

淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文

指導教授：羅孝賢 博士

以人車衝突評估行人穿越設施設置研究

Applying Pedestrian-Vehicle Conflict on Evaluation of
Pedestrian Crossing Facilities Installation

研究生：劉欣怡 撰

中華民國 112 年 1 月

誌謝

本論文之完成，首先由衷感謝羅孝賢教授的指導與鼓勵。從文獻探討、研究方向的選擇、觀念架構之建立，以及本文之撰寫，不斷地予以指導，並提供在業界工作的學長姐的聯絡方式，讓我能在論文困難處不至於無從下手，更對初稿逐章細看，一次次的修改使得論文內容做得盡善盡美，讓本論文得以順利完成。此外，承蒙口試老師曾平毅教授、王中允教授的許多寶貴建議與指正，謹致以最深的謝意。

另外，感謝陳宛蕙教授及張勝雄教授讓我參與計畫案，理解做一個計畫案的完整流程，並為論文撰寫奠定良好基礎，讓我在建立文本架構時較為輕鬆，能用清晰的流程架構將論文文本產出，由衷感謝。

感謝 903 的大家：玉穎、雅文、美蕙、凱茵、易軒、文豪、宸豪、昱霖、昱忻、瑋翔、瑞霖、宜人、小錚，尤其感謝同家的玄共、盈欣、韋丞，我們一起在 Meenting 時一起承擔論文進度的壓力，也一起給予論文內容的建議，是大家一起互相加油打氣才能最後衝刺將論文完成，特此致謝。

感謝我的雙親與家人的鼓勵與支持，衷心感謝他們無所求的付出，在論文衝刺階段給我打氣，一直提醒我要記得睡覺，現在我碩士畢業了，感謝你們在我背後給予無限量的支持與陪伴，成為我最大的靠山。

欣怡

2023 年 1 月

論文名稱：以人車衝突評估行人穿越設施設置研究

頁數：55

校系(所)組別：淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班

畢業時間及提要別： 111 學年度第 1 學期碩士學位論文提要

研究生：劉欣怡

指導教授：羅孝賢 博士

論文提要內容：

路口行人事故逐年上升，多數行人天橋及行人地下道等行人立體設施多以使用率不高為由拆除，但少數地方為促進行人使用行人立體設施增設電梯或手扶梯，引導行人使用行人立體設施增加行人穿越路口安全。多數研究以肇事次數為判斷路口衝突嚴重程度，進而判斷行人立體設施是否拆除之重要依據，本研究認為肇事次數為稀少事件，不應以肇事次數與使用率不高為由將行人立體設施拆除，需以嚴謹的評估方式判斷行人立體設施之適宜性。

本研究於平日上午尖峰時間錄影收集實際路口資料，利用 PTV VISSIM 微觀車流軟體建立實際路口環境並輸出車流量與車輛軌跡，將 PTV VISSIM 軟體輸出資料匯入美國聯邦公路局(FHWA)開發計算路口衝突之 Surrogate Safety Assessment Model(SSAM)免費軟體，計算路口人車衝突情況，並建立多元線性迴歸及二元羅吉斯迴歸找出影響路口後侵占時間(Post-Encroachment Time, PET)及行人於路口是否發生衝突風險之因素。研究結果顯示(1)衝突程度事件數與第一進入衝突區群體為行人數或車輛數會影響後侵占時間(PET)減少；(2)車種會影響行人於路口穿越時發生衝突的風險；(3)可知衝突程度事件數、第一進入衝突區群體為行人數或車輛數及車種會影響路口人車衝突的因素，因此，將張堂賢(1989)提出之行人立體設施評估項目中肇事次數以路口衝突程度事件數代替，干擾行人車流量區分為干擾行人機車車流量、干擾行人小客車車流量與干擾行人公車車流量，並新增第一進入衝突區群體行人數或車輛數，其餘項目不更動，以更嚴謹的評估項目判斷路口行人立體設施適宜性，保障行人穿越路口安全。

關鍵字：行人天橋與地下道、人車衝突、多元線性迴歸、二元羅吉斯迴歸

*依本校個人資料管理規範，本表單各項個人資料僅作為業務處理使用，並於保存期限屆滿後，逕行銷毀。

表單編號：ATRX-Q03-001-FM030-03

Title of Thesis : Total pages:55
Applying Pedestrian-Vehicle Conflict on Evaluation of Pedestrian
Crossing Facilities Installation

Key word:

Pedestrian overpass and underpass, Pedestrian-vehicle conflict,
Multiple linear regression, Binary logistic regression

Name of Institute:

Graduate Institute of Transportation Science, Tamkang University

Graduate date:

January 2023

Degree conferred:

Master Degree

Name of student: Hsin-Yi Liu

劉欣怡

Advisor: Dr. Shiaw-Shyan Luo

羅孝賢

Abstract:

Pedestrian accidents at intersections are increasing every year. Most overpasses and underpasses, such as overpasses and underpasses, are mostly demolished because of their low utilization. However, in some places, elevators or escalators are added to encourage pedestrians to use the overpass and underpass to guide pedestrians to use the overpass and underpass. Most studies consider the number of accidents as an important basis for judging the severity of the intersection conflict and determining whether the overpass and underpass are being removed. This study considers that there are few accidents. And the overpass and pedestrian underpass should not be removed due to the low number of accidents and low usage rates. The adequacy of the overpass and pedestrian underpass should be thoroughly examined.

In the study, the actual intersection data was collected by video recording during morning rush hours on weekdays, and the simulated intersection environment was established using PTV VISSIM micro-traffic flow software to output traffic flow and vehicle trajectories. The Surrogate Safety Assessment Model (SSAM) calculates the conflicts between pedestrians and vehicles at the intersection and establishes multiple linear regression and binary logistic regression to find out the Post-Encroachment Time (PET) that affects the intersection and

whether pedestrians are at the intersection Factors of risk of conflict. The research results show: (1)the number of conflict events and the number of pedestrians or vehicles entering the conflict zone will affect the reduction of Post-Encroachment Time (PET); (2) the type of vehicle will affect the risk of conflict when pedestrians cross the intersection; (3)It can be seen that the factors of conflicts between pedestrians and vehicles at the intersection are affected by the number of incidents, the number of pedestrians, the number of vehicles and the type of vehicles that first enter the conflict zone. To ensure the safety of pedestrian crossing at intersections, a more effective approach can be applied by making the following changes: replacing the number of conflicts by the number of incidents that interfere with pedestrians and vehicles, dividing the traffic flow of pedestrians and vehicles into the flow of cars, scooters, and buses that interfere with pedestrians, adding the number of pedestrians or vehicles that first enter the conflict zone, and keeping the rest of the items unchanged.

According to “TKU Personal Information Management Policy Declaration“, the personal information collected on this form is limited to this application only. This form will be destroyed directly over the deadline of reservations.

表單編號：ATRX-Q03-001-FM031-03

目 錄

目 錄.....	I
圖目錄.....	IV
表目錄.....	V
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	3
1.4 研究限制.....	4
1.5 研究方法與流程.....	4
第二章 文獻回顧.....	6
2.1 行人路口穿越設施設計.....	6
2.1.1 行人路口穿越設施設計考慮因素.....	6
2.1.2 臺日天橋拆除比較.....	10
2.2 人車衝突.....	13
2.2.1 人車衝突重要變數.....	13
2.2.2 衝突程度劃分.....	15
2.3 小結.....	16
第三章 研究內容與研究方法.....	21
3.1 資料收集.....	21

3.2 人車衝突.....	21
3.3 迴歸模式建構.....	23
3.3.1 多元線性迴歸(Multiple regression).....	23
3.3.2 二元羅吉斯迴歸(Binary logistic regression).....	25
第四章 研究資料.....	27
4.1 模擬建構流程圖.....	27
4.2 選定路口.....	29
4.3 建立 PTV VISSIM 及 SSAM 模擬平台.....	30
4.3.1 PTV VISSIM 軟體介紹及應用.....	30
4.3.2 SSAM 軟體介紹及應用.....	35
4.4 模式驗證.....	38
第五章 實證分析.....	40
5.1 變數說明.....	40
5.2 敘述性統計.....	41
5.3 迴歸模式建構.....	44
5.3.1 多元線性迴歸.....	44
5.3.2 二元羅吉斯迴歸.....	46
5.4 結果.....	47
第六章 結論與建議.....	50
6.1 研究結論.....	50
6.2 研究建議.....	51



圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	5
圖 2-1 臺北市天橋拆除流程圖	11
圖 2-2 日本天橋拆除流程圖	12
圖 3-1 後侵占時間(PET)示意圖及公式	22
圖 3-2 多元線性迴歸模式建立流程	25
圖 3-3 二元羅吉斯模式建立流程	26
圖 4-1 模擬流程圖	29
圖 4-2 模擬路口範圍圖-鄭州承德路口(平面)	33
圖 4-3 模擬路口範圍圖-民權承德西路口	33
圖 4-4 模擬路口範圍圖-民權林森東路口	34
圖 4-5PTV VISSIM 建立之路網圖-民權林森路口為例	34
圖 4-6 SSAM 資料輸入視窗	35
圖 4-7 SSAM 最大值輸入位置	36
圖 4-8 SSAM 資料計算輸出檔	36
圖 4-9 SSAM 衝突類型示意圖	37

