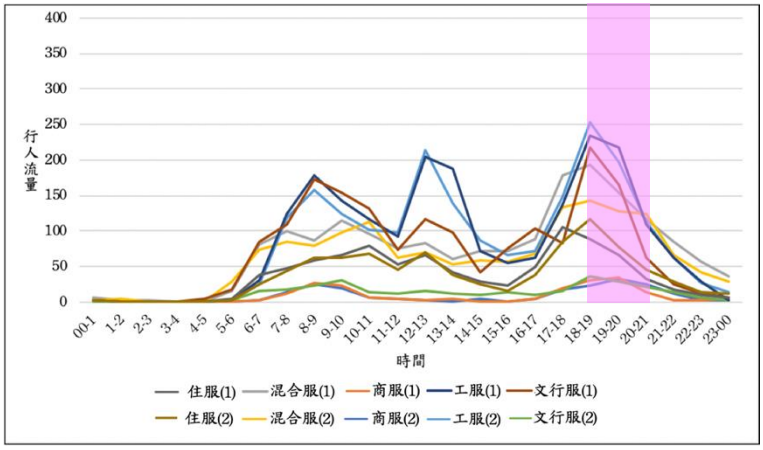


圖 4- 9 服務道路行人流量分佈圖

綜合圖 4- 2 至圖 4- 9，無論何種土地使用或道路等級，行人尖峰小時均差異不大，因此本研究將行人尖峰小時定為 17-21 點，共四小時，後續行人流量僅針對這四小時做調查及蒐集。

二、人行道資料

本研究為進行行人流量關鍵影響因素分析及建立一人行道行人流量推估模式，因此人行道資料，如寬度、面積等為重要之研究數據。利用內政部營建署－市區道路人行安全地理資訊系統於 108 年的調查資料，蒐集人行道淨寬、人行道面積、人行道上設施物所佔面積、人行道上是否有路燈、人行道上是否有樹木、人行道路緣斜坡數量及人行道破損程度等資料。

三、建成環境資料

（一） 土地使用資料

為進行建成環境與人行道之行人流量的關聯分析，本研究先對於研究範圍內的土地使用資料進行處理與分析，以利建立土地使用強度與行人流量之關聯。另因一般步行僅為短程之旅次空間移動，當步行距離超過行人所能忍受之距離時，將會捨棄步行而採其他運具使用，故本研究土地使用以里做為最小之研究空間範圍。土地使用資料分析包含以下三個部分，分別為土地使用資料來源、處理過程說明與結果產出。

1. 土地使用資料來源

本研究為瞭解行人流量與毗鄰土地使用類型與強度之關聯結果，因此土地使用類型與強度為重要之研究數據，故取得內政部國土測繪中心 107 年 1 月 24 日更新版國土利用調查成果資料，以作為土地使用資料疊圖之基礎。因土地使用強度分為土地使用面積與樓地板面積兩類，而前述國土利用調查未記錄樓地板面積，故需藉由都市計畫使用分區與非都市土地使用分區圖內之容積率欄位以估計樓地板面積之數據，本研究以內政部營建署城鄉發展分署 106 年都市計畫使用分區圖，藉由國土利用調查成果資料得知不同土地使用面積，並參考都市計畫使用分區圖之法定容積率，作為創建土地使用變數之原始資料。另本研究土地使用以里做為最小之研究空間範圍，故蒐集臺北市之里界圖作為研究空間之劃分依據，圖資內容與說明如表 4-2 所示，並利用各圖資針對土地使用資料進行地理資訊系統疊圖分析。

表 4- 2 圖資內容與資料來源說明

資料名稱	圖資最新更新日期	資料格式	資料來源
國土利用調查圖	107/01/24	SHP	內政部國土測繪中心
里界圖	108/01/15	SHP	內政部國土測繪中心
都市計畫使用分區圖	106/08/07	SHP	內政部營建署

2. 土地使用資料處理過程

(1) 土地使用面積

取得土地使用面積資料目的是為了建立土地使用與行人流量關聯性連結，以進一步建立人行道之行人流量推估模式。

內政部國土測繪中心所辦理全面性地土地使用現況成果調查，目前「土地利用系統分類表」調查至第 2 級分類調查工作，並自 105 年起每 2 年頻率更新 1 次，本研究利用之圖資最新更新日期為 107 年。研究中所指之土地使用面積係指國土利用調查中第 1 級分類系統，共分為 9 大類（01：農業利用土地；02：森林利用土地；03：交通利用土地；04：水利利用土地；05：建築利用土地；06：公共利用土地；07：遊憩利用土地；08：礦鹽利用土地；09：其他）。

本研究範圍為臺北市，土地使用分區以里作為最小之空間範圍，故整合臺北市之國土利用調查成果後，與里界圖進行空間資訊系統疊圖，以計算各里之 9 大類不同使用之土地使用面積。疊圖處理過程示意圖如圖 4-10 所示。

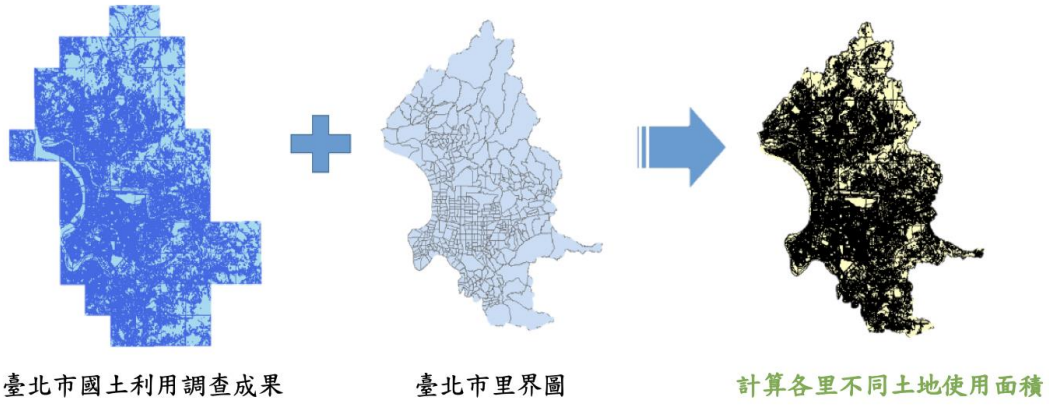


圖 4- 10 土地使用面積疊圖處理過程

(2) 樓地板面積

因考量部分土地有立體使用之可能，包含 05：建築利用土地（0501：商業；0502：純住宅；0503：混合使用住宅；0504：製造業；0505：倉儲；0506：宗教；0507：殯葬設施；0508：其他）、06：公共利用土地（0601：政府機關；0602：學校；0603：醫療保健；0604：社會福利設施；0605：公用設備；0606：環保設施）與 07：遊憩利用土地（0701：文化設施；0702：公園綠地廣場；0703：休閒設施）等 3 類，故須配合都市計畫中的容積率規定以估計不同土地使用之樓地板面積，因本研究為瞭解行人流量與毗鄰土地使用強度之關聯，為避免低估未來行人流量並保留模式預測之彈性，故採用容積率皆為該種使用別之上限為原則。

臺北市範圍內皆為都市計畫區，故整合臺北市國土利用調查成果後與臺北市都市計畫圖進行疊圖，再將該成果與臺北市里界圖疊合，以估計各里之建築利用、公共利用與遊憩利用等不同使用之樓地板面積。疊圖處理過程示意圖如圖 4-11、圖 4- 12 所示。

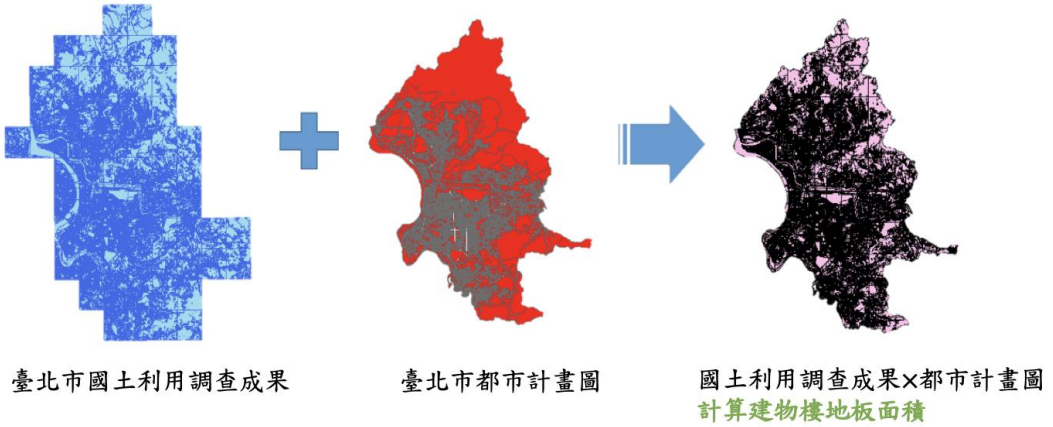


圖 4- 11 臺北市樓地板面積疊圖處理過程(一)

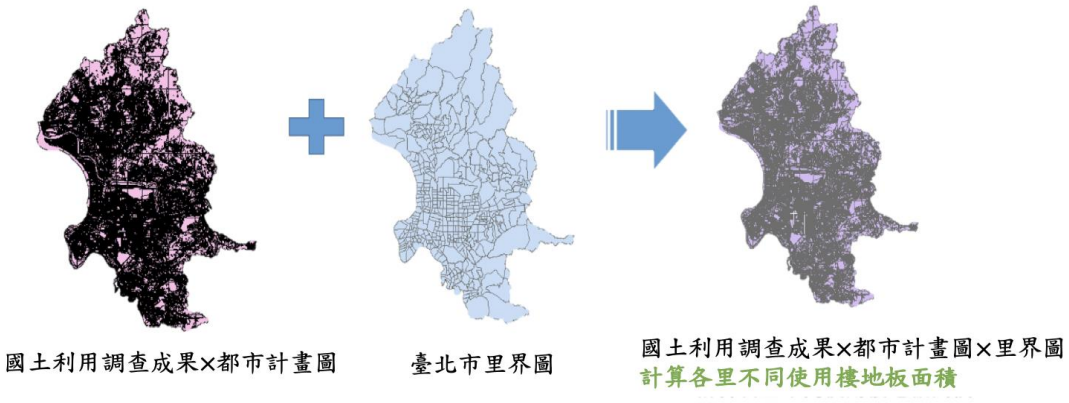


圖 4- 12 臺北市樓地板面積疊圖處理過程(二)

1. 成果展示

土地使用的類型與強度分為土地使用面積與樓地板面積兩種，本研究為瞭解不同土地使用類型與強度的都市計畫地區，其各級道路系統對人行道行人流量的影響，故應考量不同土地使用類別所產生的社會經濟活動與特性所引發之不同旅運需求旅次特性。其中包含住宅區（家旅次）、住商混合區（家旅次及工作或購物旅次）、商業區（工作或購物旅次）、工業區（工作旅次）、政府機關（工作或洽公旅次）與公園綠地（休閒、運動旅次）。

臺北市各土地使用之樓地板面積如圖 4- 13 所示，各使用之樓地板面積前三名依序為住宅區(33.18%)、住商混合區(28.85%)、商業區(18.53%)。

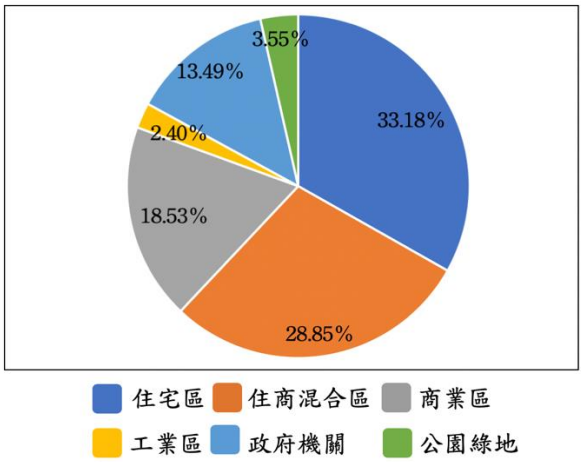


圖 4- 13 臺北市各土地使用樓地板面積

（二） 附近重要地點(point of interests, POI)

在旅次吸引及產生點附近均會有較多行人流量，人行道的行人流量亦會隨之提高，因此此類變數為本研究重要之解釋變數，包括學校規模、百貨公司樓地板

面積及公園綠地用地面積比例。因一般步行僅為短程之旅次空間移動，當步行距離超過行人所能忍受之距離時，將會捨棄步行而採用其他運具，又根據文獻回顧，多數人可以接受的步行距離為 500m，故本研究以路段中點為中心，半徑 500m 作為學校規模及百貨公司樓地板面積變數之量測單位。

在學校規模部分，本研究以調查行人流量的路段中點為中心，調查半徑 500m 內的所有學校（包括國小、國中、高中、高職及大專院校），並於教育部統計處蒐集各校學生數，計算半徑 500m 內的所有學校學生總數，作為學校規模之變數資料。百貨公司樓地板面積部分，本研究以調查行人流量的路段中點為中心，調查半徑 500m 內的所有百貨公司，並於各百貨公司網站蒐集百貨公司樓地板面積，計算半徑 500m 內的所有百貨公司樓總地板面積，作為百貨公司樓地板面積之變數資料。而公園綠地用地面積比例部分則根據土地使用資料之蒐集及處理方式計算，整合臺北市國土利用調查成果後與臺北市都市計畫圖進行疊圖，再將該成果與臺北市里界圖疊合，以估計各里之公園、綠地、廣場用地面積。

（三） 公共運輸供給狀況

公共運輸場站為一旅次吸引及產生點，若該路段附近的公共運輸場站越多，行人流量會越大，對人行道之需求亦會越高。本研究將公共運輸分為火車、捷運、公車、公共自行車四項，以路段中點為中心，調查半徑 500m 內是否有火車站、是否有捷運站、公車站數及公共自行車站數，各項公共運輸資料取得來源為公共運輸整合資訊流通服務平臺與政府資料開放平台。

四、社經環境資料

本研究人口社會經濟變數以里作為量測單位，資料來源為臺北市民政局、財政資訊中心與政府資料開放平台，蒐集臺北市 12 個區，共 456 個里 109 年的人口社會經濟統計資料，包含人口數、人口密度、薪資所得、就業人數及各年齡人口結構，作為社經環境解釋變數。

4.1.2 資料分析

一、基本統計分析

本研究欲瞭解影響人行道行人流量的關鍵因素，故採用行人流量作為應變數，將自變數分為人行道供給變數、建成環境變數及社經環境變數三大類。行人流量資料平、假日各蒐集 96 筆，共 192 筆，因此行人流量、人行道供給變數及建成環境變數中的學校規模、百貨公司樓總地板面積、是否有火車站、是否有捷運站、公車站數與公共自行車站數的基本統計分析樣本個數為 192 個，其餘建成環境

中之土地使用變數及社經變數均使用全臺北市 456 個里的資料進行分析。各變數之基本統計分析分述如下，將資料分為連續型和類別型分別統計：

（一） 行人流量統計分析

根據本研究調查，一天中行人流量的尖峰小時為 17-21 點，故蒐集這四個小時的行人流量，利用 15 分鐘尖峰小時因子(PHF15)之概念，計算尖峰小時行人流量。本研究行人流量資料共蒐集 192 筆樣本，依土地使用分為：住宅區 19 筆、住商混合區 49 筆、商業區 60 筆、工業區 32 筆及文教行政區 32 筆；依道路等級分為：主要道路 111 筆、次要道路 49 筆及服務道路 32 筆，資料分佈如表 4-3。

行人流量資料 192 筆樣本中，平、假日樣本數各為 96 筆，其中，平日平均尖峰小時因子為 0.75，平均尖峰小時行人流量為每小時 339 人，標準差為每小時 274 人，中位數為每小時 269 人，最大值為每小時 1435 人，最小值為每小時 32 人；假日平均尖峰小時因子為 0.76，平均尖峰小時行人流量為每小時 281 人，標準差為每小時 287 人，中位數為每小時 192 人，最大值為每小時 1638 人，最小值為每小時 28 人。

表 4- 3 行人流量資料分佈

道路等級 / 土地使用	主要道路	次要道路	服務道路	總計
住宅區	7	6	6	19
住商混合區	29	16	4	49
商業區	48	8	4	60
工業區	8	14	10	32
行政文教區	19	5	8	32
總計	111	49	32	192

表 4- 4 行人流量變數基本統計

	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值	個數
平日	339	269	274	32	1435	96
假日	281	192	287	28	1638	96

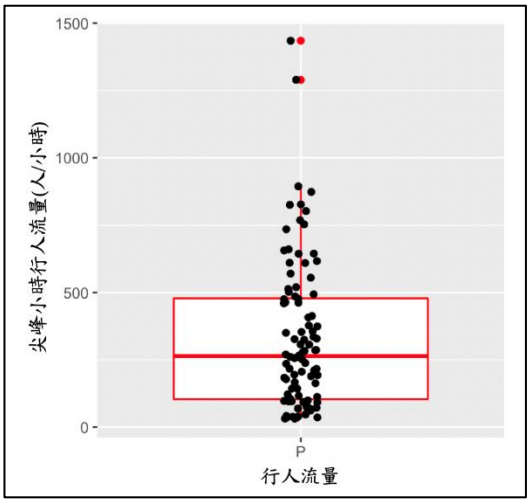


圖 4- 14 平日行人流量樣本分佈圖

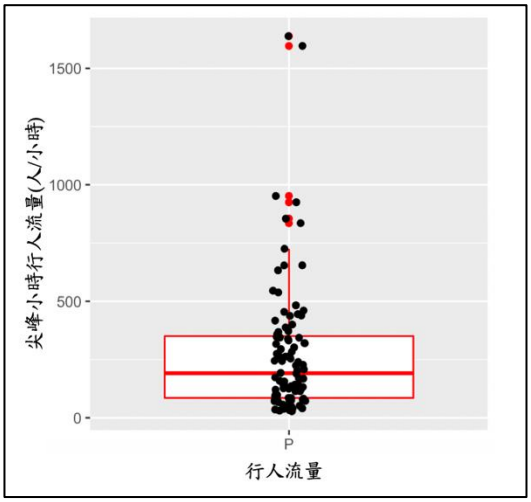


圖 4- 15 假日行人流量樣本分佈圖

（二） 人行道供給變數統計分析

針對所調查的 192 個路段，至營建署公開資料蒐集各人行道變數做基本統計分析，統計結果整理如表 4-5 及表 4-6 所示。

1. 人行道淨寬：平均淨寬為 2.02 公尺，標準差為 0.90 公尺，最大淨寬為 5.67 公尺，最小淨寬為 0.91 公尺。根據市區道路人行道設計規定，人行道淨寬不得小於 1.5 公尺，由分析結果可得知有的人行道淨寬不足，不符合設計規定，會讓輪椅使用者、推嬰兒車或攜帶大件行李的用路人無法通行。

2. 人行道面積：平均面積為 451.28 平方公尺，標準差為 633.19 平方公尺，最大面積為 3701.73 平方公尺，最小面積為 26.37 平方公尺。

3. 人行道上設施物所佔面積：平均面積為 51.24 平方公尺，標準差 90.44 為平方公尺，最大面積為 490 平方公尺，最小面積為 0 平方公尺。

4. 人行道照明：無照明為 0，有照明為 1；人行道 76.04% 有照明，23.96% 無照明。根據分析結果可知，有超過四分之三的人行道均有提供照明。

5. 人行道遮蔭：無遮蔭為 0，有遮蔭為 1，人行道 62.50% 有遮蔭，37.50% 無遮蔭。根據分析結果可知，有近三分之二的人行道均有提供遮蔭。

6. 無障礙設施：路緣斜坡數量平均數為 3 個，標準差為 2 個，最大值為 18 個，最小值為 2 個。

7. 人行道破損程度：平均數為 9.58%，標準差為 3.55%，最大值為 34.5%，最小值為 0%。根據分析結果可得知，有人行道的破損部分超過整體的三分之一，可能會影響使用者的安全。

表 4- 5 人行道供給連續變數基本統計

變數名稱	平均數	標準差	最大值	最小值
人行道淨寬	2.02	0.90	5.67	0.91
人行道面積	451.28	633.19	3701.73	26.37
人行道上設施物所佔面積	51.24	90.44	490.00	0.00
無障礙設施	3	2	18	2
人行道破損程度	9.58%	3.55%	34.5%	0%

表 4- 6 人行道供給類別變數基本統計

變數名稱	類別	樣本數	比例
人行道照明	有照明	73	76.04%
	無照明	22	23.96%
人行道遮蔭	有遮蔭	59	62.50%
	無遮蔭	36	37.50%

（三） 建成環境變數基本統計分析

本研究將建成環境變數分類為土地使用、附近重要地點及公共運輸供給狀況，土地使用樣本數為全臺北市 456 個里，附近重要地點及公共運輸供給狀況樣本數為本研究所蒐集之 192 個路段。各類建成環境變數基本統計分析詳述如下，統計結果整理如表 4-7 及表 4-8 所示：

- **土地使用**

1. 總樓地板面積：平均數為 0.37 平方公里，標準差為 0.36 平方公尺，最大值為南港區中南裡，3.64 平方公里，最小值為士林區平等里，0.01 平方公里。

2. 住宅區樓地板面積比例：住宅區佔總樓地板面積比例，平均數為 35.89%，標準差為 19.72%，最大值為北投區智仁里里 89.95%，最小值為文山區老泉里 0.00%。

3. 住商混合區樓地板面積比例：住商混合區佔總樓地板面積比例，平均數為 28.61%，標準差為 17.47%，最大值為中山區龍洲里里 86.28%，最小值為文山區老泉里 0.00%。

4. 商業區樓地板面積比例：商業區佔總樓地板面積比例，平均數為 12.10%，標準差為 13.70%，最大值為內湖區湖元里 81.16%，最小值為士林區平等里、中山區北安里、內湖區安泰里等 12 個里 0.00%。

5. 工業區樓地板面積比例：工業區佔總樓地板面積比例，平均數為 1.55%，標準差為 5.77%，最大值為士林區富洲里 69.03%，最小值為士林區平等里、大安區永康里、大安區車曾裡等 46 個里 0.00%。

6. 政府機關區樓地板面積比例：政府機關區佔總樓地板面積比例，平均數為 4.48%，標準差為 12.78%，最大值為南港區新光里 94.47%，最小值為士林區天山里、大同區延平里、大安區正聲里等 247 個里 0.00%，有政府機關區的佔 46.05%。

- **附近重要地點**

1. 學校規模：平均數為 4.72 千人，標準差為 6.44 千人，最大值為 32.68 千人，最小值為 0.00 千人。

2. 百貨公司樓總地板面積：平均數為 0.03 平方公里，標準差為 0.11 平方公里，最大值為 0.55 平方公里，最小為 0.00 平方公里。

3. 公園綠地用地面積比例：平均數為 2.84%，標準差為 4.92%，最大值為萬華區騰雲里 50.44%，最小值為士林區天祿里、百齡里、東山里等 49 個里 0.00%。

- **公共運輸供給狀況**

1. 是否有火車站：無火車站為 0，有火車站為 1，人行道路段半徑 500m 內 4.17% 有火車站， 95.83% 無火車站。根據分析結果可知，本研究所調查之路段多數半徑 500m 內沒有火車站。

2. 是否有捷運站：無捷運站為 0，有捷運站為 1，人行道路段半徑 500m 內 86.46% 有捷運站， 13.54% 無捷運站。根據分析結果可知，有超過五分之四的路段半徑 500m 內有捷運站。

3. 公車站數：平均數為 29 站，標準差為 11 站，最大值為 50 站，最小值為 8 站。

4. 公共自行車站數：平均數為 5 站，標準差為 3 站，最大值為 10 站，最小值為 1 站。

表 4- 7 建成環境連續變數基本統計

變數種類	變數名稱	平均數	標準差	最大值	最小值	樣本數
土地使用	總樓地板面積	370133.13	362386.41	3638982.53	11173.44	456
	住宅區樓地板面積比例	35.89%	19.72%	89.95%	0.00%	456
	住商混合區樓地板面積比例	28.61%	17.47%	86.28%	0.00%	456
	商業區樓地板面積比例	12.1%	13.7%	81.16%	0.00%	456
	工業區樓地板面積比例	1.55%	5.77%	69.03%	0.00%	456
	政府機關區樓地板面積比例	4.48%	12.78%	94.47%	0.00%	456
附近重要地點	學校規模	4.72	6.44	32.68	0.00	192
	百貨公司樓總地板面積	0.03	0.11	0.55	0.00	192
	公園綠地用地面積比例	2.84%	4.92%	50.44%	0.00%	456
公共運輸供給狀況	公車站數	29	11	50	8	192
	公共自行車站數	5	3	10	1	192

表 4- 8 建成環境類別變數基本統計

變數名稱	類別	樣本數	比例
是否有火車站	有火車站	8	4.17%
	無火車站	184	95.83%
是否有捷運站	有捷運站	166	86.46%
	無捷運站	26	13.54%

（四） 社經環境變數基本統計分析

針對本研究社經環境變數資料做初步的基本統計分析，蒐集全臺北市 456 個里於 109 年之政府統計資料，統計結果整理如表 4-9。

1. 人口數：平均數為 5.88 千人，標準差為 2.06 千人，最大值為萬華區福音里，11.90 千人，最小值為中山區力行里，0.98 千人。

2. 人口密度：平均數為每平方公里 31.51 千人，標準差為每平方公里 28.50 千人，最大值為萬華區凌霄里，每平方公里 330.21 千人，最小值為北投區湖田里，每平方公里 0.21 千人。

3. 平均每人薪資所得：平均數為每人每年 2.86 十萬元，標準差為每人每年 0.68 十萬元，最大值為萬華區糖部里，每人每年 5.39 十萬元，最小值為中山區力行里，每人每年 1.30 十萬元。

4. 就業人數：平均數為 3.08 千人，標準差為 1.10 千人，最大值為士林區福安里 6.51 千人，最小值為中山區力行里 0.49 千人。

5. 未成年人口比例：平均數為 16.37%，標準差為 3.64%，最大值為內湖區東湖里 28.97%，最小值為北投區吉利里 9.74%。

6. 壯年人口比例：平均數為 66.85%，標準差為 3.29%，最大值為士林區德華里 73.5%，最小值為萬華區忠德里 58.11%。

7. 老年人口比例：平均數為 16.77%，標準差為 3.07%，最大值為中山區新生里 27.26%，最小值為中山區新喜里 7.29%。

表 4- 9 社經環境變數基本統計

變數名稱	平均數	標準差	最大值	最小值
人口數	5.88	2.06	11.90	0.98
人口密度	31.51	28.50	330.21	0.21
平均每人薪資所得	2.86	0.68	5.39	1.30
就業人數	3.08	1.10	6.51	0.49
未成年人口比例	16.37%	3.64%	28.97%	9.74%
壯年人口比例	66.85%	3.29%	73.50%	58.11%
老年人口比例	16.77%	3.07%	27.26%	7.29%

二、交叉分析

本研究利用交叉分析檢定自變數與應變數（行人流量）間的關係，將模式分成平日與假日，變數以線性（xy 皆為線性形式）及對數形式（xy 皆為對數形式），透過皮爾森積差相關分析自變數與應變數間的相關性，分析結果整理如表 4-10 及表 4-11。

平日模式連續變數中共有 7 個變數（人行道上設施物所佔面積、人行道破損程度、工業區樓地板面積比例、政府機關區樓地板面積比例、公園綠地用地面積比例、平均每人薪資所得及 18-64 歲人數比例）與應變數呈負相關，顯示這些變數的值越大行人流量會越少，其餘變數均呈現正相關。其中，僅各里平均每人

薪資所得的正負號與預期相反，顯示里的平均每人薪資所得越高，步行的人越少，人行道的行人流量也就越少。

表 4- 10 平日模式皮爾森積差相關分析表

變數種類		變數名稱	(線性)相關係數	(對數)相關係數
人行道供給變數		人行道淨寬	0.4121	0.2531
		人行道面積	0.3203	0.0077
		人行道上設施物所佔面積	-0.2300	-0.0108
		人行道照明	0.0732	0.0016
		人行道遮蔭	0.0386	0.0351
		無障礙設施	0.0487	0.0530
		人行道破損程度	-0.0037	-0.0504
建成環境變數	土地使用	總樓地板面積	0.0030	0.0162
		住宅區樓地板面積比例	0.0467	0.0486
		住商混合區樓地板面積比例	0.3113	0.2670
		商業區樓地板面積比例	0.0934	0.0517
		工業區樓地板面積比例	-0.1685	-0.2495
		政府機關區樓地板面積比例	-0.0349	-0.0084
建成環境變數	附近重要地點	學校規模	0.0067	0.1963
		百貨公司樓總地板面積	0.1248	0.0270
		公園綠地用地面積比例	-0.2985	-0.3746
建成環境變數	公共運輸供給狀況	是否有火車站	0.0464	0.0757
		是否有捷運站	0.0807	0.0021
		公車站數	0.5120	0.6093
		公共自行車站數	0.4924	0.4087
社經環境變數		人口數	0.2058	0.1456
		人口密度	0.3044	0.2890
		平均每人薪資所得	-0.0435	-0.0746
		就業人數	0.2111	0.1796
		未成年人口比例	0.0599	0.1071
		壯年人口比例	-0.0566	-0.0576
		老年人口比例	0.0922	0.1276

假日模式的交叉分析結果與平日相同，連續變數中共有 7 個變數（人行道上設施物所佔面積、人行道破損程度、工業區樓地板面積比例、政府機關區樓地板面積比例、公園綠地用地面積比例、平均每人薪資所得及 18-64 歲人數比例）與應變數呈負相關，顯示這些變數的值越大行人流量會越少，其餘變數均呈現正

相關。其中，僅各里平均每人薪資所得的正負號與預期相反，顯示里的平均每人薪資所得越高，步行的人越少，人行道的行人流量也就越少。

表 4- 11 假日模式皮爾森積差相關分析表

變數種類		變數名稱	(線性)相關係數	(對數)相關係數
人行道供給變數		人行道淨寬	0.4426	0.3309
		人行道面積	0.4835	0.1432
		人行道上設施物所佔面積	-0.4114	-0.0706
		人行道照明	0.0239	0.1356
		人行道遮蔭	0.0652	0.0388
		無障礙設施	0.0857	0.0822
		人行道破損程度	-0.0137	-0.0870
建成環境變數	土地使用	總樓地板面積	0.0926	0.2079
		住宅區樓地板面積比例	0.0772	0.0612
		住商混合區樓地板面積比例	0.3834	0.4291
		商業區樓地板面積比例	0.1017	0.1564
		工業區樓地板面積比例	-0.2096	-0.2652
		政府機關區樓地板面積比例	-0.0540	-0.0729
建成環境變數	附近重要地點	學校規模	0.1524	0.3039
		百貨公司樓總地板面積	0.0363	0.0495
		公園綠地用地面積比例	-0.0755	-0.2412
建成環境變數	公共運輸供給狀況	是否有火車站	0.1078	0.0836
		是否有捷運站	0.2274	0.1734
		公車站數	0.4919	0.6537
		公共自行車站數	0.5847	0.5706
社經環境變數		人口數	0.3487	0.1777
		人口密度	0.4176	0.4760
		平均每人薪資所得	-0.0778	-0.0281
		就業人數	0.3147	0.1974
		未成年人口比例	0.1054	0.1598
		壯年人口比例	-0.0058	-0.0538
		老年人口比例	0.0831	0.1653

4.2 人行道系統服務水準評估

本研究人行道系統服務水準評估中，各項資料來源為營建署所建置之市區道路人行安全地理資訊系統 109 年的資料，包含人行道淨寬、設施物所佔面積、路緣斜坡數、是否有天候防護設施、座椅與涼亭數量、是否有植栽及公共藝術品、

路燈數、鋪面破損程度、是否有號誌控制設施、導引設施、服務設施及人行道是否各方向均能暢通等資料。所需資料如表 4-12 所示。

表 4- 12 人行道人行道系統服務水準評估各準則所需資料

準則	所需資料
人行道最小有效寬度	人行道淨寬
動線障礙程度	人行道面積、固定設施物所佔面積
無障礙設施	路緣斜坡數量
天候防護設施	騎樓設置_設置、人行道其他固定設施數量
可休憩空間	人行道其他固定設施數量
人行道綠美化	人行道樹穴數量
照明設備	人行道固定桿類設施數量
人行道鋪面破損程度	破損程度
號誌控制設施	人行道固定桿類設施數量
導引設施	人行道固定桿類設施數量、人行道其他固定設施數量
服務設施	人行道其他固定設施數量
串連性	人行道是否各方向均能暢通

第五章 模式推估與應用

本章將以第四章蒐集、處理及分析後的資料，進行行人流量關鍵影響因素分析、建立行人流量推估模式並進行驗證，以及計算人行道服務水準評估之準則權重，最後以臺北市進行實例應用，通過模式求解及評估結果，評定及比較各人行道服務水準，以供道路主管機關參考。本研究中行人流量模式推估皆使用 R studio 軟體，迴歸模式使用 stats 套件的 lm 功能進行線性迴歸校估；倒傳遞類神經網路使用 neuralnet 及 nnet 套件進行模式之演算。

5.1 影響行人流量之關鍵影響因素分析

本小節將平、假日之行人流量以線性迴歸模式進行推估，為比較估計係數大小，因此分別推估線性（xy 皆為線性形式）及對數形式（xy 皆為對數形式）的模式。考慮的自變數如 3.1.2 小節所述，包含人行道供給變數、建成環境變數及社經環境變數。

(一) 平日模式

首先以行人流量作為應變數，篩選掉造成共線性的自變數，模式結果如表 5-1。模式之 Adjusted R^2 為 0.5357，且所有變數之變異數膨脹因子(VIF)值均小於 10，故不會有變數共線性問題。模式結果顯示，變數的正負號均與 4.1.2 小節交叉分析之結果相同。人行道供給變數部分，人行道面積每增加 1 平方公尺，行人流量每小時會增加 1 個人。建成環境變數部分，總樓地板面積每增加 1 平方公尺，行人流量每小時會增加 172 個人；商業區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會增加 586 個人；政府機關區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 746 個人；學校規模每增加 1 千人，行人流量每小時會增加 9 個人；公園綠地用地面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 2996 個人；人行道半徑 500m 內有捷運站，行人流量每小時會增加 75 個人；人行道半徑 500m 內公車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 12 個人；人行道半徑 500m 內公共自行車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 50 個人。

再來將應變數改為行人流量的對數，模式結果如表 5-1。其 Adjusted R^2 為 0.658，配適度較線性模式高，所有變數之變異數膨脹因子(VIF)值同樣均小於 10，故不會有變數共線性問題，變數正負號也與線性模式相同。結果顯示，人行道淨寬每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.47%；人行道有照明，行人流量每小時會增加 29%。建成環境變數部分，總樓地板面積每增加 1 平方公里，行人流量每小時會增加 0.66%；住商混合區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會增加 1.41%；商業區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會增加

1.13%；工業區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 8.54%；政府機關區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 3.24%；學校規模每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.25%；公園綠地用地面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 7.15%；人行道半徑 500m 內有捷運站，行人流量每小時會增加 31%；人行道半徑 500m 內公車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 6%；人行道半徑 500m 內公共自行車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 14%。社經環境變數部分，未成年人口比例每增加 1%，行人流量每小時會增加 5.69%。

由上述結果可知對數模式之配適度較高，且不管變數為何種形式，在建成環境的土地使用變數中，總樓地板面積及商業區樓地板面積比例越高，行人流量越多，總樓地板面積及商業區樓地板面積比例越多代表該地發展程度越高，經濟活動也越多，因此行人流量也會增加；而政府機關區樓地板面積比例越高，行人流量會越少，因為政府機關通常只有工作與洽公旅次，因此其樓地板面積比例越高，行人流量會越少。在附近重要地點變數中，學校規模越大，行人流量越多，因為學校多為通學旅次，學生需仰賴家長接送或搭乘公共運輸，且學校規模越大，於上下課時段行人流量也越多；公園綠地用地面積比例越高，行人流量會越少，因公園綠地用地面積較廣，且通常只有休閒旅次，因此其面積比例越高，行人流量會越少。在公共運輸供給狀況變數中，有捷運站、公車站數與公共自行車站數越多，行人流量會越多，因為公共運輸可提供便捷交通服務，更容易往返其他地區進行活動，因此公共運輸越完善，行人流量也會越多。