表目錄

表 1-1 全國行人路口事件數	1
表 1-2 雙北行人與車輛之事故位置	2
表 2-1 因素收集表	7
表 2-2 行人天橋及地下道興建評估項目	9
表 2-3 臺日天橋拆除比較表	13
表 2-4 國內與日本天橋拆除考慮項目表	18
表 2-5 張堂賢(1989)興建天橋評估項目權重值	19
表 2-6 行人設施設置之考慮變數	19
表 3-1 需收集之變數	21
表 3-2 衝突研究程度劃分	23
表 4-1 選定路口之道路環境資料	30
表 4-2 調查路口模擬道路屬性說明表	32
表 4-3 實際與模擬數據平均絕對誤差百分比(MAPE)	39
表 5-1 衝突變數資料說明	40
表 5-2 模擬後車輛長度	41
表 5-3 行人屬性變數	42
表 5-4 車輛屬性變數	42
表 5-5 路口衝突屬性變數	43
表 5-6 衝突與車種變數交叉分析表	43

表 5-7 單一線性迴歸顯著性、合理性、重要性排序	44
表 5-8 多元線性迴歸最終向前選模式之結果	45
表 5-9 各變數與有無衝突風險(Y)之顯著性、合理性、重要性排序.....	46
表 5-10 二元羅吉斯迴歸最終模式	47
表 5-11 評估行人天橋與地下道興建屬性變數	48
表 5-12 評估行人天橋與地下道拆除項目比較表	49



第一章 緒論

1.1 研究背景與研究動機

在路口，行人穿越時常感到不安全，因此，傳統安全路口設計主張將各種道路使用族群互相隔離，盡量減少路口的衝突（Abhinav.et.al,2020），近年機動車輛數量逐年增加，考照的難易度不高使駕駛人容易取得駕照，且駕駛人未於考照時獲取正確的防禦駕駛觀念，導致道路上事故頻傳，其中行人是最容易發生事故的族群。據交通部統計，110 年全國交通事故 30 日死亡人數為 2,990 人較 109 年 2,972 人增加 22 人，近年來行人死亡事故從 106 年 179 人至 110 年 197 人有逐年攀升的趨勢，其中約 5 成行人死亡事故發生於路口。由表 1-1 全國行人路口事件數可知行人在路口發生事件數、死亡人數及受傷人數也有逐年上升的趨勢，且於 109 年 9 月實施為期一個月的路口大執法，發現「車輛轉向不暫停禮讓行人優先通行」及「闖紅燈或紅燈右轉」等車不讓行人或違規的行為共取締 9,189 件，可知國內汽機車駕駛人在路口有搶快及違規的習慣，可能提升路口行人車輛衝突的危險性及發生事故的機率，因此，路口行人的安全性有必要重新思考。

表 1-1 全國行人路口事件數

年份	件數	單位：人	
		死亡人數	受傷人數
106	7,549	179	7,545
107	7,997	197	8,008
108	8,690	209	8,694
109	8,614	217	8,623
110	8,132	197	7,935

資料來源：交通部道安資訊查詢網

從 108 年至 110 年雙北路口行人事件數發現行人事故數有逐年攀升的情況，表 1-2 雙北行人與車輛之事故位置得知行人車輛事故多發生於交叉路口內，其次為交叉口附近，可知行人通過路口時可能與車輛處於有衝突的狀態，才會發生事故，為此本研究針對號誌化交叉路口中行人車輛衝突進行研究，提出在傳統路口安全設計的基礎上可行之改善方案，減少路口行人與車輛之嚴重衝突，進而降低行人於路口處發生事故之機率，使行人不再是道路上的弱勢使用者，並將「人本

交通」的概念落實到路口上。

表 1-2 雙北行人與車輛之事故位置

事故位置	單位：人			總件數
	108 年	109 年	110 年 1-7 月	
交叉路口內	1,608	1,658	840	4,106
交叉口附近	966	1,016	519	2,501
行人穿越道	204	183	85	472
穿越道附近	24	24	8	56
機車待轉區	0	1	0	1
機車停等區	1	1	0	2
總數	2,803	2,883	1,452	7,137

資料來源：本研究整理

據上述事故資料可知，路口行人與車輛發生衝突後產生事故的件數非常多，因此傳統道路設計上會在路口設置天橋或行人地下道將行人與車輛的使用空間分開，使各道路使用者有更安全的活動空間。近年來人本交通的概念普及，對於行人不友善的設施需進行改善或淘汰，眾多行人穿越設施中以立體穿越設施的天橋或行人地下道與人本交通的理念較不吻合，且天橋或地下道的使用率逐漸下降，迫使地方政府以使用率不高、影響市容及社會治安死角為由將其拆除或填平，減少維護天橋或地下道的費用，本研究認為天橋或行人地下道不應該因為使用率來判斷它們廢存問題，需有更嚴謹的評估方法如該路口人車衝突嚴重程度等，才能反應該路口人車衝突危險程度進行適應性的設計，因天橋與行人地下道還是有保護行人的作用存在。國內於 2025 年成為超高齡社會，雖天橋與行人地下道對高齡者或身障者不友善，但國內許多地方的天橋或地下道因上述原因而加裝電梯或手扶梯等無障礙設施，期望讓行人更願意使用行人立體設施，增加行人通過路口安全性。

1.2 研究目的

世界各國逐漸重視行人通過路口的安全，為此提出「人本交通」的概念，「人本交通」係指「交通設計以人為本位進行考慮，營造安全、舒適、友善、永續的交通環境」。傳統道路安全設計傾向將各用路者的空間進行劃分，利用實體的方式區隔，有研究認為分離各用路者會加劇車輛的噪音或空氣污染問題，應利用

共享空間的方式製造道路上的模糊性增加道路的安全 (Ioannis et.al,2010)，其中共享空間之定義為移除道路上號誌、標誌及實體分隔等設施，來提升用路人專注度減少行人車輛衝突的設計手法，雖然說這個概念較貼近於人本交通的手法，但於學校或醫院等行人動向不確定性較高的位置還是有保留天橋或行人地下道的必要 (靜岡県交通基盤部道路局道路保全課，2014)，因此，天橋與行人地下道不能因使用率不高的理由將其廢除，應該要嚴謹思考這些行人立體設施的適宜性，以及評估拆除天橋或行人地下道後能替代之行人設施，使行人在穿越路口時能更安全、舒適。本研究將透過路口行人車輛衝突程度的劃分標準及發生行人車輛衝突的影響變數進行探討，將觀察後的行人車輛衝突程度為分為輕度、中度、重度及危險，並針對可能影響行人車輛衝突的因素進行適合的路口行人使用設施改善，後提出路口天橋與行人地下道適宜性之評估表，期望保留有需要之天橋或行人地下道，使得行人與車輛在路口能有更安全的用路環境。

綜合上述，本研究目的如下：

1. 探討路口行人車輛衝突之影響因素
2. 提出路口行人立體設施(天橋及地下道)適宜性之評估項目

1.3 研究範圍

由臺北市提供之易肇事路口選定號誌化交叉路口進行資料收集，藉此觀察行人與車輛的衝突情況後劃分該事件之衝突程度，利於後續分析。本研究將利用錄影的方式收集路口的行人車輛衝突資料，整理出本研究需要數據進行分析，需收集的行人車輛衝突項目如下：

1. 行人與左轉車輛衝突
2. 行人與右轉車輛衝突

1.4 研究限制

本研究僅收集號誌化且有天橋之交叉路口，由於路口範圍較大因此設有車輛保護左轉時相且無設有行人專用時相，故實際調查路口之人車衝突以右轉車輛與穿越路口的行人衝突居多。調查時發現行人會使用行人立體穿越設施及平面穿越設施穿越路口，建立實際路口模擬環境時無法模擬行人使用行人立體設施情況，因此將利用平面及立體設施穿越路口之行人整合，計算為該路口之行人量。

本研究僅談論拆除天橋或行人地下道之評估項目，關於實際評估之方法及步驟需仰賴後續研究進行更深入的探討，將天橋與行人地下道等行人立體穿越設施拆除評估方式完整。

1.5 研究方法與流程

將由本節闡述為達研究目標所規劃之流程及章節內容安排，分別說明研究流程及工作內容如下：

1. 緒論

本研究首先探討路口人車衝突現況，確定路口人車衝突主要型態，探討國內行人天橋或地下道適宜性問題，透過路口人車衝突類型與嚴重程度確認後續之研究目標與研究範疇。

2. 文獻回顧

本研究針對行人路口設施設計及人車衝突兩大主軸進行文獻回顧，透過文獻了解需要收集之變數及可使用之方法，提升研究之貢獻及可用性。

行人通過路口危險性較汽機車駕駛人高，因此被視為交通弱勢群體，本研究將在此節回顧對於保護行人之路口行人安全設施設置依據。「衝突」一詞並無明確且一致之定義，且衝突嚴重程度未有明確劃分依據，以至於不同定義可能影響使用該指標是否符合研究目標，因此本研究透過此節回顧確立所使用的衝突指標名詞意義。

3. 研究內容與研究方法

本研究主要資料來源主要以軌跡資料為主，輔以錄影設備收集影像進行相關資料統計與整理，本節將介紹各資料型態，以利後續研究之便利性，並整理資料之基本敘述性統計，藉此了解本研究之樣本資料。

本研究使用多元線性迴歸分析影響後侵占時間之因素，再以二元羅吉特迴歸分析影響路口人車衝突之成因。

4. 研究結果與建議

本研究會使用 PTV VISSIM 以現況條件進行模擬後匯入 Surrogate Safety Assessment Model (SSAM) 車輛衝突模擬軟體收集後侵占時間(PET)資料，再與現況資料進行驗證，得出結果，依據實證分析結果，彙整各項影響因素結果，並與相關文獻進行比對，提出相關研究發現與結果。