表 5- 1 平日模式分析結果

	線性模式			對數模式		
	估計值	p 值		估計值	p 值	
常數項	119.02	0.8455		6.92	0.0003	***
人行道供給變數						
人行道淨寬	8.37	0.8189		0.47	0.0337	**
人行道面積	0.16	0.0128	**	0.09	0.3385	
人行道上設施物所佔面積	-0.27	0.4641		-0.07	0.1930	
人行道照明	78.01	0.1465		0.29	0.0617	*
人行道遮蔭	11.50	0.8232		0.05	0.7829	
無障礙設施	13.54	0.2787		0.01	0.8310	
人行道破損程度	-717.30	0.2597		-0.78	0.6430	
建成環境變數						
總樓地板面積	171.54	0.0400	**	0.66	0.0119	**
住宅區樓地板面積比例	10.41	0.9651		0.69	0.3344	
住商混合區樓地板面積比例	96.78	0.7187		1.41	0.0975	*
商業區樓地板面積比例	585.20	0.0041	**	1.13	0.0715	*
工業區樓地板面積比例	-902.40	0.4809		-8.54	0.0258	**
政府機關區樓地板面積比例	-745.30	0.0153	**	-3.24	0.0005	***
學校規模	8.96	0.0512	*	0.25	0.0049	***
百貨公司樓總地板面積	376.30	0.2026		0.09	0.9204	

公園綠地用地面積比例	-2996.00	0.0011	***	-7.15	0.0038	***
是否有火車站	73.26	0.5887		0.34	0.3902	
是否有捷運站	74.32	0.0994	*	0.31	0.0165	**
公車站數	11.49	0.0009	***	0.06	0.0000	***
公共自行車站數	50.00	0.0013	***	0.14	0.0027	***
社經環境變數						
人口數	19.14	0.3248		0.33	0.2736	
人口密度	1.41	0.4810		0.09	0.5416	
平均每人薪資所得	-8.88	0.8172		-0.03	0.9391	
未成年人口比例	993.10	0.3202		5.69	0.0499	**
壯年人口比例	-16.06	0.9838		-3.91	0.1110	
樣本數	96			96		
R^2	0.6579			0.748		
Adjusted R^2	0.5357			0.658		
Residual Std. Error	(df = 70) 187.1			(df = 70) 0.5413		
F Statistic	(df = 25; 70) 5.39***			(df = 25; 70) 8.13***		

p 值顯著性標註： *p < 0.1; **p < 0.05; ***p < 0.01

(二) 假日模式

假日模式與平日模式相同，先以行人流量作為應變數，篩選掉造成共線性的自變數，模式結果如表 5-2。模式之 Adjusted R^2 為 0.5731，且所有變數之變異數膨脹因子(VIF)值均小於 10，故不會有變數共線性問題。模式結果顯示，變數的正負號均與 4.1.2 小節交叉分析之結果相同。人行道供給變數部分，人行道面積每增加 1 平方公尺，行人流量每小時會增加 1 個人。建成環境變數部分，學校規模每增加 1 千人，行人流量每小時會增加 12 個人；百貨公司樓地板面積每增加 1 平方公里，行人流量每小時會增加 489 個人；人行道半徑 500m 內公車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 12 個人；人行道半徑 500m 內公共自行車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 54 個人。

再來將應變數改為行人流量的對數，模式結果如表 5-2。其 Adjusted R^2 為 0.7067，配適度較線性模式高，所有變數之變異數膨脹因子(VIF)值同樣均小於 10，故不會有變數共線性問題，變數正負號也與線性模式相同。結果顯示，人行道淨寬每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.60%；人行道上設施物所佔面積每增加 1%，行人流量每小時會減少 0.10%。建成環境變數部分，工業區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 6.54%；政府機關區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 1.58%；學校規模每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.24%；百貨公司樓地板面積每增加 1 平方公里，行人流量每小時會增加 196.00%；人行道半徑 500m 內公車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 4%；人行道半徑 500m 內公共自行車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 21%。

由上述結果可知對數模式之配適度較高，且不管變數為何種形式，在建成環境的附近重要地點變數中，學校規模越大，行人流量越多，因為學校多為通學旅次，學生需仰賴家長接送或搭乘公共運輸，且學校規模越大，於上下課時段行人流量也越多；百貨公司樓總地板面積越大，行人流量越多，因為百貨公司多為休閒或購物旅次，會吸引民眾前往，為一旅次吸引點，行人流量會越多。在公共運輸供給狀況變數中，公車站數與公共自行車站數越多，行人流量會越多，因為公共運輸可提供便捷交通服務，更容易往返其他地區進行活動，因此公共運輸越完善，行人流量也會越多。

表 5- 2 假日模式分析結果

	線性模式			對數模式		
	估計值	**p 值**		**估計值**	**p 值**	
常數項	286.50	0.6407		4.13	0.0179	**
人行道供給變數						
人行道淨寬	7.50	0.8404		0.60	0.0048	***
人行道面積	0.14	0.0245	**	0.02	0.8009	
人行道上設施物所佔面積	-0.01	0.9829		-0.10	0.0551	*
人行道照明	42.21	0.4330		0.02	0.8751	
人行道遮蔭	26.52	0.6089		0.01	0.9773	
無障礙設施	2.31	0.8526		0.04	0.1797	
人行道破損程度	-683.80	0.2835		-0.26	0.8712	
建成環境變數						
總樓地板面積	86.22	0.2971		0.27	0.2701	
住宅區樓地板面積比例	1.36	0.9957		0.48	0.4820	
住商混合區樓地板面積比例	224.70	0.4073		-0.04	0.9597	
商業區樓地板面積比例	84.66	0.6764		-0.16	0.7789	
工業區樓地板面積比例	-113.80	0.9307		-6.54	0.0653	*
政府機關區樓地板面積比例	-459.30	0.1369		-1.58	0.0583	*
學校規模	11.97	0.0106	**	0.24	0.0031	***
百貨公司樓總地板面積	489.00	0.0998	*	1.96	0.0178	**
公園綠地用地面積比例	-917.70	0.3060		-0.57	0.7978	
是否有火車站	179.20	0.1940		0.14	0.7091	
是否有捷運站	22.01	0.6213		-0.13	0.2805	
公車站數	11.21	0.0011	***	0.04	0.0000	***
公共自行車站數	53.44	0.0006	***	0.21	0.0000	***
社經環境變數						
人口數	13.31	0.5406		0.01	0.9883	
人口密度	0.13	0.9493		0.08	0.5529	
平均每人薪資所得	-35.45	0.3608		-0.18	0.5799	
未成年人口比例	257.30	0.7965		0.11	0.9665	
壯年人口比例	-896.40	0.2565		-2.00	0.3729	
樣本數	96			96		
R^2	0.6854			0.7839		
Adjusted R^2	0.5731			0.7067		
Residual Std. Error	(df = 70) 187.5			(df = 70) 0.5053		
F Statistic	(df = 25; 70) 6.10***			(df = 25; 70) 10.16***		

p 值顯著性標註： *p < 0.1; **p < 0.05; ***p < 0.01

5.2 行人流量模式推估與驗證

5.2.1 迴歸模式推估結果

(一) 平日模式

由 5.1 的結果可知對數模式之配適度較高，故本小節將會以對數模式為主，以對數之行人流量為應變數。以表 5-1 對數模式之結果為基礎，將顯著性較低之變數逐一刪除，結果與逐步迴歸之結果相似，模式結果如表 5-3。模式之 Adjusted R^2 為 0.6838，且所有變數之變異數膨脹因子(VIF)值均小於 7，故變數間無共線性問題。模式結果顯示，人行道淨寬每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.40%；人行道上設施物所佔面積每增加 1%，行人流量每小時會減少 0.08%；人行道有照明，行人流量每小時會增加 27%。建成環境變數部分，總樓地板面積每增加 1 平方公里，行人流量每小時會增加 0.61%；商業區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.99%；工業區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 6.68%；政府機關區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 3.00%；學校規模每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.25%；公園綠地用地面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 7.09%；人行道半徑 500m 內有捷運站，行人流量每小時會增加 31%；人行道半徑 500m 內公車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 6%；人行道半徑 500m 內公共自行車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 15%。社經環境變數部分，人口密度每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.35%；未成年人口比例每增加 1%，行人流量每小時會增加 6.16%；老年人口比例每增加 1%，行人流量每小時會增加 3.66%。

表 5-3 平日行人流量推估模式結果

	估計值	標準誤	t 值	VIF 值	p 值	
常數項	6.29	1.51	4.18	-	0.0001	***
人行道供給變數						
人行道淨寬 ln(x)	0.40	0.19	2.07	2.24	0.0413	**
人行道上設施物所佔面積 ln(x)	-0.08	0.03	-2.28	1.74	0.0252	**
人行道照明	0.27	0.13	2.02	1.15	0.0470	**
建成環境變數						
總樓地板面積	0.61	0.21	2.90	3.98	0.0048	***
住宅區樓地板面積比例	0.93	0.61	1.52	3.75	0.1326	
住商混合區樓地板面積比例	0.99	0.60	1.65	3.70	0.1037	
商業區樓地板面積比例	0.99	0.57	1.73	6.61	0.0870	*
工業區樓地板面積比例	-6.68	2.87	-2.33	1.35	0.0226	**
政府機關樓地板面積比例	-3.00	0.75	-4.02	2.62	0.0001	***
學校規模 ln(x)	0.25	0.07	3.53	1.98	0.0007	***
公園綠地樓地板面積比例	-7.09	2.06	-3.45	2.37	0.0009	***

是否有捷運站	0.31	0.11	2.80	2.14	0.0064	***
公車站數	0.06	0.01	6.15	3.35	0.0000	***
公共自行車站數	0.15	0.04	3.59	2.63	0.0006	***
社經環境變數						
人口密度 ln(x)	0.35	0.18	1.93	1.68	0.0576	*
未成年人口比例	6.16	2.50	2.47	2.06	0.0158	**
壯年人口比例	-3.66	2.13	-1.72	2.05	0.0894	**
樣本數			96			
R^2			0.7404			
Adjusted R^2			0.6838			
Residual Std. Error (df = 78)			0.5204			
F Statistic (df = 17; 78)			13.09***			

p 值顯著性標註： *p < 0.1; **p < 0.05; ***p < 0.01

- **殘差分析**

迴歸模式具有三個基本假設：殘差須符合常態性、獨立性及同質性，唯有當殘差「同時滿足」這三個條件時，迴歸模型才能夠被確認為適合的。

1. 常態性

若迴歸模型是合適的，則預測的誤差應該要呈現隨機而非特定模式。因此可以藉由模型之殘差來確認，若模型殘差並不符合常態分配，則認為模型並不符合基本假設。本研究透過 Shapiro-Wilk 檢定進行常態性檢測，檢定假設為：$H0$: 殘差服從常態分配；$H1$: 殘差不服從常態分配。研究結果 W = 0.9753, p-value = 0.0664 > 0.05，代表不會拒絕$H0$，故殘差服從常態分配。

2. 獨立性

基本模型中假設殘差之間是互相獨立的，否則若殘差存在自我相關性時，會嚴重低估誤差項的變異數。殘差獨立性常用的檢定方法為 Durbin-Watson 檢定，其檢定假設為：$H0$: 殘差具獨立性；$H1$: 殘差不具獨立性。研究結果 D-W Statistic = 1.1673, p-value = 0.0763 > 0.05，代表不會拒絕$H0$，故殘差間相互獨立。

3. 同質性

合適的迴歸模型，殘差的變異數應該要一致，而非呈現系統性變化。本研究使用卡方檢定進行同質性檢測，檢定假設為：$H0$: 殘差具有同質性；$H1$: 殘差不具有同質性。研究結果 Chisquare = 1.0623, Df = 1, p = 0.3027 > 0.05，代表不會拒絕$H0$，故殘差具有同質性。

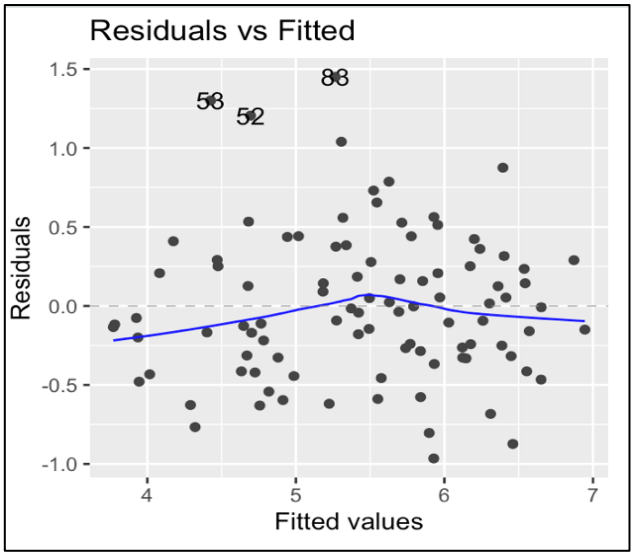


圖 5- 1 平日行人流量推估模式殘差分佈圖

(二) 假日模式

由 5.1 的結果可知對數模式之配適度較高，故本小節將會以對數模式為主，以對數之行人流量為應變數。以表 5-4 對數模式之結果為基礎，將顯著性較低之變數逐一刪除，結果與逐步迴歸之結果相似，模式結果如表 5- 4。模式之 Adjusted R^2 為 0.7425，且所有變數之變異數膨脹因子(VIF)值均小於 2，故變數間無共線性問題。模式結果顯示，人行道淨寬每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.66%；人行道上設施物所佔面積每增加 1%，行人流量每小時會減少 0.11%；無障礙設施數每增加 1 個，行人流量每小時會增加 4.00%。建成環境變數部分，工業區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 7.05%；政府機關區樓地板面積比例每增加 1%，行人流量每小時會減少 1.39%；學校規模每增加 1%，行人流量每小時會增加 0.24%；百貨公司樓地面積比例每增加 1 平方公里，行人流量每小時會增加 227.00%；人行道半徑 500m 內有捷運站，行人流量每小時會增加 18%；人行道半徑 500m 內公車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 4%；人行道半徑 500m 內公共自行車站數每增加 1 站，行人流量每小時會增加 23%。

表 5- 4 假日行人流量推估模式結果

	估計值	標準誤	t 值	VIF 值	p 值	
常數項	4.45	1.03	4.32	-	0.0000	***
人行道供給變數						
人行道淨寬 ln(x)	0.66	0.15	4.26	1.81	0.0001	***
人行道上設施物所佔面積 ln(x)	-0.11	0.03	-3.68	1.74	0.0004	***
無障礙設施	0.04	0.02	1.84	1.07	0.0693	*

建成環境變數						
工業區樓地板面積比例	-7.05	2.44	-2.89	1.18	0.0049	***
政府機關樓地板面積比例	-1.39	0.53	-2.63	1.59	0.0102	**
學校規模 ln(x)	0.24	0.06	4.14	1.59	0.0001	***
百貨公司樓地板面積	2.27	0.56	4.07	1.47	0.0001	***
是否有捷運站	0.18	0.09	2.05	1.57	0.0433	**
公車站數	0.04	0.01	7.02	1.45	0.0000	***
公共自行車站數	0.23	0.03	7.57	1.86	0.0000	***
社經環境變數						
壯年人口比例	-2.15	1.55	-1.39	1.36	0.1681	
樣本數			96			
R^2			0.7723			
Adjusted R^2			0.7425			
Residual Std. Error (df = 84)			0.4735			
F Statistic (df = 17; 78)			25.91***			

p 值顯著性標註： *p < 0.1; **p < 0.05; ***p < 0.01

- **殘差分析**

迴歸模式具有三個基本假設：殘差須符合常態性、獨立性及同質性，唯有當殘差「同時滿足」這三個條件時，迴歸模型才能夠被確認為適合的。

1. 常態性

若迴歸模型是合適的，則預測的誤差應該要呈現隨機而非特定模式。因此可以藉由模型之殘差來確認，若模型殘差並不符合常態分配，則認為模型並不符合基本假設。本研究透過 Shapiro-Wilk 檢定進行常態性檢測，檢定假設為：$H0$: 殘差服從常態分配；$H1$: 殘差不服從常態分配。研究結果 W = 0.9917, p-value = 0.8179 > 0.05，代表不會拒絕$H0$，故殘差服從常態分配。

2. 獨立性

基本模型中假設殘差之間是互相獨立的，否則若殘差存在自我相關性時，會嚴重低估誤差項的變異數。殘差獨立性常用的檢定方法為 Durbin-Watson 檢定，其檢定假設為：$H0$: 殘差具獨立性；$H1$: 殘差不具獨立性。研究結果 D-W Statistic＝1.3238, p-value = 0.0692 > 0.05，代表不會拒絕$H0$，故殘差間相互獨立。

3. 同質性

合適的迴歸模型，殘差的變異數應該要一致，而非呈現系統性變化。本研究使用卡方檢定進行同質性檢測，檢定假設為：$H0$: 殘差具有同質性；$H1$:

殘差不具有同質性。研究結果 Chisquare = 0.5350, Df = 1, p = 0.4645 > 0.05，代表不會拒絕*H*0，故殘差具有同質性。

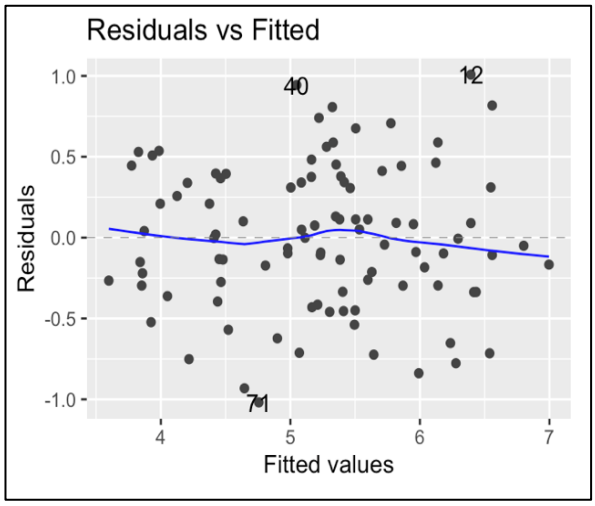


圖 5- 2 假日行人流量推估模式殘差分佈圖

5.2.2 倒傳遞類神經網路模式推估結果

本小節將 5.2.1 小節迴歸模式中所使用之變數，透過倒傳遞類神經網路建構行人流量推估模式。根據 3.1.2 小節，本研究 BPN 模式需設定之參數包括輸入層、輸出層、隱藏層層數、隱藏層神經元個數、學習速率、訓練次數、門檻值及起始權重值等八項，其中隱藏層神經元個數與學習速率之設定以試誤法(Try-and-error)進行調整。

(一) 平日模式

在平日模式中，本研究將訓練資料與測試資料分成 8:2，分別為訓練資料 76 筆，測試資料 20 筆資料；輸入層神經元數為 17 個，輸入層神經元數為 1 個，並以兩層隱藏層為基準尋找最佳之參數設定，包括隱藏層神經元數及學習率，以進行倒傳遞類神經網路之訓練。

- 網路之參數設定

1. 隱藏層神經元個數

本研究以(輸入層神經元數+輸出層神經元數)/2 為上限，從 1 個神經元測試至 9 個神經元，起始學習率設為 0.1，起始權重值設為 0.01，以均方根誤差(RMSE)達 0.01 或訓練次數達 10,000 次為訓練終止條件，其結果如表 5-5 與圖 5-3 所示。當隱藏層 1 神經元個數為 3，隱藏層 2 神經元個數為 3 時，測試資料具有較小之 MAPE 值，為 7.49%，雖然訓練 MAPE 值最小為(8,7) 3.18%，MAPE 值差異最小為(3,8) 1.92%，但由於本研究主要目的在於推估，故選取(3,3)作為設定之值。網路架構圖如圖 5-4。

表 5-5 平日模式網路隱藏層神經元個數設定結果

網路層數	輸入神經元數	輸出神經元數	隱藏層 1 神經元數	隱藏層 2 神經元數	學習率	訓練 MAPE	測試 MAPE	MAPE 差異
4	17	1	1	1	0.1	5.42%	8.38%	2.96%
4	17	1	1	2	0.1	6.18%	8.39%	2.21%
4	17	1	1	3	0.1	5.81%	8.44%	2.63%
4	17	1	1	4	0.1	5.37%	8.32%	2.95%
4	17	1	1	5	0.1	6.18%	8.92%	2.74%
4	17	1	1	6	0.1	5.35%	8.09%	2.74%
4	17	1	1	7	0.1	5.80%	8.41%	2.62%
4	17	1	1	8	0.1	5.47%	7.92%	2.44%
4	17	1	1	9	0.1	5.80%	8.41%	2.61%
4	17	1	2	1	0.1	5.43%	8.46%	3.03%
4	17	1	2	2	0.1	5.63%	8.53%	2.89%
4	17	1	2	3	0.1	4.82%	7.59%	2.77%
4	17	1	2	4	0.1	5.57%	7.79%	2.21%
4	17	1	2	5	0.1	5.36%	8.45%	3.10%
4	17	1	2	6	0.1	5.36%	8.86%	3.50%
4	17	1	2	7	0.1	4.82%	7.94%	3.13%
4	17	1	2	8	0.1	4.49%	8.71%	4.22%
4	17	1	2	9	0.1	5.36%	8.03%	2.67%
4	17	1	3	1	0.1	5.65%	8.38%	2.73%
4	17	1	3	2	0.1	4.52%	7.97%	3.45%
4	17	1	3	3	0.1	4.38%	7.49%	3.11%
4	17	1	3	4	0.1	5.19%	8.56%	3.36%
4	17	1	3	5	0.1	5.62%	7.92%	2.31%
4	17	1	3	6	0.1	4.70%	8.10%	3.40%
4	17	1	3	7	0.1	5.84%	9.07%	3.22%
4	17	1	3	8	0.1	5.82%	7.74%	1.92%
4	17	1	3	9	0.1	4.30%	8.50%	4.20%
4	17	1	4	1	0.1	3.64%	8.52%	4.88%
4	17	1	4	2	0.1	3.83%	8.94%	5.11%
4	17	1	4	3	0.1	4.71%	8.80%	4.09%
4	17	1	4	4	0.1	4.43%	7.53%	3.11%
4	17	1	4	5	0.1	5.31%	8.23%	2.92%
4	17	1	4	6	0.1	3.95%	9.15%	5.20%
4	17	1	4	7	0.1	3.78%	8.95%	5.17%
4	17	1	4	8	0.1	4.05%	8.60%	4.55%
4	17	1	4	9	0.1	4.11%	7.89%	3.78%
4	17	1	5	1	0.1	4.80%	7.63%	2.83%
4	17	1	5	2	0.1	4.52%	7.73%	3.21%

4	17	1	5	3	0.1	5.38%	8.17%	2.79%
4	17	1	5	4	0.1	4.42%	8.45%	4.03%
4	17	1	5	5	0.1	4.22%	9.46%	5.24%
4	17	1	5	6	0.1	4.54%	9.14%	4.60%
4	17	1	5	7	0.1	3.83%	9.23%	5.40%
4	17	1	5	8	0.1	4.16%	9.33%	5.17%
4	17	1	5	9	0.1	4.37%	7.82%	3.45%
4	17	1	6	1	0.1	3.79%	8.02%	4.24%
4	17	1	6	2	0.1	3.43%	8.31%	4.88%
4	17	1	6	3	0.1	4.13%	8.68%	4.55%
4	17	1	6	4	0.1	3.70%	8.14%	4.44%
4	17	1	6	5	0.1	3.43%	7.81%	4.38%
4	17	1	6	6	0.1	3.32%	8.16%	4.85%
4	17	1	6	7	0.1	3.68%	8.03%	4.35%
4	17	1	6	8	0.1	3.81%	8.71%	4.89%
4	17	1	6	9	0.1	4.10%	8.45%	4.35%
4	17	1	7	1	0.1	3.75%	8.59%	4.84%
4	17	1	7	2	0.1	3.73%	9.00%	5.27%
4	17	1	7	3	0.1	4.14%	8.76%	4.62%
4	17	1	7	4	0.1	4.15%	8.45%	4.30%
4	17	1	7	5	0.1	3.95%	8.69%	4.74%
4	17	1	7	6	0.1	3.82%	8.58%	4.76%
4	17	1	7	7	0.1	4.27%	8.89%	4.62%
4	17	1	7	8	0.1	4.18%	9.23%	5.05%
4	17	1	7	9	0.1	4.13%	9.27%	5.14%
4	17	1	8	1	0.1	3.48%	9.04%	5.56%
4	17	1	8	2	0.1	3.53%	9.02%	5.49%
4	17	1	8	3	0.1	4.16%	9.49%	5.33%
4	17	1	8	4	0.1	4.18%	8.98%	4.80%
4	17	1	8	5	0.1	3.58%	9.58%	6.00%
4	17	1	8	6	0.1	3.62%	8.84%	5.22%
4	17	1	8	7	0.1	3.18%	8.82%	5.64%
4	17	1	8	8	0.1	3.76%	9.23%	5.47%
4	17	1	8	9	0.1	4.13%	9.25%	5.12%
4	17	1	9	1	0.1	3.69%	8.57%	4.88%
4	17	1	9	2	0.1	3.75%	9.32%	5.57%
4	17	1	9	3	0.1	3.84%	8.53%	4.69%
4	17	1	9	4	0.1	3.63%	8.90%	5.27%
4	17	1	9	5	0.1	3.78%	8.63%	4.85%
4	17	1	9	6	0.1	3.22%	8.32%	5.10%
4	17	1	9	7	0.1	4.12%	9.25%	5.13%

4	17	1	9	8	0.1	4.84%	9.55%	4.71%
4	17	1	9	9	0.1	3.88%	9.09%	5.21%

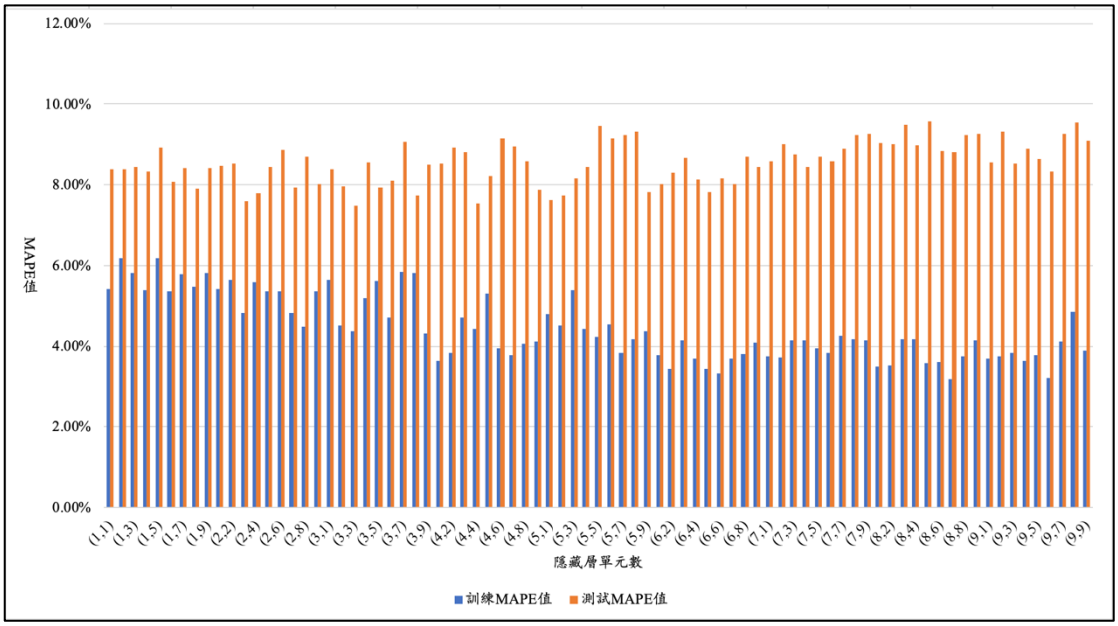


圖 5- 3 平日模式網路隱藏層神經元個數設定結果

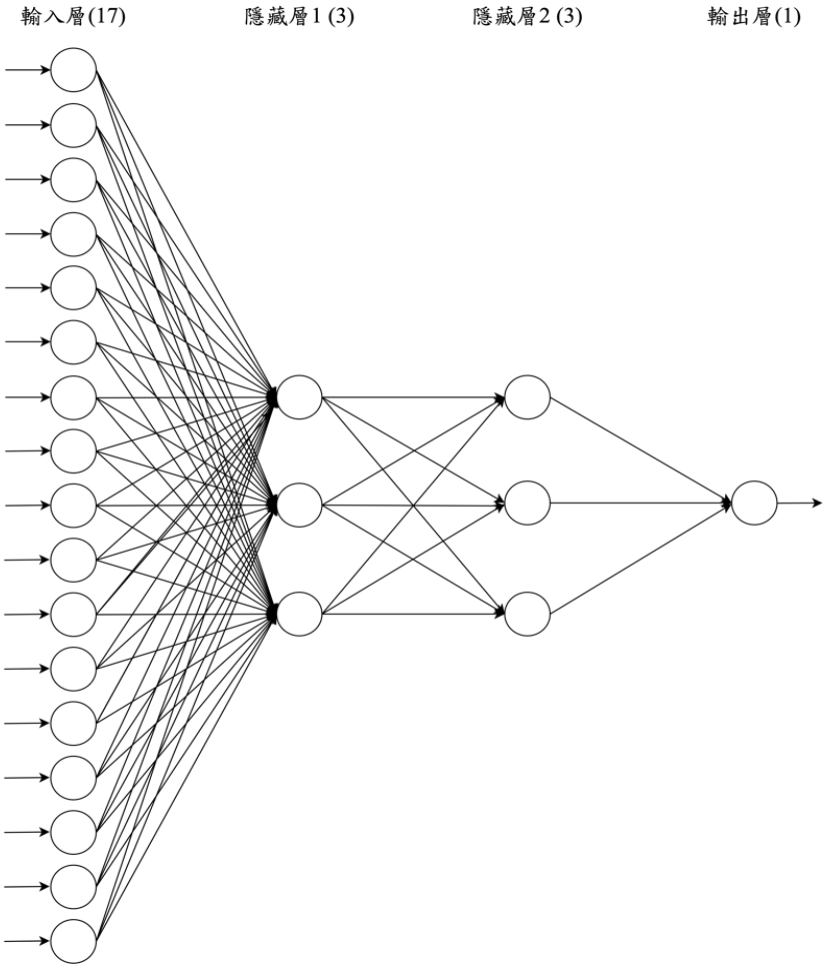


圖 5- 4 平日模式倒傳遞類神經網路架構圖

2. 學習率

以(17-3-3-1)的網路架構，學習率由 0.1 測試至 1，並以 0.1 為間隔單位，起始權重值設為 0.01，以均方根誤差(RMSE)達 0.01 或訓練次數達 10,000 次為訓練終止條件。結果發現，訓練時最佳學習率為 0.8，其 MAPE 值為 3.93%，測試結果以學習率 0.9 為最佳，其 MAPE 值為 7.00%，而 MAPE 值差異卻均以學習率 0.5 為最佳，為 2.65%，由於本研究主要目的在於推估，故取學習率為 0.9 作為設定之值。結果如表 5- 6 與圖 5-5 所示。

表 5- 6 平日模式網路學習速率設定結果

網路層數	輸入神經元數	輸出神經元數	隱藏層 1 神經元數	隱藏層 2 神經元數	學習率	訓練 MAPE	測試 MAPE	MAPE 差異
4	17	1	3	3	0.1	4.38%	7.49%	3.11%
4	17	1	3	3	0.2	4.32%	7.30%	2.98%
4	17	1	3	3	0.3	5.45%	8.14%	2.69%
4	17	1	3	3	0.4	5.63%	8.50%	2.87%
4	17	1	3	3	0.5	5.42%	8.07%	2.65%
4	17	1	3	3	0.6	5.43%	8.13%	2.70%
4	17	1	3	3	0.7	3.95%	8.22%	4.27%
4	17	1	3	3	0.8	3.93%	7.60%	3.67%
4	17	1	3	3	0.9	4.20%	7.00%	2.80%
4	17	1	3	3	1	3.95%	7.50%	3.55%

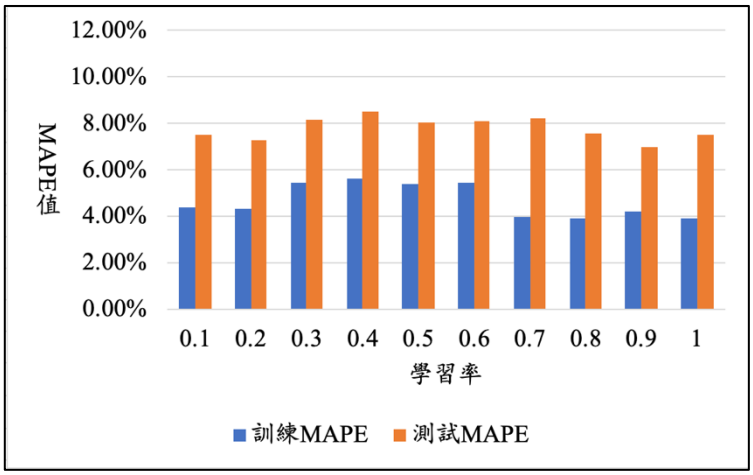


圖 5- 5 平日模式網路學習速率設定結果

綜合上述各項參數之設定值，並彙整如下所示：隱藏層數為兩層；隱藏層神經元數為第一層 3 個，第二層 3 個；學習率為 0.9；起始權重值與門檻值均為 0.01；訓練次數為 10,000 次。

(二) 假日模式

假日模式與平日模式相同，訓練資料與測試資料分成 8:2，分別為訓練資料 76 筆，測試資料 20 筆資料；輸入層神經元數為 11 個，輸入層神經元數為 1 個，並以兩層隱藏層為基準尋找最佳之參數設定，包括隱藏層神經元數及學習率，以進行倒傳遞類神經網路之訓練。

- 網路之參數設定

1. 隱藏層神經元個數

本研究以(輸入層神經元數+輸出層神經元數)/2 為上限，從 1 個神經元測試至 6 個神經元，起始學習率設為 0.1，起始權重值設為 0.01，以均方根誤差(RMSE)達 0.01 或訓練次數達 10,000 次為訓練終止條件，其結果如表 5-7 與圖 5-6 所示。當隱藏層神經元數為(6,1)時，有最小之訓練 MAPE 值 3.22%；隱藏層神經元數為(3,3)時，有最小之測試 MAPE 值 7.54%；隱藏層神經元數為(1,2)時，MAPE 值差異最小為 0.74%，由於本研究主要目的在於推估，故選取測試之 MAPE 值最小的(3,3)作為設定值，網路架構圖如圖 5-7。