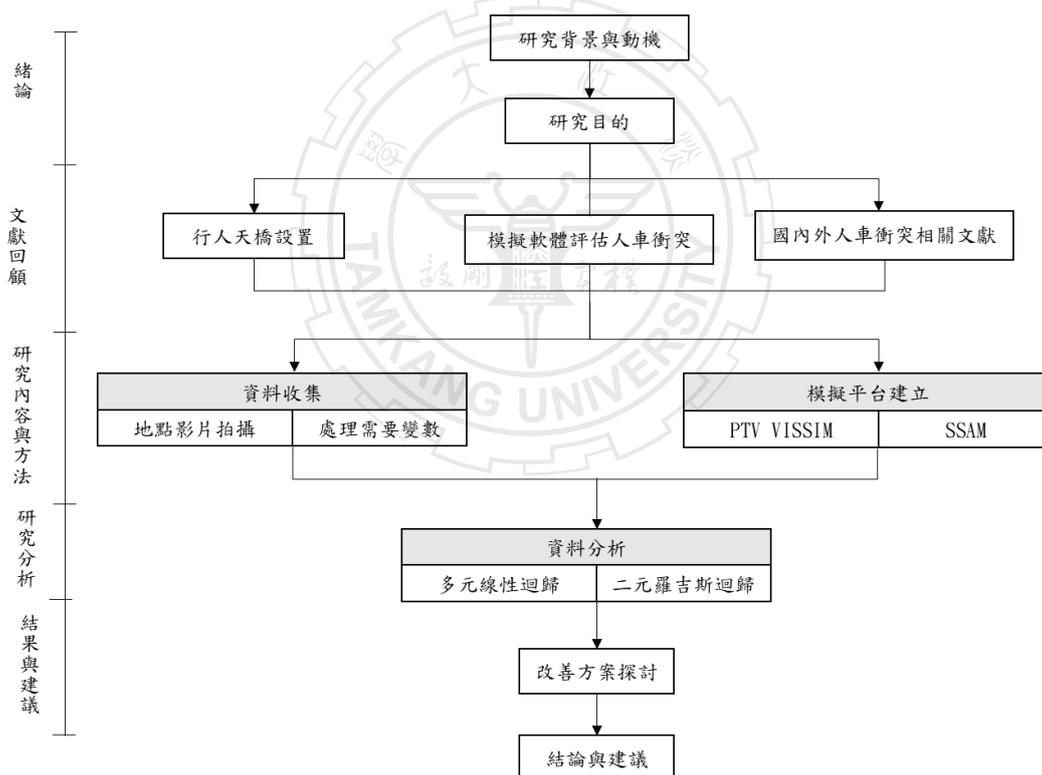


圖 1-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本章針對相關之文獻進行彙整，分為行人路口設施之設計、人車衝突兩個子題，主要收集國內外文獻進行比較，期待能對本研究內容有深入的瞭解。

2.1 行人路口穿越設施設計

行人穿越設施是畫分行人與車輛並保障行人穿越路口安全之設施，在設計行人穿越設施時需考慮行人通過路口的安全性，且需要透過相關變數了解該路口的行人穿越設施對行人安全有無幫助，進而對路口設施進行修改。

2.1.1 行人路口穿越設施設計考慮因素

世界各國皆倡導交通設計「以人為本」理念進行設計，由此可知行人的安全在路口設計上逐漸被重視的趨勢。內政部營建署〔營建署〕(2018)定義「以人為本」即為「交通系統之規劃管理以人為本位，營造安全、友善、可靠、舒適、健康的永續交通環境。」，設計概念是由「人本交通 (Humanity-Oriented Traffic Environment)」而來即為「以人為取向，追求人類永續美好生活所須之交通環境。」

Charles V. Zegeer et al. (2001) 利用卜瓦松分布與負二項式迴歸模型探討有無設置行穿線路口的行人事故數據，發現有高行人流率、高交通量及兩車道以上的路口較容易發生行人事故。該研究表示，需定期審視路口對行人的需求，選擇適當的解決方案以改善行人安全通行，可考慮選項如下：

1. 不需要特殊規定之設施
2. 是否單獨提供行穿線
3. 安裝其他路口改善設施，以降低車速、縮短行人穿越距離、增加汽機車駕駛人停車或讓行的可能性

Shalini Rankavat et al. (2020) 利用問卷的方式收集行人使用特定設施得安全性和便利性的回答，發現行人不安全通過路口是造成行人傷亡的主要因素，雖然

在路口有提供地下道或天橋予以使用，但多數行人並不使用。在有天橋的路口，便利性與實際碰撞風險有顯著的相關，確定行人穿越路口的風險和偏好的感知在避免行人衝突中可以發揮作用，應將路口改善得更便利才能提升行人路口的安全性。

周樑鐘(1990)利用多項羅吉特判斷該地點不設置行人設施、設置按鍵式號誌、設置定時式號誌及設置行人天橋或地下道，其中收集之因素如表 2-1 因素收集表所示。

表 2-1 因素收集表

項目	說明
道路特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 路寬 ● 道路型式：無分隔、中央分隔、快慢分隔、中央及快慢分隔 ● 車道數
流量	<ul style="list-style-type: none"> ● 行人量 ● 干擾行人之車流量：各轉向之干擾車流量之總和，以小客車當量(PCU)表示
管制方式	<ul style="list-style-type: none"> ● 單向 ● 雙向 ● 不平衡車道 ● 調撥車道
安全性	以路口、路段肇事情形顯示出該地方的安全性，以三年內肇事數表示。
重要性	<ul style="list-style-type: none"> ● 郊區(行人少、人口少) ● 市中心外圍或附近有名勝古蹟 ● 一般住宅區、工商地區 ● 中心商業區、市場、遊樂場 ● 中小學區
用地	<ul style="list-style-type: none"> ● 人行道寬度 ● 是否有足夠興建立體穿越設施之用地

資料來源：周樑鐘(1990)整理

行人立體設施因素主要受行人量與雙向快車道數影響，以經濟性為考量則以行人量與車流量為重要因素。

林靜如(1993)認為部分人行立體設施使用率偏低，且興建之費用高，不僅達不到預期效果還可能藏汙納垢成為社會治安死角，更無法達到改善路口人車衝突目的，該文獻利用問卷調查方式進行資料收集，主要詢問受訪者，對於人行立體設施之滿意度，發現行人天橋的對行人滿意度問項上在穿越時感到安全上頗受行人肯定，在穿越時體力耗費少項目上行人最不滿意，人行地下道對於行人滿意度問項上最滿意在穿越時感到安全，最不滿意穿越時體力耗費少，可知，雖然行人

們覺得使用人行立體設施穿越路口可以保護自身安全，但因穿越時較耗費體力及時間導致他們不想使用。建立二元羅吉特模式分析行人使用立體人行設施或平面人行設施考慮因素，其中將立體人行設施分為行人天橋及人行地下道兩項分別分析，行人會選擇使用行人天橋與否主要考慮「穿越時很安全」、「體力耗費少」、「隨時可穿越」及「不會迷失方向」等因素，其中以「穿越時很安全」最為重要「隨時可穿越」次之，在是否考慮使用人行地下道方面為「穿越時很安全」、「不會發生犯罪行為」、「不會迷失方向」、「有遮陽避雨設施」及「衛生條件良好」等因素，以「不會發生犯罪行為」為行人決定使用地下道為主要考慮因素，「有遮陽避雨設施」次之，總體而言，行人認為「穿越時很安全，不會發生交通事故」為最主要的考慮因素，該因素在行人天橋模式中被視為最重要之因素，但在人行地下道上則與「穿越時不會發生犯罪行為」並列最重要因素。該研究另建立人行立體設施使用率模式，由結果可知，於行人天橋預測模式發現轉向量、行人量、車行方式(如單行道)及行人天橋之出入口設計不良為主要變數，以車流量為行人選擇使用行人天橋或平面道路最重要之考慮因素，在人行地下道預測模式發現轉向量、行人量、路寬及衛生條件良否等變數為主要考慮變數，其中以衛生條件良否為行人使用地下道之重要因素。

Anush et.al(2021)利用順序性羅吉斯特分析印度各年齡層及性別在穿越路段時會選擇之行人穿越設施，其中可選擇之設施分為行穿線、行人天橋及行人地下道，該研究發現不論男性女性，在穿越路段時都會優先選擇行穿線其次為行人天橋，在年齡層方面越年輕的受訪者越會選擇使用天橋穿越道路。

張堂賢(1989)，該文獻將各類行人穿越設施標準進行整理並求得以下結果，評估行人陸橋或地下道興建項目為以下 11 點：(1)肇事次數(2)干擾行人車流量(3)行人平均延滯(4)行人量(5)干擾行人車道數(6)設施可能使用率(7)市郊(8)市中心邊緣區(9)一般住宅、工商區(10)市中心區(11)中小學區，經標準化後以加權之方法整合為一評估指標，各變數之權重以 AHP 法求得如表 2-2 所示。

表 2-2 行人天橋及地下道興建評估項目

屬性變數名稱	權重值	屬性變數名稱	權重值
(1)肇事次數	0.2824	(7)市郊	0.0066
(2)干擾行人車流量	0.1142	(8)市中心邊緣區	0.0126
(3)行人平均延滯	0.1251	(9)一般住宅、工商區	0.0108
(4)行人量	0.1979	(10)市中心區	0.0449
(5)干擾行人車道數	0.0598	(11)中小學區	0.0380
(6)設施可能使用率	0.1078		

資料來源：張堂賢(1989)整理

最後依各地點評估指標之平均數 \bar{x} ，及標準差 S ，將所選地方分為六級，分別如下：

- A 級($-\infty, \bar{x}-2S$)
- B 級($\bar{x}-2S, \bar{x}-S$)
- C 級($\bar{x}-S, \bar{x}$)
- D 級($\bar{x}, \bar{x}+2S$)
- E 級($\bar{x}+2S, \bar{x}+S$)
- F 級($\bar{x}+2S, \infty$)