表 5- 7 假日模式網路隱藏層神經元個數設定結果

網路層數	輸入神經元數	輸出神經元數	隱藏層 1 神經元數	隱藏層 2 神經元數	學習率	訓練 MAPE	測試 MAPE	MAPE 差異
4	11	1	1	1	0.1	7.11%	8.15%	1.04%
4	11	1	1	2	0.1	7.24%	7.71%	0.47%
4	11	1	1	3	0.1	7.21%	7.77%	0.56%
4	11	1	1	4	0.1	7.22%	7.74%	0.52%
4	11	1	1	5	0.1	7.24%	7.76%	0.52%
4	11	1	1	6	0.1	6.49%	9.19%	2.70%
4	11	1	2	1	0.1	5.92%	7.94%	2.02%
4	11	1	2	2	0.1	4.69%	8.64%	3.95%
4	11	1	2	3	0.1	4.39%	8.32%	3.93%
4	11	1	2	4	0.1	5.41%	8.52%	3.11%
4	11	1	2	5	0.1	5.47%	8.33%	2.86%
4	11	1	2	6	0.1	5.50%	8.16%	2.66%
4	11	1	3	1	0.1	5.61%	8.36%	2.75%
4	11	1	3	2	0.1	4.50%	8.36%	3.86%
4	11	1	3	3	0.1	3.66%	7.54%	3.88%
4	11	1	3	4	0.1	4.59%	8.89%	4.30%
4	11	1	3	5	0.1	4.32%	8.42%	4.10%
4	11	1	3	6	0.1	5.37%	7.78%	2.41%
4	11	1	4	1	0.1	4.14%	9.06%	4.92%

4	11	1	4	2	0.1	4.89%	8.85%	3.96%
4	11	1	4	3	0.1	4.11%	8.84%	4.73%
4	11	1	4	4	0.1	3.76%	7.77%	4.02%
4	11	1	4	5	0.1	3.67%	8.40%	4.73%
4	11	1	4	6	0.1	3.50%	8.13%	4.63%
4	11	1	5	1	0.1	4.00%	8.68%	4.68%
4	11	1	5	2	0.1	3.92%	8.74%	4.82%
4	11	1	5	3	0.1	3.58%	9.64%	6.06%
4	11	1	5	4	0.1	3.86%	10.84%	6.99%
4	11	1	5	5	0.1	3.38%	10.98%	7.60%
4	11	1	5	6	0.1	3.47%	9.06%	5.59%
4	11	1	6	1	0.1	3.22%	8.43%	5.21%
4	11	1	6	2	0.1	3.88%	8.89%	5.01%
4	11	1	6	3	0.1	4.38%	9.76%	5.38%
4	11	1	6	4	0.1	3.71%	8.78%	5.08%
4	11	1	6	5	0.1	3.78%	7.87%	4.09%
4	11	1	6	6	0.1	4.43%	8.49%	4.07%

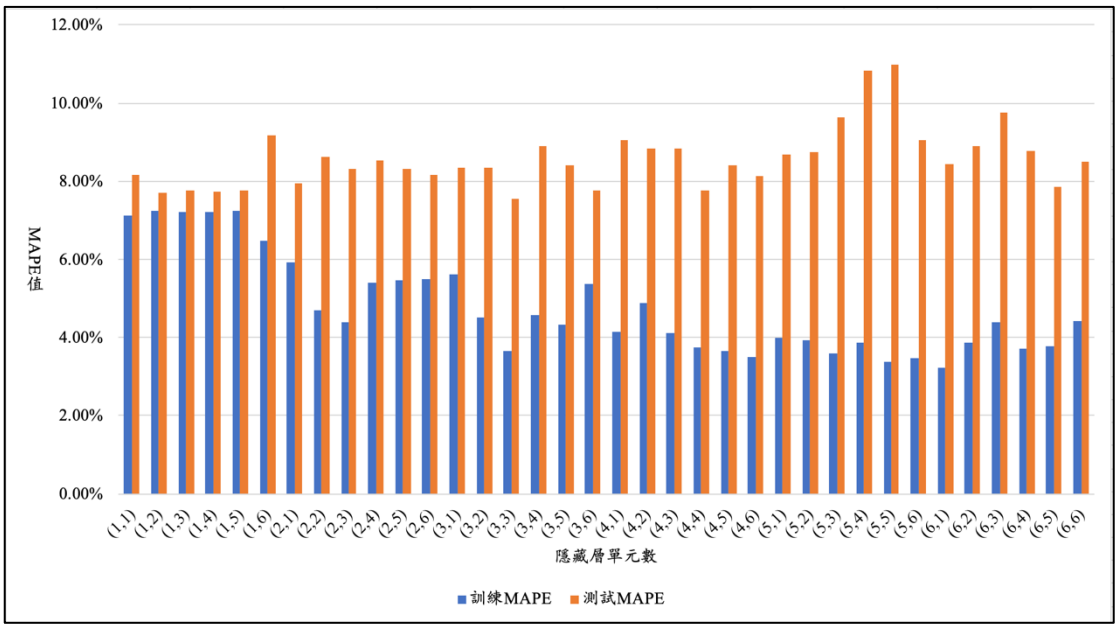


圖 5- 6 假日模式網路隱藏層神經元個數設定結果

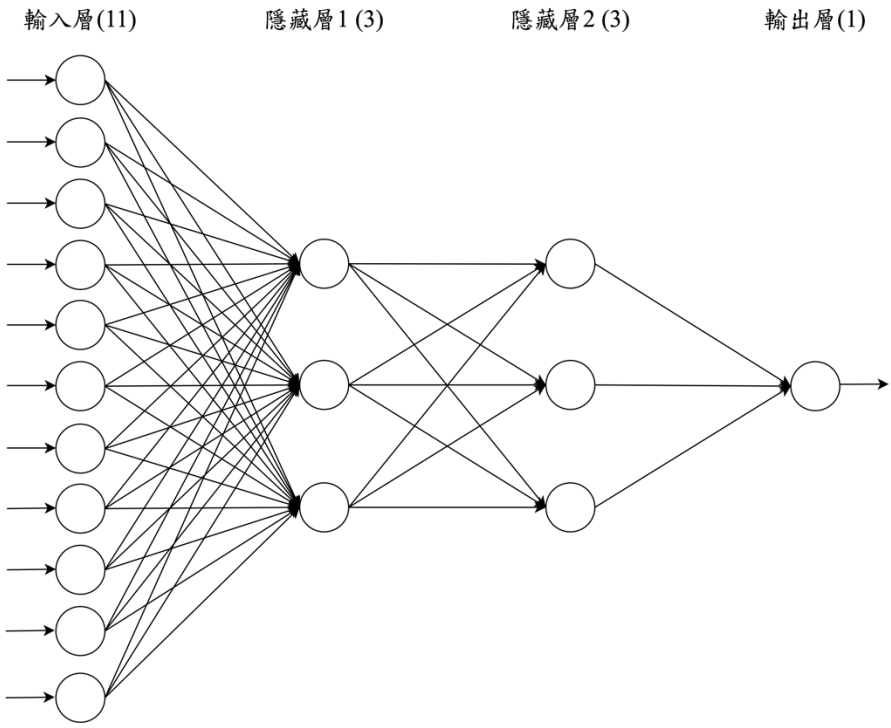


圖 5- 7 假日模式倒傳遞類神經網路架構圖

2. 學習率

以(11-3-3-1)的網路架構，學習率由 0.1 測試至 1，並以 0.1 為間隔單位，起始權重值設為 0.01，以均方根誤差(RMSE)達 0.01 或訓練次數達 10,000 次為訓練終止條件。結果發現，訓練時最佳學習率為 1.0，其 MAPE 值為 3.57%，測試結果以學習率 0.1 為最佳，其 MAPE 值為 7.54%，而 MAPE 值差異卻均以學習率 0.7 為最佳，為 2.95%，由於本研究主要目的在於推估，因此取學習率為 0.1 作為設定之值。結果如表 5-8 與圖 5-8 所示。

表 5- 8 假日模式網路學習速率設定結果

網路層數	輸入神經元數	輸出神經元數	隱藏層 1 神經元數	隱藏層 2 神經元數	學習率	訓練 MAPE	測試 MAPE	MAPE 差異
4	11	1	3	3	0.1	3.66%	7.54%	3.88%
4	11	1	3	3	0.2	3.69%	8.96%	5.27%
4	11	1	3	3	0.3	4.36%	8.23%	3.87%
4	11	1	3	3	0.4	3.71%	9.43%	5.72%
4	11	1	3	3	0.5	4.44%	8.61%	4.17%
4	11	1	3	3	0.6	4.29%	8.72%	4.43%
4	11	1	3	3	0.7	4.81%	7.76%	2.95%
4	11	1	3	3	0.8	4.63%	8.39%	3.75%
4	11	1	3	3	0.9	4.47%	8.25%	3.78%
4	17	1	3	3	1.0	3.57%	8.47%	4.90%

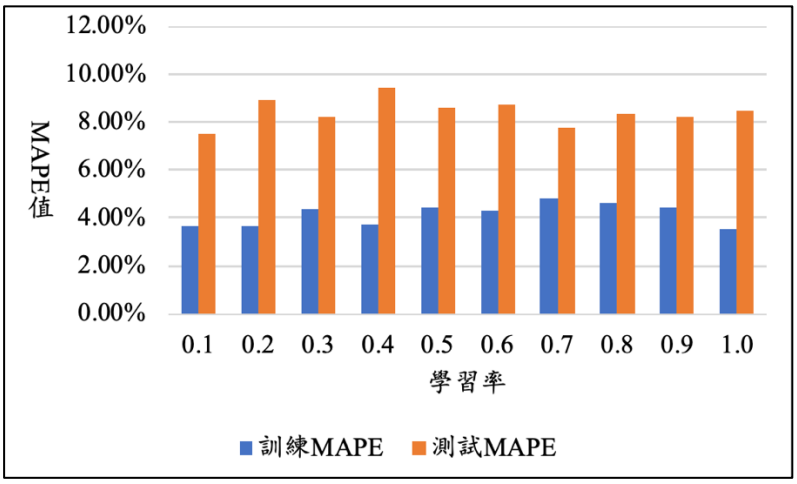


圖 5- 8 假日模式網路學習速率設定結果

綜合上述各項參數之設定值，並彙整如下所示：隱藏層數為兩層；隱藏層神經元數為第一層 3 個，第二層 3 個；學習速率為 0.1；起始權重值與門檻值均為 0.01；訓練次數為 10,000 次。

5.2.3 模式驗證與比較

將前兩小節的行人流量推估迴歸模式及倒傳遞類神經網路模式之結果，進行交叉驗證，以檢視模型預測之準確性。交叉驗證是一種統計學上將樣本資料切割成較小子集的方法，目的為測試模型的性能，以便減少如過度配適和選擇偏差等問題。該方法是先在一個子集上做分析，而其它子集則用來做後續對此分析的驗證。一開始的子集被稱為訓練集，其它的子集則被稱為驗證集或測試集。

本研究藉由 k-fold 交叉驗證(K-fold cross-validation)，將訓練集分割成 k 個子樣本，其中 k-1 組樣本用來訓練模型，而另外的 1 組樣本則作為驗證集資料。交叉驗證重複 k 次，每個子樣本驗證一次，直到所有 k 份資料全部被選擇一遍為止。由於本研究之樣本數較少，因此採用 3-fold 交叉驗證(k=3)，並以平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)來評估模型預測之準確性。驗證結果如表 5-9 所示，迴歸模式中行人流量推估平日模式的 MAPE 值為 7.18%，假日模式的 MAPE 值為 9.60%；倒傳遞類神經網路中行人流量推估平日模式的 MAPE 值為 8.28%，假日模式的 MAPE 值為 7.90%。可以看出不管是迴歸或是倒傳遞類神經網路，對平、假日之行人流量推估模式均顯示有良好之預測，其中平日模式以迴歸模式預測較精準，假日模式以倒傳遞類神經網路預測較精準。

表 5- 9 3-fold 交叉驗證結果

3-fold 交叉驗證	平日	假日
迴歸模式	7.18%	9.60%
倒傳遞類神經網路	8.28%	7.90%

接著計算倒傳遞類神經網路 GI 值(General influence)，將其與迴歸模式進行相關係數比較。本研究根據圖 5-9 的網路架構圖，參考 Chiou(2006)的計算公式，推導出公式(5-1)，並計算出平、假日模式個變數的 GI 值，如表 5-10 及表 5-11。平、假日模式的相關係數分別為 0.8990 及 0.9194，顯示 BPN 模式與迴歸模式的結果呈高度相關。

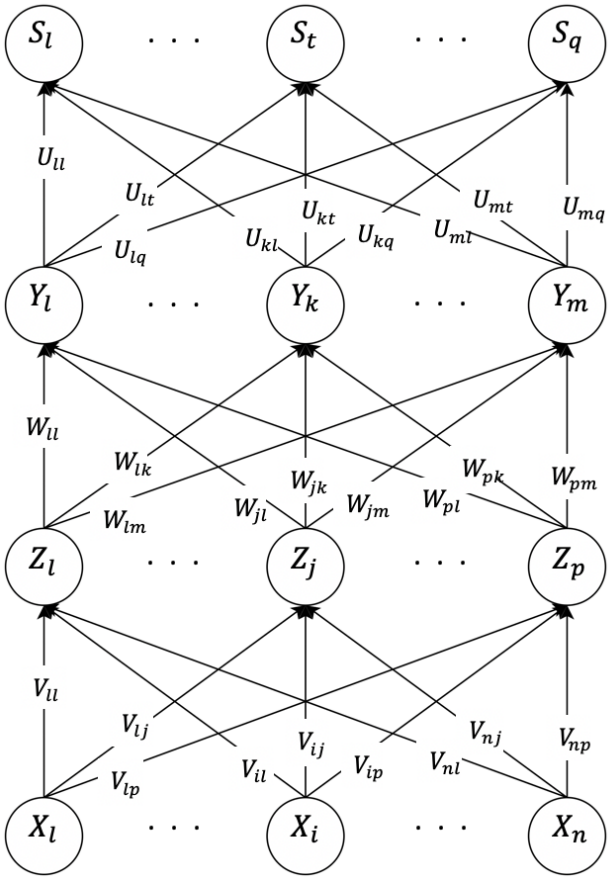


圖 5- 9 本研究倒傳遞類神經網路架構圖

$$GI(X_i) = \frac{\sum_t^q \sum_k^m \sum_j^p |(V_{ij}/\sum_l^n |V_{lj}|)W_{jk} \cdot (W_{jk}/\sum_l^p |W_{lk}|)U_{kt}|}{\sum_t^q \sum_k^m \sum_j^p |W_{jk}||U_{kt}|}, \quad i = 1,2,\dots,n \qquad (5\text{-}1)$$

其中，

- 輸入層由 n 個神經元 (X_i, i = 1, 2, . ., n) 組成。
- 隱藏層 1 由 p 個神經元 (Z_j, j = 1, 2, ..., p) 組成。
- 隱藏層 2 由 m 個神經元 (Y_k, k = 1, 2, . ., m) 組成。
- 輸出層由 q 個神經元 (S_t, t = 1, 2, . ., q) 組成。
- V_{lj}表示從第 l 個輸入節點到第 j 個隱藏節點的權重。
- W_{jk}表示從第 j 個隱藏節點到第 k 個隱藏節點的權重。
- U_{kt}表示從第 k 個隱藏節點到第 t 個輸出節點的權重。

表 5- 10 平日模式相關係數比較

變數	BPN *GI*	迴歸係數
人行道淨寬	0.03	0.40
人行道上設施物所佔面積	0.03	0.08
人行道照明	0.03	0.27
總樓地板面積	0.04	0.61
住宅區樓地板面積比例	0.10	0.93
住商混合區樓地板面積比例	0.06	0.99
商業區樓地板面積比例	0.04	0.99
工業區樓地板面積比例	0.33	6.68
政府機關樓地板面積比例	0.21	3.00
學校規模	0.04	0.25
公園綠地樓地板面積比例	0.32	7.09
是否有捷運站	0.02	0.31
公車站數	0.06	0.06
公共自行車站數	0.05	0.15
人口密度	0.02	0.35
未成年人口比例	0.15	6.16
壯年人口比例	0.08	3.66
相關係數		**0.8990**

表 5- 11 假日模式相關係數比較

變數	BPN *GI*	迴歸係數
人行道淨寬	0.01	0.66
人行道上設施物所佔面積	0.01	0.11
無障礙設施	0.01	0.04
工業區樓地板面積比例	0.37	7.05
政府機關樓地板面積比例	0.05	1.39
學校規模	0.01	0.24
百貨公司樓地板面積	0.25	2.27
是否有捷運站	0.07	0.18
公車站數	0.05	0.04
公共自行車站數	0.05	0.23
壯年人口比例	0.09	2.15
相關係數		**0.9194**