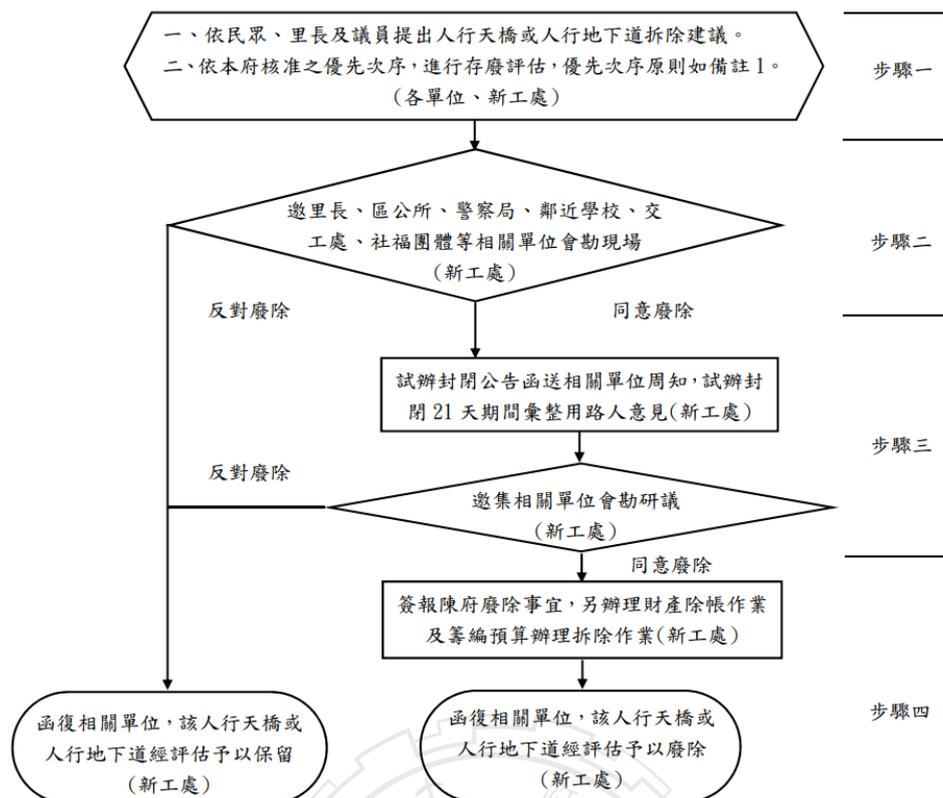
其中 F 級為最需要興建，A 級為最不需要興建，以需要興建性依級別遞減。

2.1.2 臺日天橋拆除比較

臺北市天橋由民眾、里長及議員提出需拆除之建議，後依臺北市政府通過准許天橋之優先順序進行廢存評估，優先次序如下：

1. 使用已達 40 年以上者
2. 經評估結構安全已有疑慮者
3. 人車交通安全有配套措施完善，業獲各單位共識可拆除者
4. 人行天橋及地下道鄰近設有捷運車站出入口可茲替代者
5. 經由議員協調陳情及里長於市長與里長市政座談會建議並獲共識者

通過評估後臺北市政府邀請各單位人員進行現場會勘，決定是否同意廢除提出申請之天橋，如同意則會寄發試辦封閉該天橋之公告於相關單位知曉，並試辦天橋封閉 21 天彙整用路人意見，如不同意便告知相關單位將申請之天橋保留。通過廢除申請後邀請各相關單位商討，如同意廢除就會簽報廢除事宜辦理拆除作業，並告知相關單位該天橋予以廢除，如不同意廢除則告知各相關單位將天橋評估後予以保留。



備註 1

1. 使用已達 40 年以上者。
2. 經評估結構安全已有疑慮者。
3. 人車交通安全有配套措施完善，業獲各單位共識可拆除者。
4. 人行天橋及地下道鄰近設有捷運車站出入口可茲替代者。
5. 經由議員協調陳情及里長於市長與里長市政座談會建議並獲共識者。

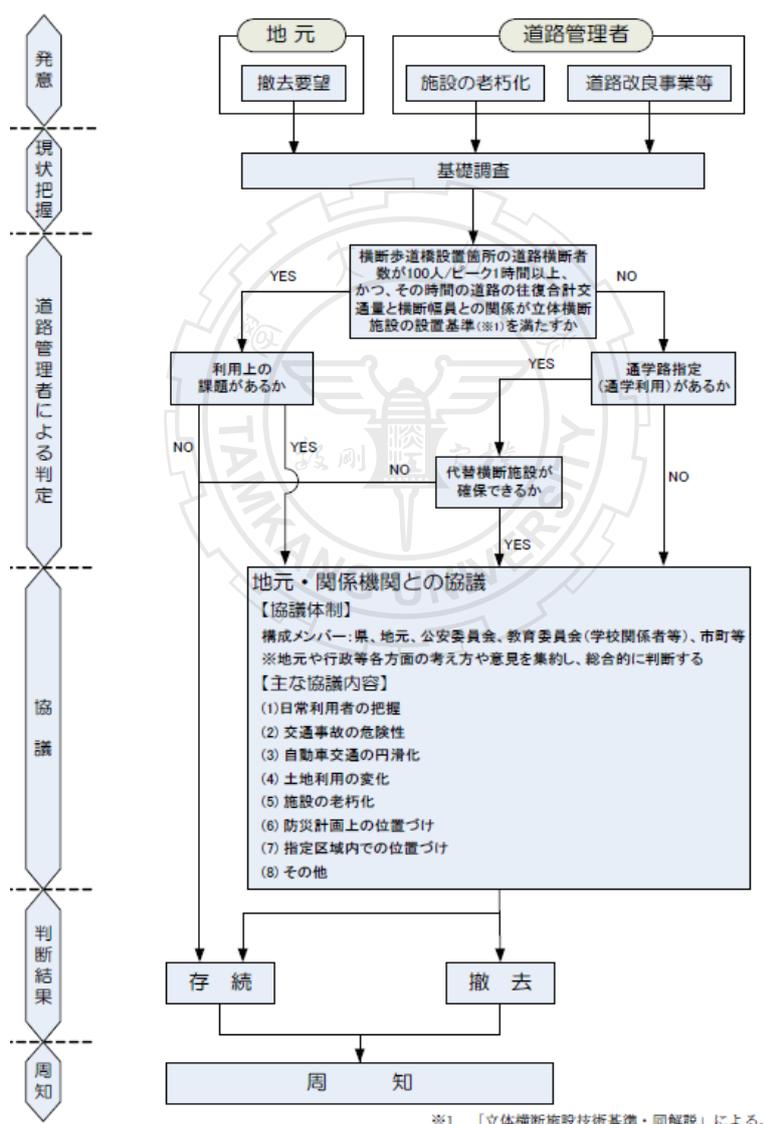
資料來源：臺北市政府工務局新建工程處(2021)

圖 2-1 臺北市天橋拆除流程圖

日本靜岡縣天橋拆除評估分為地方或管理者提出，其中希望拆除天橋、該天橋是否有安全疑慮或有道路改良事業等意見，他們會先到現場會勘了解現況，考慮該天橋是否在尖峰的 1 小時內超過 100 人使用，及是否滿足「立體橫斷施設技術基準・同解説」(2018)所規範之天橋設置規則，如符合則會考慮該天橋是否不常被使用，如不符合則會考慮是否為通學路線或有其他可取代之行人設施，如還是沒有則保存該天橋如有則進入相關單位商議，進而考慮該天橋的廢存問題後將結果公告。其中相關單位考慮的內容如下：

1. 了解該天橋日常使用者
2. 交通事故的危險性

3. 汽機車交通上的流暢性
4. 土地利用的改變
5. 設施是否損壞腐蝕
6. 是否位於防災計畫之路線
7. 是否位於政府政策上之指定區域內
8. 其他(如，使否為治安死角等)



資料來源：静岡県交通基盤部道路局道路保全課(2014)

圖 2-2 日本天橋拆除流程圖

以文獻中臺北市與日本靜岡縣之拆除行人天橋考慮項目進行比較，由表 2-3 臺日天橋拆除比較表可知，在商討內容的部分國內僅利用封閉後 21 天所彙整之用路人意見為考慮的內容，但日本在商討時會，先考慮天橋日常使用者有哪些、車輛於交通上的流暢性、是否為通勤或通學所需路線，可知日本於討論天橋是否拆除的考慮項目較國內來的嚴謹。

表 2-3 臺日天橋拆除比較表

	臺北市	日本靜岡縣
提出者	地方民眾、里長及議員	地方民眾、道路管理者
會勘單位	里長、區公所、警察局、鄰近學校、交工處、社福團體	道路管理者
考慮項目	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用已達 40 年以上 ● 經評估結構安全已有疑慮者 ● 人車交通安全有配套措施完善，業獲各單位共識可拆除者。 ● 人行天橋及地下道鄰近設有捷運車站出入口可替代 ● 由議員協調陳情及里長於市長與里長市政座談會建議並獲共識者 	<ul style="list-style-type: none"> ● 尖峰的 1 小時內是否超過 100 人使用 ● 是否滿足「立體橫斷設施技術基準・同解說」(2018)所規範之天橋設置規則 ● 是否為通學所需路線
商討內容	試辦封閉公告函送相關單位周知，試辦封閉 21 天期間內彙整之用路人意見。	<ul style="list-style-type: none"> ● 了解該天橋日常使用者 ● 交通事故的危險性 ● 汽機車交通上的流暢性 ● 土地利用的改變 ● 設施是否損壞腐蝕 ● 是否位於防災計畫之路線 ● 是否位於政府政策上之指定區域內 ● 其他(如，是否為治安死角等)

資料來源：本研究整理

2.2 人車衝突

行人車輛衝突能判斷該路口是否發生事故機率，如人車衝突的風險越高表示該路口發生行人車輛的事故的機率越高，因此本研究透過文獻整理路口衝突之重要變數及風險等級劃分，期望將適合之數據加入研究中，以利於後續分析。

2.2.1 人車衝突重要變數

Rolla Almodfer et al. (2016) 多數量化衝突之研究多以碰撞時間 (Time to

Collision, TTC) 及後侵占時間 (Post-Encroachment Time, PET) 為測量方式，由於 PET 的值不需加入速度及方向來計算，因此 PET 的計算較 TTC 簡單，但 PET 所計算屬於靜態的事件但有關衝突嚴重性是屬於動態事件。提出一個有關車道的後侵占時間 (LPET)，透過車道來克服原本後侵占時間 (PET) 的侷限性，LPET 值越小表示有衝突的雙方用路者的衝突嚴重程度越高。利用 LPET 來計算無號誌路口上行人與車輛在每條車道上的人車衝突影響。又探討在各車道上不同程度的衝突下，行人步行速度的分布，有助於設計路口幾何的機構能考慮行人過馬路的时间和舒適度。

Jiawei Wu et al.(2017)利用 PTV VISSIM 模擬路口之人車衝突，將模擬出的車輛軌跡匯入美國聯邦公路局(FHWA)開發之 Surrogate Safety Assessment Model(SSAM)軟體，該軟體可用於微觀交通模擬輸出的車輛軌跡數據進行分析，SSAM 軟體可計算出碰撞時間(Minimum time-to-collision, TTC)、後侵占時間(Post-encroachment time, PET)、起始減速率(Initial deceleration rate, DR)、最大速度(Maximum speed, MaxS)、最大速度差(Maximum relative speed difference, DeltaS)，其中碰撞時間與後侵占時間為判斷衝突的主要變數。結果表明，利用模擬軟體與實際現場調查的衝突是無差異的，由此可知，模擬軟體可模擬出路口的衝突特性，且會比人員於現場調查來的客觀。

Wael K.M et al.(2017)主張行人在穿越道路時會改變行為，突然的速度變化可能對衝突產生重大影響，利用多項羅吉特迴歸對行人速度進行分析，發現加減速與行人穿越道的長度對於速度變化有顯著關係，行人突然的速度變化可能因為駕駛人無法預期行人的位置而增加行人與車輛的碰撞風險。

Avinash Chaudhari et al.(2020)在印度，交通衝突技術(TCT)和相關措施的適用性未被廣泛使用，因此該文獻嘗試使用不同的安全措施來評估路段中行穿線上的行人安全，針對車輛速度、後侵占時間(PET)、行人與車輛的衝突率進行評估，就觀察到的數據顯示，隨著道路上車輛速度增加衝突數也會增加，此外，衝突的發生率與嚴重性隨著行人穿越的速度降低而增加。

Abhinav Kumar et al. (2020)認為印度需要將因為傳統道路設計用號誌標線

標誌區分不同用路者的設施拆除，將道路上的空間還給用路人，且不能全部設計都依照設計規範，應該要因地制宜。該研究建立多元線性迴歸模式分析哪些因素對於衝突會有影響及二元羅吉特模式判斷行人或車輛誰為該衝突的主導方，模式結果顯示，車輛數、車種、行人是否遵守號誌、一組為多少行人數一起過馬路及十字路口大小為顯著因素，該文獻結果顯示，路口越大行人越不容易接近衝突，路口越小則反之，且左轉車輛較其他轉向的車輛更有意願禮讓行人。

Devika Santhosh et al.(2020)利用 Ioannis et al.(2010)提出 PVCA 的方法調查無號誌化路口之衝突，該研究發現主要發生衝突的原因取決於行人與車輛的數量，且建議將有號誌之路口與無號誌之路口相鄰，利用鄰近有號誌之路口牽制無號誌之路口減少衝突，提升行人穿越道路的安全性。

2.2.2 衝突程度劃分

Ioannis Kaparias et al. (2010) 以車輛與車輛衝突為基礎提出一個創新的行人與車輛衝突分析的技術，人車衝突的定義主要跟車與車衝突的定義一樣「兩個或多個道路使用者在空間和時間上相互接近的觀察情況，如果他們的運動保持不變，則容易發生碰撞」，這項衝突分析因素分為四項碰撞時間、閃避動作的嚴重性、閃避行為的複雜性及碰撞距離，利用嚴重、中度及輕度三個等級區分。

Ioannis Kaparias et al. (2013) 該文獻使用車速與車輛的軌跡判斷是否產生衝突，以 Kaparias 等人開發的 pedestrian - vehicle conflict analysis (PVCA) 模式為基礎，其中以車速及車輛是否有軌跡偏移的閃避行為來判定人車衝突的嚴重程度等級進行調整，將可能造成模稜兩可的界定方式做一個更嚴謹的定義，才能判斷該人車衝突的嚴重程度，另外將新修改出的 PVCA 模式套用在倫敦的展覽路上，該路段已改為交通寧靜區的元素設計之道路，利用攝影收集數據後將其以 PVCA 判斷標準進行人車衝突判斷，發現再利用交通寧靜區前設計的道路中人車衝突多為 1 至 2 級（輕微衝突）衝突，發現利用該設計後衝突有明顯下降的趨勢。

S.Marisamynathan et al(2018)利用皮爾森相關與勝算比分析印度行人違規行

為，發現高教育水準的人較遵守交叉路口上的號誌，職業為就業的行人比其他職業的行人不常遵守交通規則，以工作為目的的行人較其他旅次目的行人不常遵守交通規則，不遵守率隨著等待時間減少而減少，行穿線長度與行人穿越道路的行為和安全性有關，行穿線越短違規率降低增加行人穿越的安全性，此外，發現交叉路口允許自由左轉可能會增加行人發生事故的風險。

Abbas ahykhfard et al. (2021) 使用瑞典交通衝突技術(Swedish Traffic Conflict Technique,STCT)根據衝突速度與事故發生的時間，將衝突分為相遇、潛在、輕微及嚴重衝突，其中發生行人在相遇和汽機車駕駛在潛在、輕微及嚴重衝突中皆以閃避的行為來做閃避免於事故發生。該文獻另外又發現未劃有行穿線之交叉路口發生衝突的機率高於有畫設行穿線之交叉路口，可知未劃有行穿線之交叉路口可能因為行人穿越路口的不確定性導致駕駛人來不及採取對應的行為，因此有必要教育駕駛人通過路口時需禮讓行人，從而提高行人的安全。

Xinyu Liang et al. (2021)利用荷蘭客觀衝突營運和研究技術(Dutch Objective Conflict Technique for Operation and Research,DOCTOR)的方式，該方式識別衝突的條件為速度與軌跡偏移，如衝突的一方無速度或方向的改變很有可能發生碰撞，另外還需考慮閃避的動作、可用空間、碰撞時間及侵占時間。

2.3 小結

國內推廣「以人為本」的行人設施設計理念，期望打造能讓行人感到舒適、友善、安全的用路環境，使行人不再是交通上的弱勢族群，在文獻上有提供多個能夠保護行穿線上步行的措施，但最根本會造成行人穿越路口安全性的因素為汽機車通過路口未減速及行人穿越軌跡不能確定性，進而提升路口的危險及衝突。

過去的文獻僅探討會影響路口人車衝突之變數，期望在路口設計時能將可能影響變數進行改善，但幾乎沒有提出具體的改善方案，據文獻所示行人性別、行人年齡、行人是否違規、交叉路口大小、車種、車道數、後侵占時間(PET)及碰撞時間(TTC)等變數會影響人車衝突，且在劃分人車衝突風險時有主觀判斷

及量化判斷兩種方式，由於主觀判斷較可能因人而異，因此本研究需針對文獻回顧中所使用之變數整理後進行路口調查，利用量化劃分的方式判斷風險程度，找出能反映出本國路口影響人車衝突之變數。

在國內評估是否拆除天橋僅由少數人員進行討論後，試辦 21 天封閉天橋詢問在封閉期間是否會造成不便，但日本有考慮到是否為通勤及通學路線、拆除後是否會對車流行進上造成影響等問題，認為日本判斷項目較國內嚴謹。但由文獻可知多數通過路口之行人認為，使用天橋或地下道可以讓他們覺得通過路口更安全，且天橋對於保護行人安全還是有一定的作用，應增加其他評估的項目才能更確定該天橋的適宜性。

多年前於路口設計提倡「人車分道」的設計理念，因此於路口出現興建行人天橋及地下道的聲浪，由於興建地下道花費金額較行人天橋多，因此地下道於路口興建數量較少，天橋興建數量較多，當時多數行人認為通過路口時使用天橋可以幫助他們節省穿越路口的時間及保護自身安全，但缺點是需要耗費體力才能使用天橋。如今路口設計從「人車分道」改為「人本交通」，建設人本交通理念之路口時優先考慮路口行人使用穿越設施的舒適度為基礎進行設計，認為天橋聳立於路口間造成市容混亂，行人地下道由於容易藏污納垢及社會治安死角問題，且多數人認為行人立體設施使用上沒有平面設施來的輕鬆，因此使用人數逐漸下降，導致許多行人天橋與地下道因使用率不高將其拆除。

將國內與鄰近國家日本拆除天橋評估流程相比，國內最後階段的考慮項目不夠完善僅彙整用路人意見決定該天橋是否拆除，如表 2-4 所示，日本會考慮該天橋是否坐落於通學路線、了解日常使用者為那些族群、拆除後是否會因為增設行穿線導致路口流暢性降低、天橋是否位於防災線路上等項目，是真正進行嚴謹的考慮後才決定提出申請天橋的適宜性。本研究認為，國內拆除天橋時應該與日本相同建立一個嚴謹的行人天橋或地下道拆除的評估項目，不能草率利用少數人意見及使用率低得方式決定行人天橋與地下道的適宜性。