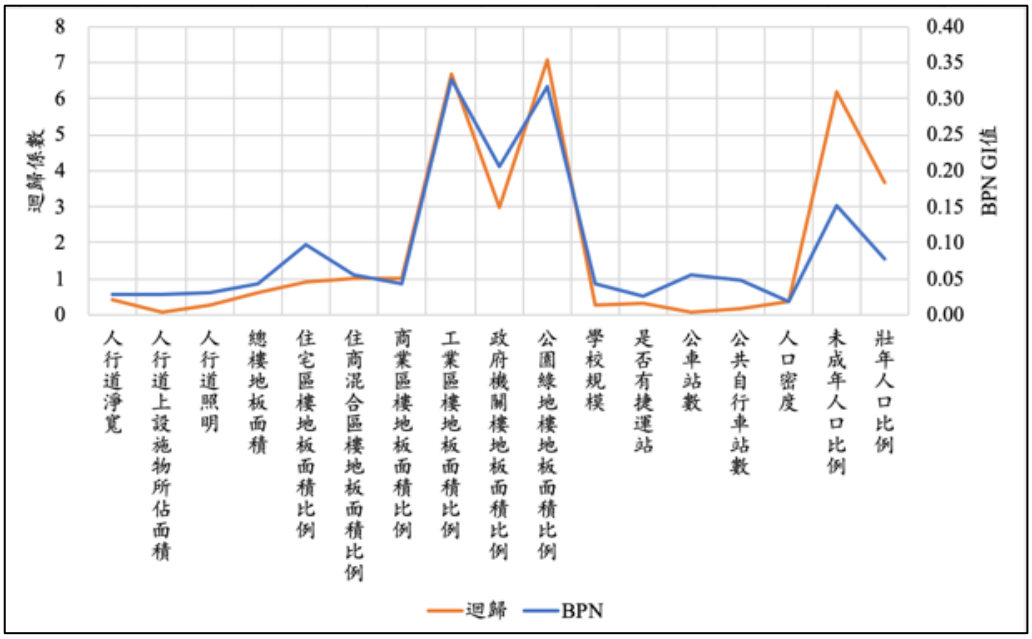


圖 5- 10 平日迴歸係數 (絕對值) 與 BPN GI 值之比較

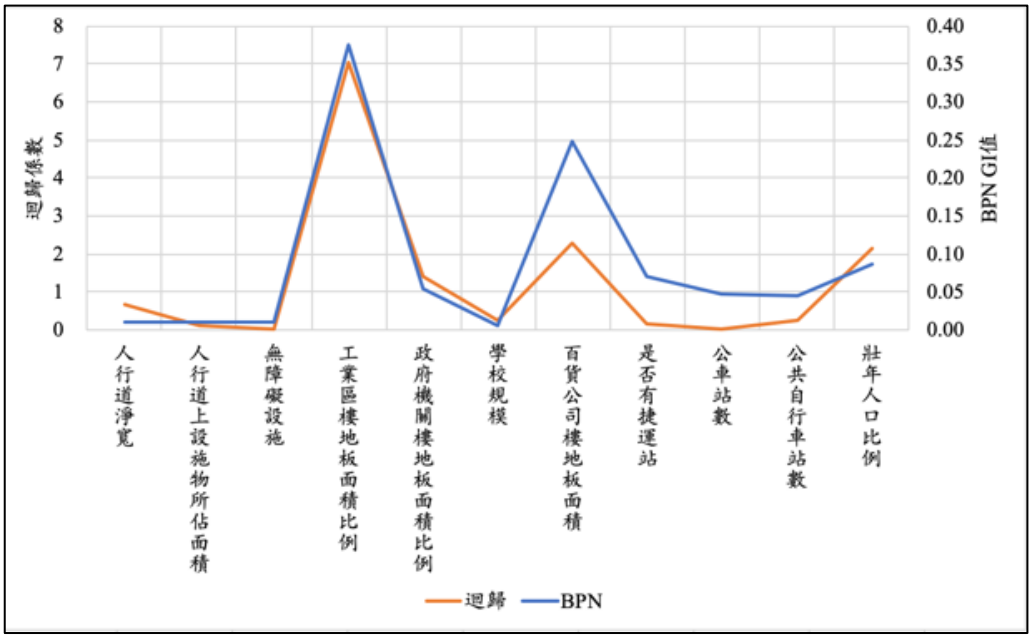


圖 5- 11 假日迴歸係數 (絕對值) 與 BPN GI 值之比較

5.3 模式應用

為展示推估模型之適用性，本研究通過使用分析階層程序法並訪談專家學者，建立一人行道服務水準評估架構，接著對臺北市的人行道進行案例研究，推估行人流量並進行人行道的服務水準評分，透過這些人行道在二維圖上的分佈（行人流量與服務水準分數）有助於確定其改善的優先順序。

5.3.1 人行道服務水準評估準則權重計算

根據 3.2.2 小節所構建出的人行道服務水準評估準則，本研究透過專家問卷，求得各評估準則之相對權重，問卷內容如附錄一所示。本研究專家問卷共發放 6 份，回收 6 份，受訪對象包含 3 位政府官員與 3 位學術研究界專家；問卷一致性比例值(Consistency Ratio, CR)均小於等於 0.1，表示皆通過一致性檢定，為有效問卷。

本研究以此 6 份問卷調查結果進行統計分析，依照分析階層程序法之操作程序，求得各評估標的與準則之相對權重。在分析有效問卷進行成對比較後，得出各標的權重值與重要性排序，如表 5-12 所示，在整體專家上，認為最重要的標的為安全性，相對權重為 0.4189；其次為暢行性，相對權重為 0.4052，而便利性次之，相對權重為 0.0937，最後為舒適性，相對權重為 0.0823；由此可知專家學者們均認為安全性是所有標的中最重要的。將整體專家拆成政府官員及學者來看，政府官員認為暢行性是最重要的標的，相對權重為 0.4859；其次才是安全性，相對權重為 0.3319，便利性及舒適性之重要性排序則與整體專家相同，相對權重分別為 0.0971 與 0.0851。而學者的四項標的重要性排序均與整體專家相同，認為最重要的標的為安全性，相對權重為 0.5097；其次為暢行性，相對權重為 0.3248，而便利性次之，相對權重為 0.0878，最後為舒適性，相對權重為 0.0777；其中安全性的相對權重更佔了整體的一半以上，顯示學者們認為安全性是極其重要的標的。

表 5- 12 標的相對權重與重要性排序

標的	整體專家	政府官員	學者
安全性	0.4189 ①	0.3319 ②	0.5097 ①
暢行性	0.4052 ②	0.4859 ①	0.3248 ②
便利性	0.0937 ③	0.0971 ③	0.0878 ③
舒適性	0.0823 ④	0.0851 ④	0.0777 ④

由表 5-13 人行道服務水準評估準則之權重可以得知，在暢行性中，專家學者們認為最重要的因素為人行道有效寬度，相對權重為 0.1879；其次為無障礙設施，相對權重為 0.1633，與人行道有效寬度差異不大；最後為動線障礙程度，相對權重為 0.0539。在舒適性中，最重要的因素為天候防護設施，相對權重為 0.0505；其次為可休憩空間，相對權重為 0.0161；最後為人行道綠美化，相對權重為 0.0157，與可休憩空間差異不大。在安全性中，最重要的因素為號誌控制設施，相對權重為 0.1707；其次為人行道鋪面破損程度，相對權重為 0.1643，與號誌控制設施差異不大；最後為照明設備，相對權重為 0.0839。在便利性中，最

重要的因素為串連性，相對權重為 0.0446；其次為導引設施，相對權重為 0.0429，與串連性差異不大；最後為服務設施，相對權重為 0.0062。

表 5- 13 人行道服務水準評估準則之權重

人行道服務水準評估		層內權重	相對權重
暢行性		0.4052	0.4052
舒適性		0.0823	0.0823
安全性		0.4189	0.4189
便利性		0.0937	0.0937
暢行性	人行道有效寬度	0.4637	0.1879
	動線障礙程度	0.1332	0.0539
	無障礙設施	0.4031	0.1633
舒適性	天候防護設施	0.6136	0.0505
	可休憩空間	0.1960	0.0161
	人行道綠美化	0.1905	0.0157
安全性	照明設備	0.2002	0.0839
	人行道鋪面破損程度	0.3922	0.1643
	號誌控制設施	0.4076	0.1707
便利性	導引設施	0.4580	0.0429
	服務設施	0.0657	0.0062
	串連性	0.4763	0.0446

根據表 5-14 綜合準則權重與重要性排序可知，在 12 項準則中，整體專家均認為相對重要的為人行道有效寬度，相對權重為 0.1879，代表專家學者認為人行道有效寬度是人行道服務水準評估系統中最重要的因素；第二重要的為號誌控制設施，相對權重為 0.1707；第三重要的為人行道鋪面破損程度，相對權重為 0.1643；其餘準則之相對權重依序為：無障礙設施(0.1633)、照明設備(0.0839)、動線障礙程度(0.0539)、天候防護設施(0.0505)、串連性(0.0446)、導引設施(0.0429)、可休憩空間(0.0161)、人行道綠美化(0.0157)、服務設施(0.0062)。

若將整體專家拆成政府官員及學者來看，準則之重要性排序則不盡相同，政府官員認為最重要的準則為人行道有效寬度，相對權重為 0.2594；第二重要的為無障礙設施，相對權重為 0.1978；第三重要的為號誌控制設施，相對權重為 0.1566。而學者則認為最重要的準則為照明設備，相對權重為 0.1912；第二重要的為人行道鋪面破損程度，相對權重為 0.1599；第三重要的為號誌控制設施，相對權重為 0.1586。

表 5- 14 綜合準則權重與重要性排序

準則	整體專家	政府官員	學者
人行道有效寬度	0.1879 ①	0.2594 ①	0.1189 ④
號誌控制設施	0.1707 ②	0.1566 ③	0.1586 ③
人行道鋪面破損程度	0.1643 ③	0.1438 ④	0.1599 ②
無障礙設施	0.1633 ④	0.1978 ②	0.1177 ⑤
照明設備	0.0839 ⑤	0.0314 ⑧	0.1912 ①
動線障礙程度	0.0539 ⑥	0.0286 ⑨	0.0882 ⑥
天候防護設施	0.0505 ⑦	0.0512 ⑤	0.0456 ⑦
串連性	0.0446 ⑧	0.0494 ⑥	0.0389 ⑨
導引設施	0.0429 ⑨	0.0424 ⑦	0.0420 ⑧
可休憩空間	0.0161 ⑩	0.0106 ⑪	0.0225 ⑩
人行道綠美化	0.0157 ⑪	0.0233 ⑩	0.0097 ⑪
服務設施	0.0062 ⑫	0.0053 ⑫	0.0069 ⑫

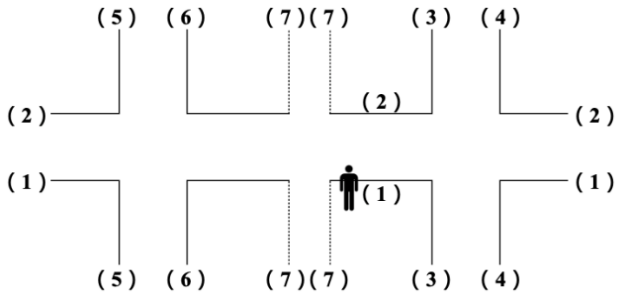
5.3.2 人行道服務水準評估準則內容與給分區間

根據 3.2.2 小節所構建出的人行道服務水準評估準則，並參考營建署(2019)「市區道路養護管理暨人行環境無障礙考評計畫評鑑報告」中的評分方式，建立本研究人行道服務水準評估各準則的給分區間，如表 5-15。

表 5- 15 人行道服務水準評估準則內容與給分區間

標的	準則	準則內容	給分區間	權重
暢行性	人行道有效寬度	• 淨寬達 5 公尺以上 • 淨寬達 2.5 公尺以上 • 淨寬達 1.5 公尺以上 • 淨寬 0.9 公尺~1.4 公尺 • 淨寬達未達 0.9 公尺	100 90 80 60 40	0.1879
	動線障礙程度	• 人行道上設施物面積佔 10%以下 • 人行道上設施物面積佔 11%~20% • 人行道上設施物面積佔 21%~30% • 人行道上設施物面積佔 31%~40% • 人行道上設施物面積佔 41%~50% • 人行道上設施物面積佔 51%以上	100 90 80 70 60 40	0.0539
	無障礙設施	• 10(含)處以上 • 8 處 • 6 處 • 4 處 • 2(含)處以下	100 90 80 60 40	0.1633

舒適性	天候防護設施	• 人行道全段均有天候防護設施 • 人行道僅部分段有天候防護設施 • 人行道全段均無天候防護設施	100 60 40	0.0505
	可休憩空間	• 平均每 100 公尺有 10(含)處以上 • 平均每 100 公尺有 8 處 • 平均每 100 公尺有 6 處 • 平均每 100 公尺有 4 處 • 平均每 100 公尺有 2(含)處以下	100 90 80 60 40	0.0161
	人行道綠美化	• 平均每 100 公尺有 10(含)處以上 • 平均每 100 公尺有 8 處 • 平均每 100 公尺有 6 處 • 平均每 100 公尺有 4 處 • 平均每 100 公尺有 2(含)處以下	100 90 80 60 40	0.0157
安全性	照明設備	• 平均每 100 公尺有 10(含)處以上 • 平均每 100 公尺有 8 處 • 平均每 100 公尺有 6 處 • 平均每 100 公尺有 4 處 • 平均每 100 公尺有 2(含)處以下	100 90 80 60 40	0.0839
	人行道鋪面破損程度	• 人行道路面破損 10%以下 • 人行道路面破損 11%~20% • 人行道路面破損 21%~30% • 人行道路面破損 31%~40% • 人行道路面破損 41%~50% • 人行道路面破損 51%以上	100 90 80 70 60 40	0.1643
	號誌控制設施	• 人行道兩端均有號誌控制設施 • 人行道僅一端有號誌控制設施 • 人行道無號誌控制設施	100 60 40	0.1707
便利性	導引設施	• 平均每 100 公尺有 10(含)處以上 • 平均每 100 公尺有 8 處 • 平均每 100 公尺有 6 處 • 平均每 100 公尺有 4 處 • 平均每 100 公尺有 2(含)處以下	100 90 80 60 40	0.0429
	服務設施	• 平均每 100 公尺有 10(含)處以上 • 平均每 100 公尺有 8 處 • 平均每 100 公尺有 6 處 • 平均每 100 公尺有 4 處 • 平均每 100 公尺有 2(含)處以下	100 90 80 60 40	0.0062
	串連性	□形成完整人行路網	100	0.0446

		□1 個方向無人行道，無法暢通 □2 個方向無人行道，無法暢通 □3 個方向無人行道，無法暢通 □4 個方向以上無人行道，無法暢通	90 80 60 40	
		方向串連性示意圖:  		

5.3.3 實例應用

本研究於第三章構建了行人流量推估模式及人行道服務水準評估架構，並於 5.2 小節說明行人流量推估之結果，於 5.3.1 小節呈現人行道服務水準評估準則之權重計算結果，5.3.2 小節說明人行道服務水準評估準則內容與給分區間，而本小節將綜合上述之研究結果，對臺北市的人行道進行服務水準評分，並以行人流量加權，找出服務水準評分低但行人流量高之人行道，進而提出相關改善建議。

全臺北市人行道數量共 15,235 個，由於其數量龐大，因此本研究篩選長度大於 300m 之人行道進行後續的評估與應用，共計 267 個，各行政區篩選出之人行道數量如表 5-16 所示。

表 5- 16 臺北市各行政區人行道長度大於 300m 數量

行政區	人行道長度 >300m 數量
士林區	27
大同區	1
大安區	22
中山區	27
中正區	14
內湖區	43
文山區	32
北投區	29
松山區	14
信義區	16
南港區	30
萬華區	12
總計	267

根據行人流量推估迴歸模式之結果，蒐集 267 個人行道平、假日行人流量推估所需之各變數資料，並進行平、假日行人流量推估，推估結果之基本統計如表 5-17。平日模式行人流量平均為 184 人，標準差為 274 人，行人流量最少為 1 人，最多為 1294 人；假日模式行人流量平均為 287 人，標準差為 309 人，行人流量最少為 6 人，最多為 1373 人。行人量大小值差距懸殊，是因為有的人行道位處較偏僻的地方，因此使用的人極少；有的人行道位處市中心的鬧區，故行人流量較多。

依據 5.3.2 小節人行道服務水準評估準則與給分區間，蒐集 267 個人行道的 12 項準則資料，並依照各準則權重進行人行道的服務水準評分，評分結果如表 5-17，平均分數為 66.88 分，標準差為 8.63 分，最低分為 50.70 分，最高分為 87.85 分。

表 5- 17 模式應用之行人流量及人行道服務水準評估分數基本統計

	平均數	標準差	最小值	最大值
平日行人流量	184	274	1	1294
假日行人流量	287	309	6	1373
人行道服務水準評估分數	66.88	8.63	50.70	87.85

平、假日行人流量次數統計如表 5-18，平日模式中，行人流量 100 以下的人行道，共 155 個；行人流量最高的區間，介於 1201-1300 的人行道共 5 個。假日模式中，行人流量 100 以下的人行道，共 102 個；行人流量最高的區間，介於 1301-1400 的人行道共 2 個。平、假日行人流量長條圖如圖 5-12、5-13。

表 5- 18 平、假日行人流量次數統計

平日行人流量	頻率	假日行人流量	頻率
0-100	155	0-100	102
101-200	44	101-200	42
201-300	21	201-300	45
301-400	13	301-400	22
401-500	7	401-500	5
501-600	3	501-600	7
601-700	3	601-700	10
701-800	5	701-800	6
801-900	2	801-900	7
901-1000	5	901-1000	8
1001-1100	2	1001-1100	7
1101-1200	2	1101-1200	2
1201-1300	5	1201-1300	2
1301-1400	0	1301-1400	2