表 2-4 國內與日本天橋拆除考慮項目表

	臺北市	日本靜岡縣
提出者	地方民眾、里長及議員	地方民眾、道路管理者
會勘單位	里長、區公所、警察局、鄰近學校、交工處、社福團體	道路管理者
考慮項目	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用已達 40 年以上者 ● 經評估結構安全已有疑慮者 ● 人車交通安全有配套措施完善，業獲各單位共識可拆除者。 ● 人行天橋及地下道鄰近設有捷運車站出入口可茲替代者 ● 由議員協調陳情及里長於市長與里長市政座談會建議並獲共識者 	<ul style="list-style-type: none"> ● 尖峰的 1 小時內是否超過 100 人使用 ● 是否滿足「立體橫斷施設技術基準・同解説」(2018)所規範之天橋設置規則 ● 是否為通學所需路線
商討內容	試辦封閉公告函送相關單位周知，試辦封閉 21 天期間內彙整之用路人意見。	<ul style="list-style-type: none"> ● 了解該天橋日常使用者 ● 交通事故的危險性 ● 汽機車交通上的流暢性 ● 土地利用的改變 ● 設施是否損壞腐蝕 ● 是否位於防災計畫之路線 ● 是否位於政府政策上之指定區域內 ● 其他(如，是否為治安死角等)

資料來源：本研究整理

由文獻回顧可知設置行人設施時，多會考慮路口的肇事次數、路口行人流量、干擾行人車流量、干擾行人的車道數及該路口座落位置。本研究認為肇事次數屬於稀少事件，且不能等到發生事故後才來做路口設施的改善，因此需要選擇其他變數來評估路口行人設施設置的項目，需要利用更嚴謹的項目來考慮行人天橋與行人地下道的適宜性，如林靜如(1993)研究結果表示，多數行人認為使用天橋穿越路口是安全的，Anush et.al(2021)研究結果表示，年齡越年輕使用行人天橋的意願越大，據上述文獻可知還是有些行人穿越道路時會選擇行人天橋，所以不能

單因為使用率不高而將天橋拆除，應利用該路口的危險性作為主要判斷依據，藉此也能降低路口行人事故發生。

由張堂賢(1989)評估興建行人天橋與地下道權重值可知，肇事次數之權重佔整體評估項目中最高，且與設施可能使用率相差 2.8 倍，表示該肇事次數為評估興建天橋最重要的評估項目，但肇事次數屬於稀少事件，較難重現事故當下場景，因此本研究認為可將肇事次數以人車衝突程度表示，人車衝突資料可於現場收集，較收集肇事次數容易。

表 2-5 張堂賢(1989)興建天橋評估項目權重值

屬性變數名稱	權重值	屬性變數名稱	權重值
(1)肇事次數	0.2824	(7)市郊	0.0066
(2)干擾行人車流量	0.1142	(8)市中心邊緣區	0.0126
(3)行人平均延滯	0.1251	(9)一般住宅、工商區	0.0108
(4)行人量	0.1979	(10)市中心區	0.0449
(5)干擾行人車道數	0.0598	(11)中小學區	0.0380
(6)設施可能使用率	0.1078		

資料來源：張堂賢(1989)

本研究預計使用表 2-6 行人設施設置之考慮變數加上判斷衝突之變數，判斷那些因素會影響路口人車衝突的發生，並進行評估行人天橋與地下道的項目。

表 2-6 行人設施設置之考慮變數

考慮變數	周樑鐘(1990)	張堂賢(1989)
安全性	以路口、路段肇事情形顯示出該地方的安全性，以三年內肇事數表示。	肇事次數
設施使用率	-	設施可能使用率
道路特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 路寬 ● 道路型式：無分隔、中央分隔、快慢分隔、中央及快慢分隔 ● 車道數 	-
流量	<ul style="list-style-type: none"> ● 行人量 ● 干擾行人之車流量：各轉向之干擾車流量之總和，以小客車當量(PCU)表示 	<ul style="list-style-type: none"> ● 行人平均延滯 ● 行人量 ● 干擾行人車道數 ● 干擾行人車流量
管制方式	<ul style="list-style-type: none"> ● 單向 ● 雙向 	<ul style="list-style-type: none"> ● 不平衡車道 ● 調撥車道
重要性	<ul style="list-style-type: none"> ● 郊區(行人少、人口少) ● 市中心外圍或附近 	<ul style="list-style-type: none"> ● 市中心商業區、市場、遊樂場 ● 中小學區
		<ul style="list-style-type: none"> ● 市郊 ● 市中心邊緣區 ● 一般住宅、工商區

考慮變數	周樑鐘(1990)	張堂賢(1989)
	有名勝古蹟 ● 一般住宅區、 ● 工商地區	● 市中心區 ● 中小學區
用地	● 人行道寬度 ● 是否有足夠興建立體穿越設施之用地	-

資料來源：周樑鐘(1990)、張堂賢(1989)



第三章 研究內容與研究方法

本研究將利用攝影設備收集有號誌之交叉路口中行人與車輛衝突，進而利用二元羅吉斯模式探討有無衝突時對其的影響變數有哪些，透過可能影響的因素在路口何處或針對用路人的路口安全教育做改善，藉此才能降低路口的事故率，給予用路人安全的路口環境。

3.1 資料收集

上午民眾通勤與通學之時間相近且有遲到壓力，能觀察之人車衝突較多，因此本研究利用攝影的方式，預計收集臺北市路口上午尖峰兩小時之影像，由於臺北市設有行人地下道之路口較少，因此選擇設有天橋之路口，進而了解在有天橋之路口行人與車輛的互動關係，將收集的影像進行表 3-1 需收集之變數中列出之變數，利用 SAS 統計分析軟體分析整理後變數之敘述性統計瞭解現實路口人車衝突資料的分佈情況。

表 3-1 需收集之變數

屬性	變數名稱
衝突之變數	<ul style="list-style-type: none">● 碰撞時間 (TTC)● 侵占後時間 (PET)
道路屬性	<ul style="list-style-type: none">● 車道寬● 車道數● 行穿線長度● 有無行人專用時相
行人個人屬性	<ul style="list-style-type: none">● 年齡● 性別● 同行人數
車輛屬性	<ul style="list-style-type: none">● 車種● 車輛行為

資料來源：本研究整理

3.2 人車衝突

本研究遵照 Amundsen (1977)提出之人車衝突定義，將人車衝突定義為「一個或兩個以上用路者在空間或時間上察覺對方後，如不做任何軌跡、速度上的改變，便會發生事故」。

據第二章文獻所示，後侵占時間與碰撞時間為判斷衝突程度之重要變數，因

此根據 Allen et.al(1978)所定義之後侵占時間(Post-Encroachment Time,PET)為「雙方用路者軌跡交會的區間，一車離開該衝突區至另一輛車進入該區間的時間差」如圖 3-1 所示，模式一為車輛先進路衝突區，行人再進入衝突區，模式二為行人先進入衝突區，車輛再進入。

碰撞時間(Time to Collision,TTC)概念最早由 Hayward(1972)提出，定義為「如雙方用路者維持一樣軌跡與速度，其發生碰撞的時間」，藉此有利於後續人車衝突風險程度之劃分。

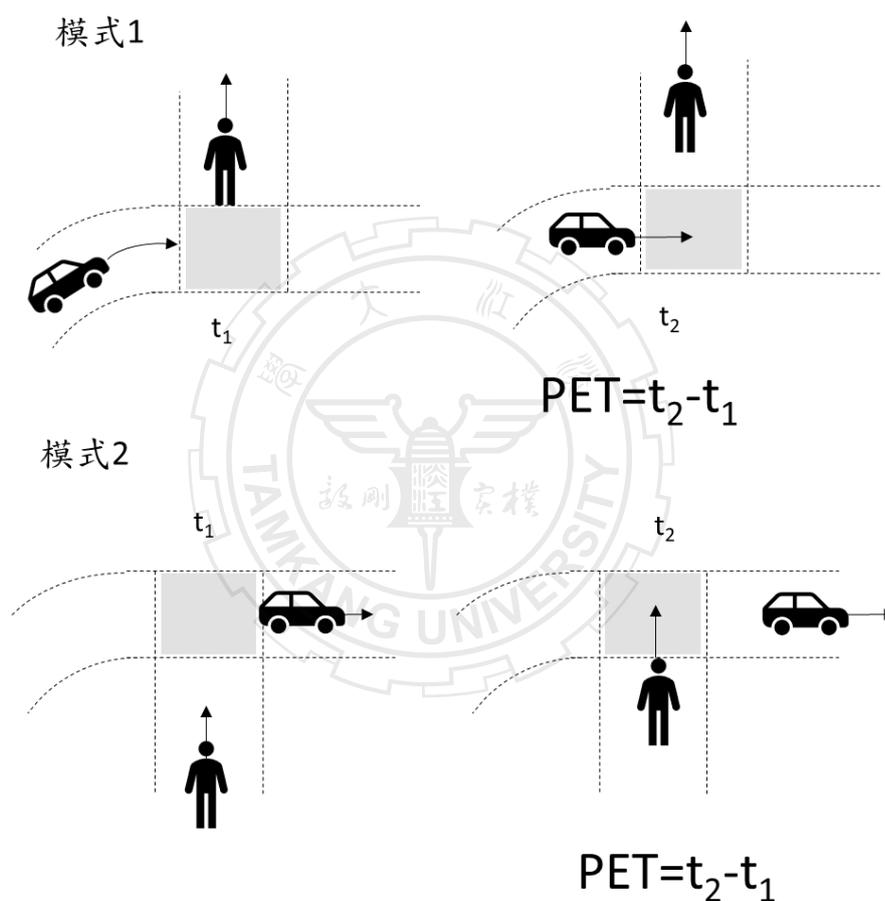


圖 3-1 後侵占時間(PET)示意圖及公式

將收集後的影像使用 PTV VISSIM 模擬軟體進行路網繪製及模擬現況衝突，並使用美國聯邦公路局(FHWA)開發之 SSAM 軟體計算，後，其中 SSAM 軟體可計算之數據如下：

1. 碰撞時間(Minimum time-to-collision, TTC)

2. 後侵占時間(Minimum post-encroachment time, PET)
3. 起始減速率(Initial deceleration rate, DR)
4. 最大速度(Maximum speed, MaxS)
5. 最大速度差(Maximum relative speed difference, DeltaS)
6. 衝突事件位置(Location of the conflict event, CLSP, CLEP)
7. 最大事後速度差(Maximum “post collision” DeltaV, MaxDeltaV)

據文獻回顧得知，後侵占時間（PET）及碰撞時間（TTC）為判斷人車衝突之重要因素，因此，本研究求得衝突重要變數後進行衝突嚴重程度劃分，劃分等級參考溫基信等人（2021）提到之劃分標準如下：

表 3-2 衝突研究程度劃分

後侵占時間(PET) (秒)	衝突嚴重程度
$TTC \leq 1$	嚴重衝突
$1 < TTC \leq 2$	高度衝突
$2 < TTC \leq 3$	中度衝突
$3 < TTC \leq 5$	潛在衝突

資料來源：溫基信等人（2021）

3.3 迴歸模式建構

建立多元線性迴歸模式了解那些車輛及道路幾何因素會增加人車衝突的風險，建立二元羅吉斯迴歸模式了解行人在穿越路口時會影響行人是否發生衝突的因素，針對會影響之變數提出改善建議。

3.3.1 多元線性迴歸(Multiple regression)

1. 建立多元線性迴歸限制

線性迴歸的應變數(Y)必須為數值型變數，分析解釋變數(X)對應變數(Y)影響程度，線性迴歸可分為簡單迴歸(Simple Regression)及多元迴歸(Multiple Regression)，簡單迴歸為只有一個解釋變數(X)解釋該因素對應變數(Y)的影響，

多元迴歸則是有兩個或兩個以上的解釋變數(X)解釋它們對應變數(Y)的影響程度，本研究使用 SSAM 模擬計算出的後侵占時間(PET)作為該模式的應變數(Y)，解釋變數(X)則為錄影收集後的道路屬性進行分析，因此研究選擇使用多元迴歸較適合，尋找影響後侵占時間(PET)的道路屬性因素進行後續研究。

使用多元線性迴歸需要先確定解釋變數(X)是與應變數(Y)為線性關係、要有常態分配且各變數需互相獨立，否則模式推估後的結果會有偏差導致無法正確地找出影響因素，其多元線性迴歸公式如下：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (3.1)$$

符號說明如下：

β_0 ：常數

$\beta_1 \dots \beta_k$ ：迴歸係數

ε ：誤差值

2. 模式建立流程

- 步驟一：合併變數細類別

多數變數細項過多，不利多元線性迴歸建立，本研究根據各變數類別進行劃分。亦在此步驟檢視離群值資料。

- 步驟二：建立多元線性迴歸變數選擇及提出最終模式

建立多元線性迴歸模式，變數選擇考慮包含變數顯著性、合理性和重要性。模式建立程序先將所有變數單獨與應變數進行簡單迴歸，判斷各影響因素對於應變數是否有顯著的影響關係，並判斷其合理性(若不合理則刪除)，並進行重要性排序，將重要性最高之變數優先加入模式中。重複前述步驟，直至無顯著的變數可以被選入模式中，以建立最終之多元線性迴歸模式。

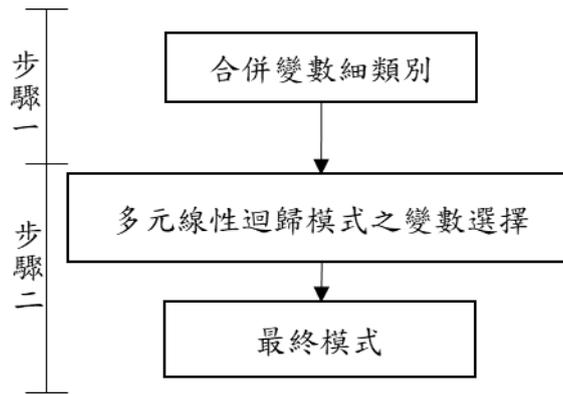


圖 3-2 多元線性迴歸模式建立流程

3.3.2 二元羅吉斯迴歸(Binary logistic regression)

1. 二元羅吉斯研究限制

本研究將收集後行人因素及實際計算後的後侵占時間進行整理，將後侵占時間劃分在行人穿越道路的衝突下是否與車輛發生衝突制定門檻值，探討行人穿越道路是否與車輛發生衝突影響因素為何，其中是否發生衝突為二元的類別變數，就本研究資料為例，利用文獻回顧中後侵占時間(PET)的門檻值將人車衝突分為有衝突風險設為 1，無衝突風險設為 0，羅吉特迴歸是利用比例的方式解釋衝突風險因素的存在使路口有衝突的結果勝出的機率為多少百分比，就此而言研究方式採取二元羅吉斯迴歸是合適的選擇，二元羅吉斯迴歸的應變數(Y)是屬於類別變數，與一般線性迴歸應變數(Y)需要是數值型的變數不同，二元羅吉斯迴歸是以勝算比的方式來解釋 0、1 的結果，一般來說會將應變數(Y)為 0 的資料設為參照組。

利用二元羅吉斯模式分析在有無人車衝突風險下，找出那些因素對人車衝突有影響藉此進行行人設施改善之依據，公式如下：

$$Z_i = \log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_k x_k \quad (3.2)$$

符號說明如下：

P_i ：事件發生機率值

$\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right)$ ：勝算比(Odds Ratio)

β_0 ：常數

$\beta_1 \dots \beta_k$ ：迴歸係數

2. 模式建立流程

- 步驟一：合併變數細類別

將需要合併或分群的變數進行整理，本研究根據各變數類別進行劃分。亦在此步驟檢視離群值資料。

- 步驟二：模式之變數選擇及提出最終模式

建立二元羅吉斯迴歸模式，變數選擇考慮包含變數顯著性、合理性和重要性。模式建立程序先將所有變數單獨與應變數進行迴歸，判斷各影響因素對於應變數是否有顯著的影響關係，並判斷其合理性，進行重要性排序，將重要性最高之變數優先加入模式中。重複前述步驟，直至無顯著的變數可以被選入模式中，以建立最終之二元羅吉斯迴歸模式。

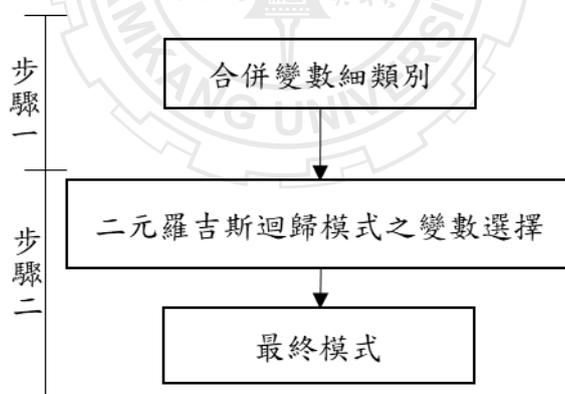


圖 3-3 二元羅吉斯模式建立流程

第四章 研究資料

本研究利用攝影設備收集選定路口之路口現況資料後進行整理，整理後數據匯入 PTV VISSIM 建立與現實衝突資料相符的環境，輸出車輛與行人的運行軌跡及路網圖，接著套用到美國聯邦政府公路局(FHWA)開發之 SSAM 軟體計算該路口的衝突資料，以利後續建立多元線性迴歸模式與二元羅吉斯迴歸模式找出可能會造成路口人車衝突之因素進行分析。

4.1 模擬建構流程圖

1. 收集資料：

利用攝影機收集選定路口平日上午尖峰資料。

2. 建立 PTV VISSIM 模擬平台：

於 PTV VISSIM 軟體建立收集後路口環境、車流量及行人量資料，建立路網並設定號誌周期、車輛指派、機車兩段式左轉、行人指派資料，還原現實路口環境並還原車流及人流與路口行進的型態。

3. 設定參數：

設定符合路口環境之參數，如機車於道路行駛時並排騎乘及鑽車縫行為，設定車輛與車輛、行人與車輛間的衝突禮讓行為，如左轉車應禮讓直行車、車輛應禮讓行人等禮讓行為。

4. 模式驗證：

設定需設定的參數後，即可進行路口模擬，總模擬時間為 2 小時 8 分 20 秒，其中 8 分 20 秒為暖機時間，並跑 10 次隨機亂數種子資料，採集暖機時間後 2 小時的模擬資料。使用「平均絕對誤差百分比(Mean Absolute Percentage Error,MAPE)」驗證模擬後的車流資料是否與現實環境相符，如相符則會進行下一步驟，不相符則會繼續調整參數。