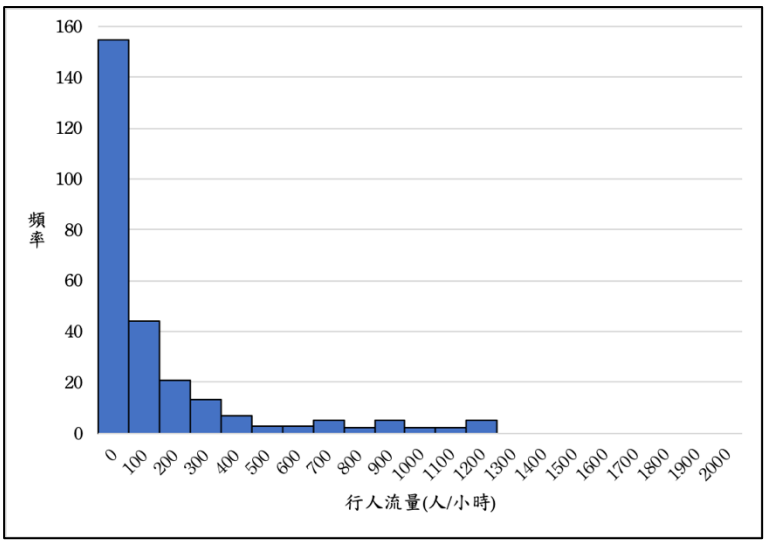


圖 5- 12 平日行人流量長條圖

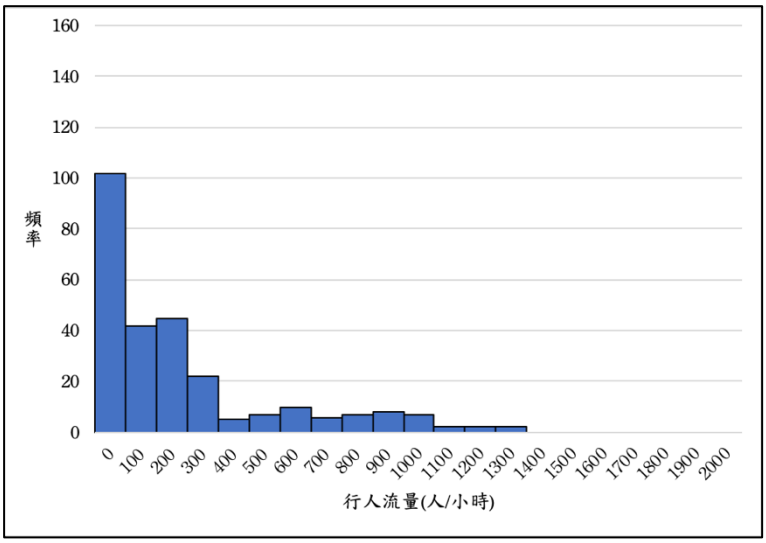


圖 5- 13 假日行人流量長條圖

本研究人行道服務水準評估分數最低為 40 分，最高為 100 分，各分數區間之次數統計如表 5-19 及圖 5-14 所示。

表 5- 19 人行道服務水準評估分數次數統計

分數	頻率
40-50	0
51-60	64
61-70	111
71-80	69
81-90	23
91-100	0

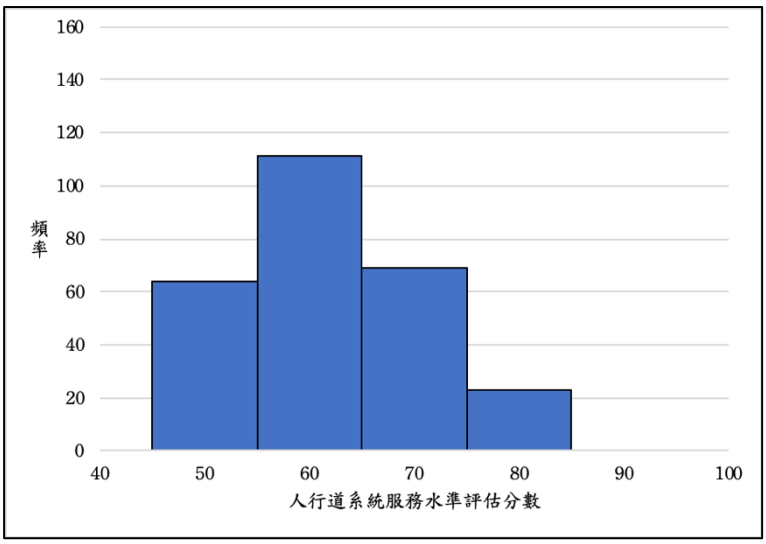


圖 5- 14 人行道服務水準評估分數長條圖

(一) 平日模式應用結果

將 267 個人行道進行服務水準評分後，以行人流量為加權，藉此找出服務水準評分低但行人量高的人行道。模式應用結果散佈圖如圖 5-15，以人行道服務水準評估分數為水平軸，中點為平均分數 66.88 分；以行人流量為垂直軸，中點為平均行人量 184 人，分成四個象限，建議將服務水準評分低但行人量高的第二象限內之人行道，視為應優先改善的人行道，共 17 個，詳如表 5-20 所示。

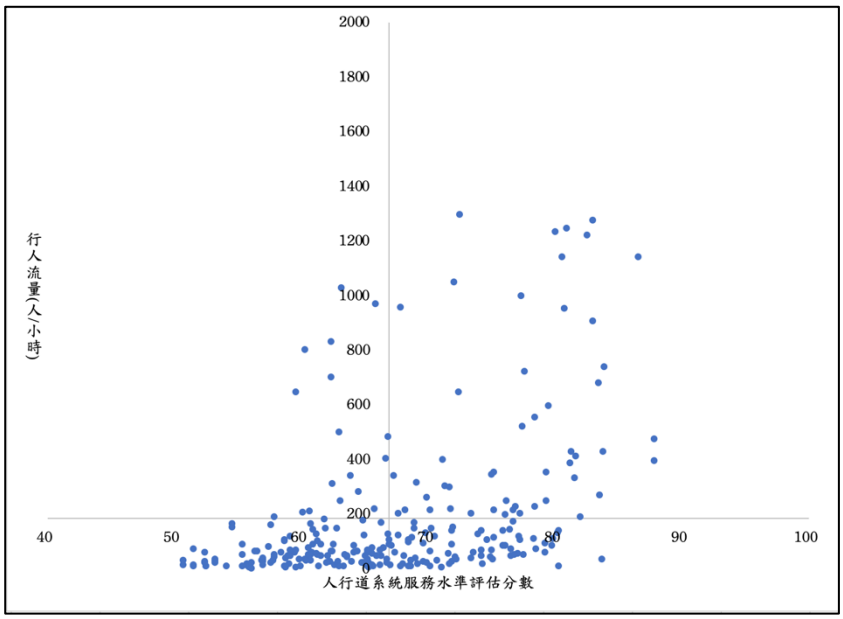


圖 5- 15 平日模式應用結果散佈圖

表 5- 20 平日模式中應優先改善之人行道(依行政區排序)

行政區	道路名稱	平日行人流量	服務水準評估分數
士林區	承德路五段	219	65.76
大安區	仁愛路三段	702	62.31
大安區	新生南路二段	340	63.87
大安區	羅斯福路四段	247	63.10
中山區	新生北路二段	647	59.52
中山區	民權東路三段	499	62.98
中山區	五常街(西/北側)	210	60.67
中山區	五常街(東/南側)	206	60.13
中山區	中山北路四段	190	57.89
中正區	仁愛路一段	1026	63.16
中正區	愛國東路	968	65.88
內湖區	民權東路六段	282	64.51
松山區	南京東路三段 303 巷	311	62.46
信義區	忠孝東路四段 553 巷 (西/北側)	829	62.35
信義區	忠孝東路四段 553 巷 (東/南側)	800	60.27
信義區	東興路	483	66.83
信義區	忠孝東路四段	404	66.61

以中正區仁愛路一段之人行道為例，該人行道位於東門國小附近，鄰近中正紀念堂及臺大醫學院，尖峰小時行人流量可達 1026 人，由圖 5-16 之 Google 街景圖可看出有不少行人，但人行道服務水準評估分數只有 63.16 分，造成其分數較低的原因為人行道上設施物所佔面積多，動線障礙程度高達 52.9% ，如圖 5-16、圖 5-17，人行道上有變電箱與不少的腳踏車及機車停車格，這些都會佔據行人道寬度，影響行人通行；另外天候防護設施、可休憩空間及服務設施之設置也較少，建議未來可以朝這些項目做優先改善。

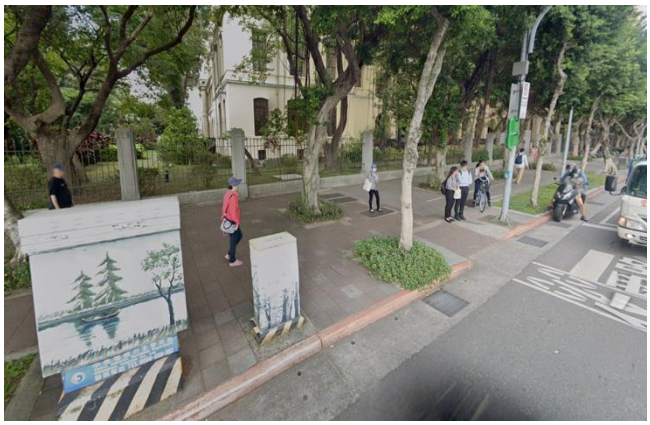


圖 5- 16 仁愛路一段之人行道

圖 5- 17 仁愛路一段人行道上設施物

以信義區忠孝東路四段 553 巷(西/北側)之人行道為例，該人行道位於松山文創園區附近，鄰近松山高中及捷運市政府站，尖峰小時行人流量可達 829 人，由圖 5-18 之 Google 街景圖可看出有不少行人，但人行道服務水準評估分數只有 62.35 分，造成其分數較低的原因為人行道最小有效寬度僅 0.81 公尺，小於市區道路人行道設計規定之最低標準，如圖 5-19，不僅影響行人通行，輪椅、嬰兒車等使用者更是無法通行；另外人行道兩端均無號誌控制設施，天候防護設施、可休憩空間、導引設施及服務設施之設置也較少，未來可朝這些項目做優先改善。

圖 5- 18 忠孝東路四段 553 巷(西/北側)之人行道

圖 5- 19 忠孝東路四段 553 巷(西/北側)人行道寬度

以松山區南京東路三段 303 巷之人行道為例，該人行道鄰近微風南京及捷運南京復興站，尖峰小時行人流量可達 311 人，由圖 5-20 之 Google 街景圖可看出有不少行人，但人行道服務水準評估分數只有 62.46 分，造成其分數較低的原因為人行道全段均無天候防護設施，兩端也無號誌控制設施，另外照明設備、可休憩空間及服務設施之設置平均每 100 公尺僅 2(含)處以下，建議未來可以朝這些項目做優先改善。

圖 5- 20 南京東路三段 303 巷之人行道

(二) 假日模式應用結果

將 267 個人行道進行服務水準評分後，以行人流量為加權，藉此找出服務水準評分低但行人量高的人行道。模式應用結果散佈圖如圖 5-21，以人行道服務水準評估分數為水平軸，中點為平均分數 66.88 分；以行人流量為垂直軸，中點為平均行人量 287 人，分成四個象限，建議將服務水準評分低但行人量高的第二象限內之人行道，視為應優先改善的人行道，共 25 個，詳如表 5-21 所示。

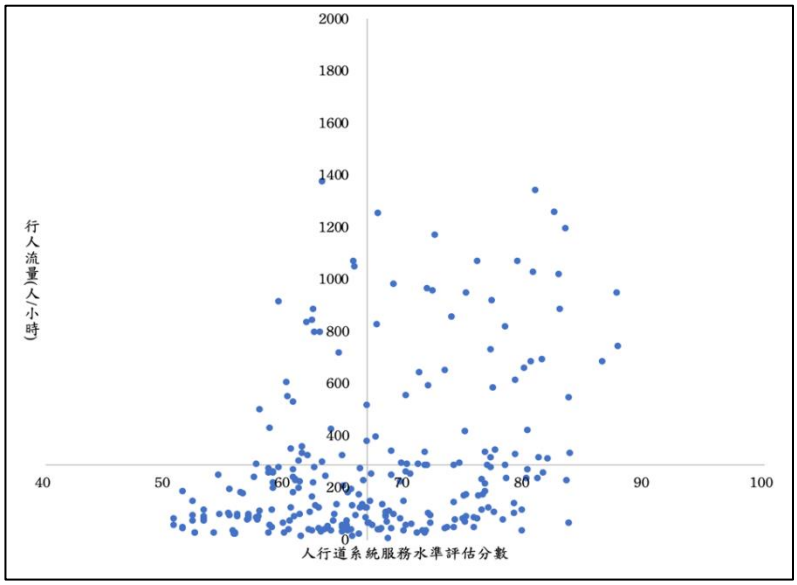


圖 5- 21 假日模式應用結果散佈圖

表 5- 21 假日模式中應優先改善之人行道(依行政區排序)

行政區	道路名稱	平日行人流量	服務水準評估分數
士林區	承德路五段	1066	65.76
士林區	中山北路五段	835	61.85
大安區	仁愛路三段	841	62.31
大安區	新生南路二段	423	63.87
大安區	羅斯福路四段 119 巷	298	63.10
中山區	新生北路二段	912	59.52
中山區	民權東路三段	795	62.98
中山區	五常街(西/北側)	528	60.67
中山區	五常街(東/南側)	603	60.13
中山區	中山北路四段	498	57.89
中山區	松江路	348	60.50
中正區	仁愛路一段	1373	63.16
中正區	愛國東路	1048	65.88
內湖區	民權東路六段	714	64.51
內湖區	南京東路六段	517	66.84
內湖區	民權東路六段	289	57.63
北投區	致遠二路	323	61.93
松山區	南京東路三段 303 巷	797	62.46
信義區	忠孝東路四段 553 巷(西/北側)	883	62.35
信義區	忠孝東路四段 553 巷(東/南側)	546	60.27
信義區	東興路	377	66.83
南港區	惠民街(西/北側)	324	64.85
南港區	惠民街(東/南側)	302	61.15
萬華區	西園路二段(西/北側)	356	61.50
萬華區	西園路二段(東/南側)	329	61.50

以中正區愛國東路之人行道為例，該人行道鄰近中正紀念堂及捷運中正紀念堂站，尖峰小時行人流量可達 1048 人，由圖 5-22 之 Google 街景圖可看出有不少行人，但人行道服務水準評估分數只有 65.88 分，造成其分數較低的原因為人行道僅一端有號誌控制設施，且全段均無天候防護設施，另外照明設備、可休憩空間、導引設施及服務設施之設置平均每 100 公尺僅 2(含)處以下，建議未來可以朝這些項目優先進行改善。

圖 5- 22 愛國東路之人行道

以南港區惠民街(東/南側)之人行道為例，該人行道附近有多所學校，包括南港國小、育成高中及南港高工，鄰近南港軟體園區、南港火車及捷運站，尖峰小時行人流量可達 302 人，由圖 5-23 之 Google 街景圖可看出有不少行人，但人行道服務水準評估分數只有 61.15 分，造成其分數較低的原因為人行道兩端均無號誌控制設施，且全段均無天候防護設施，另外照明設備、可休憩空間、服務設施及導引設施之設置平均每 100 公尺僅 2(含)處以下。建議未來可以朝這些項目做優先改善，尤其應加強安全性設施設備之設置，如照明設備及號誌控制設施。

圖 5- 23 惠民街(東/南側)之人行道

以北投區致遠二路之人行道為例，該人行道鄰近石牌國小、石牌國中及捷運石牌站，尖峰小時行人流量可達 323 人，由圖 5-24 之 Google 街景圖可看出有不少行人，但人行道服務水準評估分數只有 61.93 分，造成其分數較低的原因為人行道上設施物所佔面積多，動線障礙程度高達 89.76%，如圖 5-24、圖 5-25，人行道上有變電箱與不少的機車停車格，這些都會佔據行人道寬度，影響行人通行；而天候防護設施、照明設備、導引設施及服務設施之設置也較少，建議未來可以朝這些項目做優先改善。

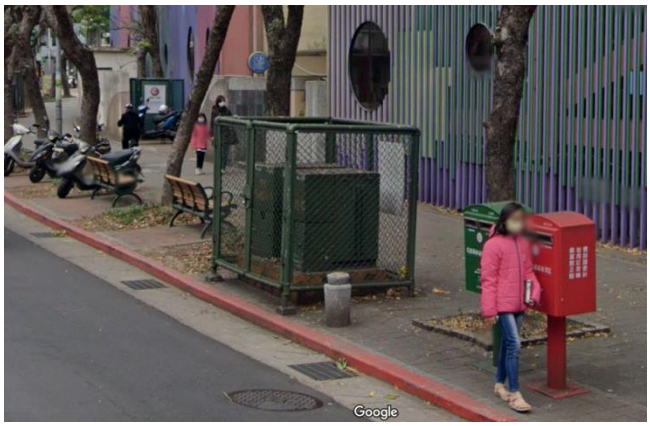


圖 5- 24 致遠二路之人行道

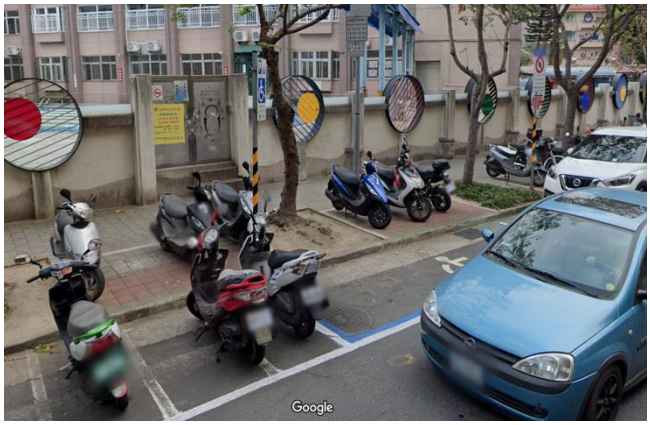


圖 5- 25 致遠二路人行道上設施

第六章 結論與建議

本研究回顧國內外行人流量推估及人行道服務水準評估之相關文獻，利用迴歸分析與倒傳遞類神經網路建立一人行道行人流量推估模式；以分析階層程序法建立一人行道服務水準評估系統，並將人流量推估模式應用於人行道服務水準評估系統中。根據本研究之研究流程及分析結果，提出以下結論與建議。

6.1 結論

1. 本研究目的為建立一人行道行人流量推估模式，從營建署及政府公開資料平台蒐集資料，以行人流量為應變數，自變數包含 7 個人行道供給變數、13 個建成環境變數及 7 個社經環境變數，利用多元線性迴歸分析建立行人流量推估模式，檢驗各個變數假設是否成立，並找出顯著的影響因素以及其與應變數的關係。

2. 根據迴歸模式校估的結果，平日模式中，人行道淨寬、人行道照明、總樓地板面積、商業區樓地板面積比例、學校規模、是否有捷運站、公車站數、公共自行車站數、人口密度與未成年人口比例係數為正，對於行人流量有正向效果；而人行道上設施物所佔面積、工業區樓地板面積比例、政府機關樓地板面積比例、公園綠地樓地板面積比例與壯年人口比例之係數為負，對於行人流量有負向效果。而於假日模式中，人行道淨寬、無障礙設施、學校規模、百貨公司樓地板面積、是否有捷運站、公車站數與公共自行車站數係數為正，對於行人流量有正向效果；而人行道上設施物所佔面積、工業區樓地板面積比例及政府機關樓地板面積比例之係數為負，對於行人流量有負向效果。

3. 透過倒傳遞類神經網路檢視迴歸模式之準確性，以迴歸模式中顯著之變數為輸入變數，行人流量為輸出變數。平日模式中，類神經網路之架構為(17-3-3-1)，學習率為 0.9；假日模式中，類神經網路之架構為(11-3-3-1)，學習率為 0.1。模式結果，平日模式測試 MAPE 值為 7.00%，假日模式測試 MAPE 值為 7.54%，顯示兩個模型之預測準確度均為良好。

4. 藉由 k-fold (k=3)交叉驗證，檢視行人流量推估迴歸模式與倒傳遞類神經網路預測之準確性，並比較兩者結果。驗證結果，不管是迴歸或是倒傳遞類神經網路，對平、假日行人流量推估模式均顯示有良好之預測。

5. 透過分析階層程序法，藉由專家學者訪談，得到各評估準則之權重，產生人行道服務水準評估架構。專家學者認為最重要的標的為安全性，其

次為暢行性、便利性，最後為舒適性。準則中，最重要的為人行道有效寬度，第二重要的為號誌控制設施，第三重要的為人行道鋪面破損程度。

6. 本研究以臺北市為例，進行模式之應用。將全市長度大於 300m 的人行道進行服務水準評分，並以行人流量為加權，找出人行道服務水準評分低但行人流量高之人行道。在平日模式中共有 17 個，假日模式中共有 25 個。未來相關單位進行人行道改善時，建議以這些人行道為優先。

6.2 建議

綜整本研究對於人行道行人流量推估及於服務水準評估之應用，仍有部分研究上之限制，於本小節提出，供後續研究或實務應用上之參考。

1. 本研究行人流量資料來源為臺北市交通局的即時影像監視器，由於交通局的監視器多設置於車流量大之商業區及主要道路，且幾乎都是照攝車道為主，照攝到人行道的角度及畫面並不多，容易影響行人流量的樣本分佈。此外，監視器也多設置於路口處，對於路段上的行人也較觀察不到，故本研究將行人量計算基準線設置於靠近路口的路段上，若行人沒有行經行人量計算基準線則不會被算入，因此存在抽樣及資料蒐集誤差，建議未來可至交通局無設置監視器之人行道，進行實地調查，也可向警政單位調閱相關監視器。

2. 本研究行人流量計算方式為人工計數，需要耗費大量時間及人力，建議未來可以透過如影像辨識的方法，進行更有效率且更精確之計算。

3. 本研究將行人流量尖峰定為 17-21 點，僅蒐集這四個小時的行人量，此做法容易低估行人尖峰非落在這四個小時的人行道之行人流量，故建議後續研究能蒐集整天之行人流量，以更精準地找出行人流量的尖峰時間。

4. 本研究行人流量推估中，並未處理到變數的時空尺度及內生性問題，可能會影響樣本間的獨立性與模式推估的結果，建議後續研究可對此部分進行進一步的處理及分析，讓模式更加完善。

5. 由於全臺北市的人行道數量過於龐大，礙於時間因素，本研究僅針對長度大於 300m 的人行道進行實例應用，結果難免有所偏誤，往後可以將全臺北市的人行道均進行評估，找出最需優先進行人行道改善的行政區，以供主管機關參考。

參考文獻

1. 內政部營建署 (2003)，市區道路人行道設計手冊。
2. 內政部營建署 (2019)，市區道路養護管理暨人行環境無障礙考評計畫評鑑報告。
3. 林豐博等人 (2011)，2011年台灣地區公路容量手冊，交通部運輸研究所。
4. 石豐宇，張凌偉 (2002)，台北市行人設施易行性改善績效之評估，土木水利第 29 期第 1 卷，p. 63-73。
5. 林上閔 (1997)，都市商業區行人對步道類型選擇偏好之研究，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文。
6. 林文雄 (1991)，台北市人行道設施服務水準等級之評估研究，交通大學交通運輸研究所，碩士論文。
7. 許瓊文(2008)，應用類神經網路模擬高雄都會區臭氧濃度趨勢變化之研究，國立中山大學環境工程研究所，碩士論文。
8. 陳敦基 (1993)，都市行人系統規劃與設計方法之探討，運輸，第 21 期，p. 55-68。
9. 馮正民，邱裕鈞 (2004)，研究分析方法，新竹，建都文化。
10. 葉怡成(2003)，類神經網路模式應用與實作，儒林圖書公司，修訂八版。
11. 趙晉緯 (2003)，人行空間綜合評估指標建立之研究，國立臺灣大學土木工程學研究所，碩士論文。
12. 黎韋利 (1999)，人行道服務水準評估之研究，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文。
13. Aghaabbasi, M., Moeinaddini, M., Shah, M. Z., Asadi-Shekari, Z. (2017). A new assessment model to evaluate the microscale sidewalk design factors at the neighbourhood level. J*ournal of Transport & Health.* 5, 97-112.
14. Asadi-Shekari, Z., Moeinaddini, M., Aghaabbasi, M., Cools, M., Shah, M. Z. (2019). Exploring effective micro-level items for evaluating inclusive walking facilities on urban streets (applied in Johor Bahru, Malaysia). *Sustainable Cities and Society.* 49, 1-10.
15. Bivina, G.R., Gupta, A., Parida, M. (2019). Influence of microscale environmental factors on perceived walk accessibility to metro stations. *Transportation Research Part D.* 67, 142-155.

16. Chen, L., Lu, Y., Sheng, Q., Ye, Y., Wang, R., Liu, Y. (2020). Estimating pedestrian volume using Street View images: A large-scale validation test. *Computers, Environment and Urban Systems.* 81, 101481.

17. Chiou, Y. C. (2006). An artificial neural network-based expert system for the appraisal of two-car crash accidents. *Accident Analysis and Prevention.* 38, 777–785.

18. Dhanani, A., Tarkhanyan, L., Vaughan, L. (2017). Estimating pedestrian demand for active transport evaluation and planning. *Transportation Research Part A.* 3, 54-69.

19. D'Orso, G., Migliore, M. (2020). A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments. *Journal of Transport Geography*. 82, 1-7.

20. Fruin, J.J. (1987). Pedestrian Planning and Design. *Elevator World.*

21. Hertz, J., Krogha, A., Palmer, R., G. (1991). *Introduction to the Theory of Neural Computation*, 147, Addison-Wesley.

22. Hush, D., R., Horne, B., G. (1993). Progress in supervised neural networks, *IEEE Signal Processing Magazine*. 10(1), 8-39.

23. Kang, C. (2015). The effects of spatial accessibility and centrality to land use on walking in Seoul, Korea. *Cities.* 46, 94-103.

24. Kang, C. (2018). The S + 5Ds: Spatial access to pedestrian environments and walking in Seoul, Korea. *Cities.* 77, 130-141.

25. Khisty, C. J. (1995). Evaluation of pedestrian facilities: beyond the Level-of-Service concept. *Transportation Research Record*. 1438, 45-50.

26. Kim, T., Sohn, D. W., Choo, S. (2017). An Analysis of the Relationship between Pedestrian Traffic Volumes and Built Environment Around Metro Stations in Seoul. *Journal of Civil Engineering.* 21(4), 1443-1452.

27. Lesani, A., Nateghinia, E., Miranda-Moreno, L. F. (2020). Development and evaluation of a real-time pedestrian counting system for high-volume conditions based on 2D LiDAR. *Transportation Research Part C.* 114, 20-35.

28. Liu, Y., Yang, D., Timmermans, H. J.P., Vries, B. (2020). Analysis of the impact of street-scale built environment design near metro stations on pedestrian and cyclist road segment choice: A stated choice experiment. *Journal of Transport Geography.* 82, 1-10.

29. Macdonald, E., Szibbo, N., Eisenstein, W., Mozingo, L. (2018). Quality-of-service: toward a standardized rating tool for pedestrian quality of urban streets. *Journal of Urban Design.* 23(1), 71–93.

30. Miranda-Moreno, L. F. and Fernandes, D. (2011). Modeling of Pedestrian Activity at Signalized Intersections: Land Use, Urban Form, Weather, and Spatiotemporal Patterns. *Transportation Research Record.* 2264, 74-82.

31. Ozbil, A., Gurleyen, T., Yesiltepe, D., Zunbuloglu, E. (2019). Comparative Associations of Street Network Design, Streetscape Attributes and Land-Use Characteristics on Pedestrian Flows in Peripheral Neighbourhoods. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 16(10), 1-23.

32. Pulugurtha, S. S. and Repaka, S. R. (2008). Assessment of Models to Measure Pedestrian Activity at Signalized Intersections. *Transportation Research Record.* 2073, 39-48.

33. Schneider, R. J., Henry, T., Mitman, M. F., Stonehill, L., Koehler, J. (2012). Development and Application of a Pedestrian Volume Model in San Francisco, California. *Transportation Research Record.* 2299, 65-78.

34. Sung, H., Go, D., Choi, C., Cheon, S., Park, S. (2015). Effects of street-level physical environment and zoning on walking activity in Seoul, Korea. *Land Use Policy.* 49, 152-160.

35. Transportation Research Board. (2016). “Highway Capacity Manual” National Research Council, Washington, D.C.

36. Vallejo-Borda, J. A., Cantillo, V., Rodriguez-Valencia, A. (2020). A perception-based cognitive map of the pedestrian perceived quality of service on urban sidewalks. *Transportation Research Part F.* 73, 107-118.

37. Yin, L., Cheng, Q., Wang, Z, Shao, Z. (2015). ‘Big data’ for pedestrian volume: Exploring the use of Google Street View images for pedestrian counts. *Applied Geography.* 63, 337-345.

附錄一、 分析階層程序法問卷

諸位先進您好：

這是一份關於「人行道系統服務水準評估」的問卷，主要在於瞭解您對各項評估標的與準則相對重要性的看法，期望借重您的專業知識與實務經驗，據以凝聚各位專家之共識，預計應用「分析階層程序法」（AHP），建立人行道系統服務水準評估架構。感謝您在百忙之中抽空填答本問卷，本研究純屬學術研究，所有答案僅供資料分析之用，不另做其他用途，敬請 放心填答。

敬祝

身體健康，萬事如意！

國立交通大學運輸與物流管理學系

指導教授：邱裕鈞　博士

研 究 生：陳思婷　敬啟

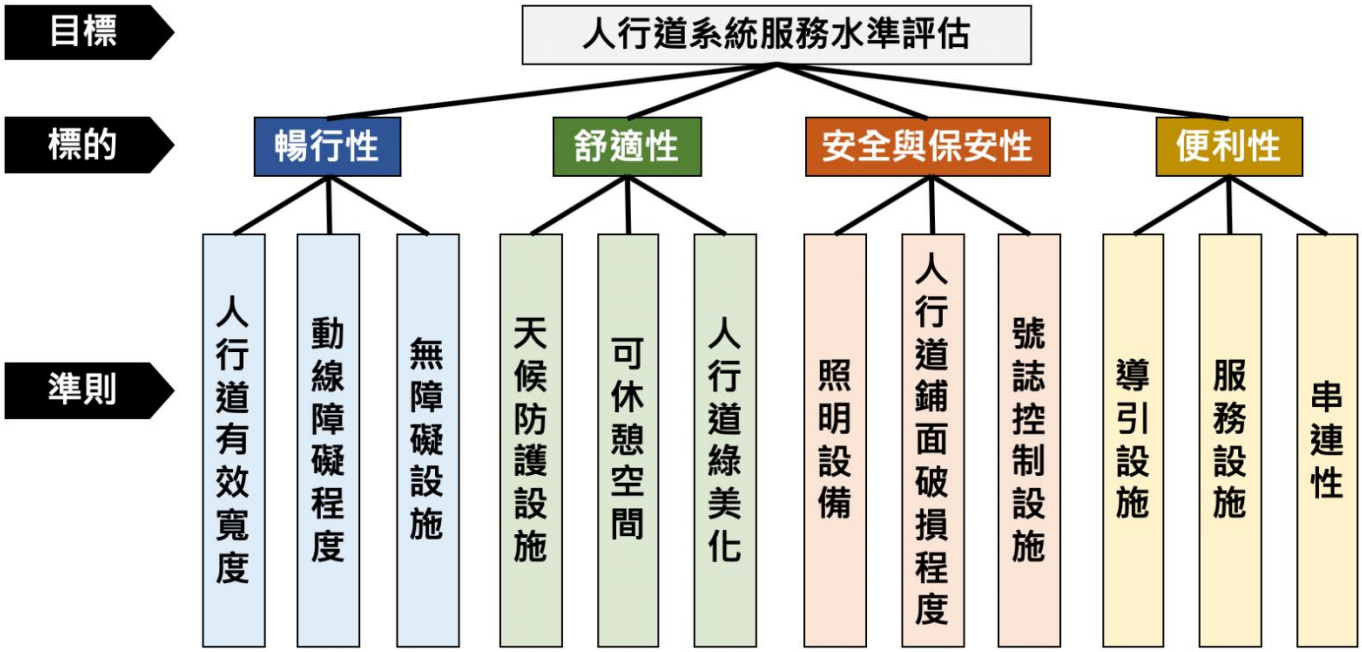
一、　專家問卷填寫說明

本研究將人行道系統服務水準評估之重要因素予以列出，並構建成一系統圖，如下頁的人行道系統服務水準評估架構圖。本問卷採分析階層程序法(AHP)的問卷設計評量方式，利用兩兩因素之比較，得出各評估因素之相對重要性。評量尺度劃分成五個等級：同等重要、稍重要、頗重要、極重要與絕對重要，分別賦予 1、3、5、7、9 的衡量值。另外，介於五個基本評量尺度有四個等級，則賦予 2、4、6、8 的衡量值。靠左之尺度表示左列因素重要於右列因素，反之，靠右之尺度表示右列因素重要於右列因素。請您依題意，以您的經驗及看法，在最適當的強度位置打「✓」。茲舉例說明如下：

在人行道系統服務水準評估中，以暢行性考量之幾項因素內，其中兩項為『人行道有效寬度』及『動線障礙程度』，若您認為『人行道有效寬度』重要性**極重要**於『動線障礙程度』，則請您**勾選左方的極重要**一欄，請依照此概念填寫本問卷。

	絕對重要		極重要		頗重要		稍重要		同等重要		稍重要		頗重要		極重要		絕對重要	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
人行道有效寬度	□	□	☑	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	動線障礙程度

二、人行道系統服務水準評估架構圖



三、問卷內容

1. 對人行道系統服務水準評估而言，您認為下列四項因素之相對重要性為何？

說明：「人行道系統服務水準評估」之評估要素

(1) 「暢行性」定義為：在使用過程中，人行道應提供用路人足夠的有效寬度及流暢的行走動線，亦應考量身障者、嬰兒車及攜帶大件行李的使用者，使其能夠順利通行。

(2) 「舒適性」定義為：人行道應對天候變化具有充分的應變能力，且提供能增加使用者舒適感之附屬設施。

(3) 「安全與保安性」定義為：人行道能提供用路人安穩的步行空間，及足夠的安全保護之能力。

(4) 「便利性」定義為：人行道能提供與用路人相關的資訊，讓用路人容易使用，且人行道各方向應均能暢通，形成完整人行路網。

	絕對重要 9	8	極重要 7	6	頗重要 5	4	稍重要 3	2	同等重要 1	2	稍重要 3	4	頗重要 5	6	極重要 7	8	絕對重要 9	
暢行性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	舒適性
暢行性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	安全與保安性
暢行性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	便利性
舒適性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	安全與保安性
舒適性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	便利性
安全與保安性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	便利性

2. 對人行道系統服務水準評估的暢行性而言，您認為下列三項因素之相對重要性為何？
說明：「暢行性」之評估要素

(1) 「人行道有效寬度」定義為：人行道淨寬(步行寬度)，為人行道總寬度減去公共設施帶寬度。

(2) 「動線障礙程度」定義為：人行道上設施物(包含桿類、箱類、停車區、出入口等固定設施物)所佔面積佔總人行道總面積百分比。

(3) 「無障礙設施」定義為：人行道上路緣斜坡數量。

	絕對重要 9	8	極重要 7	6	頗重要 5	4	稍重要 3	2	同等重要 1	2	稍重要 3	4	頗重要 5	6	極重要 7	8	絕對重要 9	
人行道有效寬度	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	動線障礙程度
人行道有效寬度	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	無障礙設施
動線障礙程度	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	無障礙設施

3. 對人行道系統服務水準評估的舒適性而言，您認為下列三項因素之相對重要性為何？
說明：「舒適性」之評估要素

(1) 「天候防護設施」定義為：人行道上是否有能提供遮日、避雨等功能的設施(如：騎樓、候車亭)，保護行人免受風吹日曬。

(2) 「可休憩空間」定義為：人行道上座椅、涼亭等能提供休憩之設施數量。

(3) 「人行道綠美化」定義為：人行道上之植栽及公共藝術品數量。

	絕對重要 9	8	極重要 7	6	頗重要 5	4	稍重要 3	2	同等重要 1	2	稍重要 3	4	頗重要 5	6	極重要 7	8	絕對重要 9	
天候防護設施	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	可休憩空間
天候防護設施	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	人行道綠美化
可休憩空間	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	人行道綠美化

4. 對人行道系統服務水準評估的安全與保安性而言，您認為下列三項因素之相對重要性為何？

說明：「安全與保安性」之評估要素

(1) 「照明設備」定義為：人行道上之路燈數。

(2) 「人行道鋪面破損程度」定義為：人行道路面破損百分比。

(3) 「號誌控制設施」定義為：人行道上是否有號誌控制設施。

	絕對重要		極重要		頗重要		稍重要		同等重要		稍重要		頗重要		極重要		絕對重要	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
照明設備	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	人行道鋪面破損程度
照明設備	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	號誌控制設施
人行道鋪面破損程度	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	號誌控制設施

5. 對人行道系統服務水準評估的便利性而言，您認為下列三項因素之相對重要性為何？

說明：「便利性」之評估要素

(1) 「導引設施」定義為：人行道上標誌、標線、視障導引系統等能夠提供使用者方向之設施數量。

(2) 「服務設施」定義為：人行道上之垃圾桶、郵筒、電話亭及公車站(牌)等服務性設施數量。

(3) 「串連性」定義為：人行道是否各方向均能暢通，形成完整人行路網。

	絕對重要		極重要		頗重要		稍重要		同等重要		稍重要		頗重要		極重要		絕對重要	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
導引設施	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	服務設施
導引設施	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	串連性
服務設施	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	串連性

本問卷到此全部結束，由衷感謝您的協助！