5. 輸出 TRJ 檔：

確認 VISIM 模擬資料與實際路口環境及車流量相符後輸出 SSAM 能使用之.trj 檔，一個路口模擬十次亂數種子則會產生 10 個.trj 檔資料。

6. 匯入 SSAM 軟體：

將路口 PTV VISSIM 模擬後車輛軌跡與車流量之.trj 檔資料匯入 SSAM 軟體中。

7. 設定參數

設定需要之碰撞時間(TTC)與後侵占時間(PET)最大值，最大碰撞時間為 5 秒，後侵占時間為 5 秒設定，並開始模擬衝突數據。

8. 模式驗證

使用「平均絕對誤差百分比(MAPE)」驗證模擬後的衝突資料是否與現實衝突資料相符，如相符則會進行下一步驟，不相符則會繼續調整參數。

9. 輸出 CSV 檔

確認衝突資料與實際資料相符後即可輸出 CSV 檔進行後續研究。

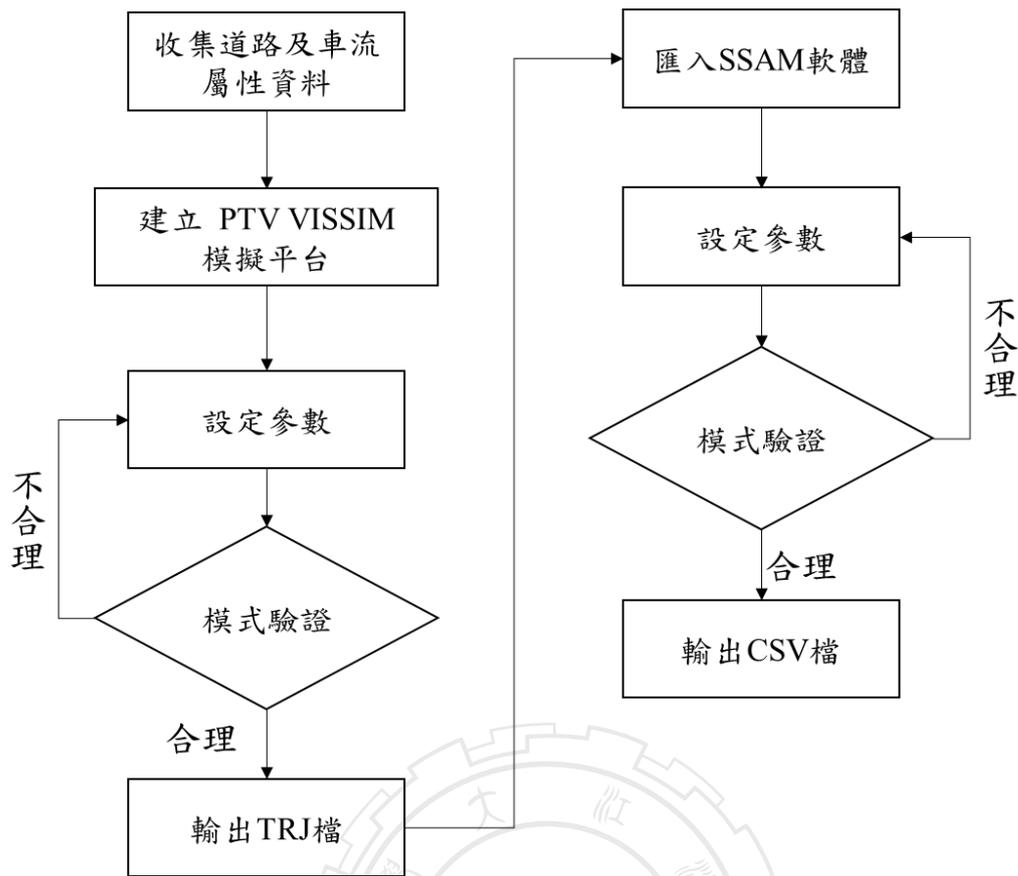


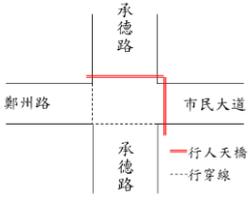
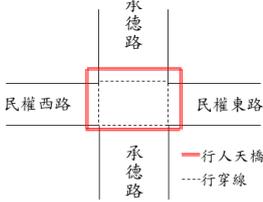
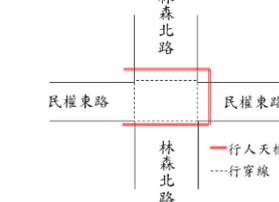
圖 4-1 模擬流程圖

4.2 選定路口

本研究收集臺北市路口，選定設有天橋鄭州承德路口、民權承德路口及民權林森路口三路口，這三路口鄰近學校及捷運站，行人流量較多且屬於台北市重點留意易發生事故之路口，且位於民權東西路、承德路及市民大道皆屬於民眾通勤及通學時使用率較大的路段，且本研究主要觀察有行人天橋或行人地下道之路口，想了解有天橋之路口行人與車輛的互動關係，及有較多衝突之資料可以收集，因此選擇鄭州承德路口、民權承德路口及民權林森路口為調查對象。

收集三個路口車流及人流資料、車種型態、路口環境、號誌周期及行人穿越設施等，再透過 GOOGLE MAP 取得道路屬性資料，並利用 GOOGLE MAP 的街景服務確認錄影收集的資料是否與當下的路口環境變數相同，以利後續模擬平台建構，盡可能還原實際路口人車衝突當下路口環境資料。

表 4-1 選定路口之道路環境資料

	鄭州承德路口		民權承德路口		民權林森路口	
路口簡圖						
路口名稱	鄭州路	承德路	民權東路	承德路	民權東路	林森北路
道路方向	東西向	南北向	東西向	南北向	東西向	南北向
車道寬 (公尺)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
車道數	2	3	4	3	4	2
行穿線長度 (公尺)	20	30	30	27	30	15
號誌周期 (秒)		200		200		200
時相數		5		4		3
有無行人 專用時相	無	無	無	無	無	無
有無天橋	有	有	有	有	有	有

資料來源：本研究整理

4.3 建立 PTV VISSIM 及 SSAM 模擬平台

透過收集後路口道路幾何及環境資料建立 PTV VISSIM 微觀車流模擬平台，僅輸出 PTV VISSIM 模擬後之車流軌跡，匯入 Surrogate Safety Assessment Model(SSAM)軟體，進行衝突資料分析。

4.3.1 PTV VISSIM 軟體介紹及應用

PTV VISSIM 是由德國卡爾斯魯爾理工學院(University of Karlsruhe)開發的微觀多模式交通模擬軟體，是一個觀察微觀駕駛行為的模擬工具，用以城市交通和大眾運輸運行的交通模擬軟體，它可以模擬城市中各種交通條件下交通與大眾運輸運行的狀況，如車道設定、號誌、公車站點、交通構成等，將模擬環境建構成與現實交通環境雷同的空間，能幫助交通工程設計和城市規劃方面能有效評估。

本研究經調查台北市鄭州承德路口、民權承德路口及民權林森路口三路口道路環境與車流特性，以此資料建立路網於 PTV VISSIM 微觀模擬軟體，並以於天橋上使用 Gopro 錄影資料為模擬平台環境進行校估與驗證，進而確認模擬平台是與道路現況符合。當完成模擬路網之校估與驗證後，將會以此模擬路網作為驗證路口人車衝突現況之模擬平台。以下列出建立 PTV VISSIM 模擬平台之流程。

1. PTV VISSIM 相關之參數設定

在建立路網之前將會調查台北市鄭州承德路口、民權承德路口及民權林森路口三路口路段之道路幾何特性與車流特性調查，以便可以完整的模擬此路段之現況。在 PTV VISSIM 模擬軟體中，可以給予使用者設定各項參數，以期符合使用者所需模擬之道路狀態，進而有效的評估各種交通控制策略。

以下為本研究之相關參數說明與設定：

(1) 道路特性說明

- 模擬路段以台北市鄭州承德路口、民權承德路口及民權林森路口三路口車輛及行人為對象
- 道路形態：一般道路
- 車道速限：
 - 主線車道：50 小時/公里
 - 公車專用道：40 小時/公里
 - 車道寬：均設定為 3.5 公尺

(2) 行人與車輛屬性

- 設定車輛種類為小汽車、機車、自行車及公車四種，並不考慮其他車種。
- 設定行人之 3D 建模為男人、女人與小孩三種，且於行穿線上行走。

(3) 模擬時間設定

- 以早上尖峰兩小時資料建立模擬環境，模擬總時間為 2 小時 8 分鐘 20 秒，暖機時間為前 8 分鐘 20 秒，取暖機後 2 小時的資料。

2. PTV VISSIM 模擬路網建構

本研究欲模擬之路網為台北市鄭州承德路口、民權承德路口及民權林森路口三路口。首先，本研究將根據現實路網狀況繪製於模擬軟體內，分為民權承德西路口為南北向雙向十車道及東西向雙向四車道之十字路口，民權承德西路口為南北雙向八車道、東西向六車道及東西雙向兩車道之公車專用道與民權林森東路口南北向雙向三車道、東西向雙向四車道及東西向雙向兩車道之公車專用道。經調查與整理後之道路特性，即可繪製於 PTV VISSIM 模擬軟體內，表 4-2 為調查路口模擬道路屬性說明表，圖 4-1 至圖 4-3 為本研究將要模擬衝突之路口範圍圖，圖 4-4 PTV VISSIM 建立之路網圖。

表 4-2 調查路口模擬道路屬性說明表

路口	路口型態	一般車道數		公車專用道數		路口時相數
		南北向	東西向	南北向	東西向	
鄭州承德路	十字	10	4	-	-	5
民權承德路	十字	8	6	-	2	4
民權林森路	十字	3	4	-	2	3

資料來源：本研究整理



資料來源：GOOGLE MAP

圖 4-2 模擬路口範圍圖-鄭州承德路口(平面)



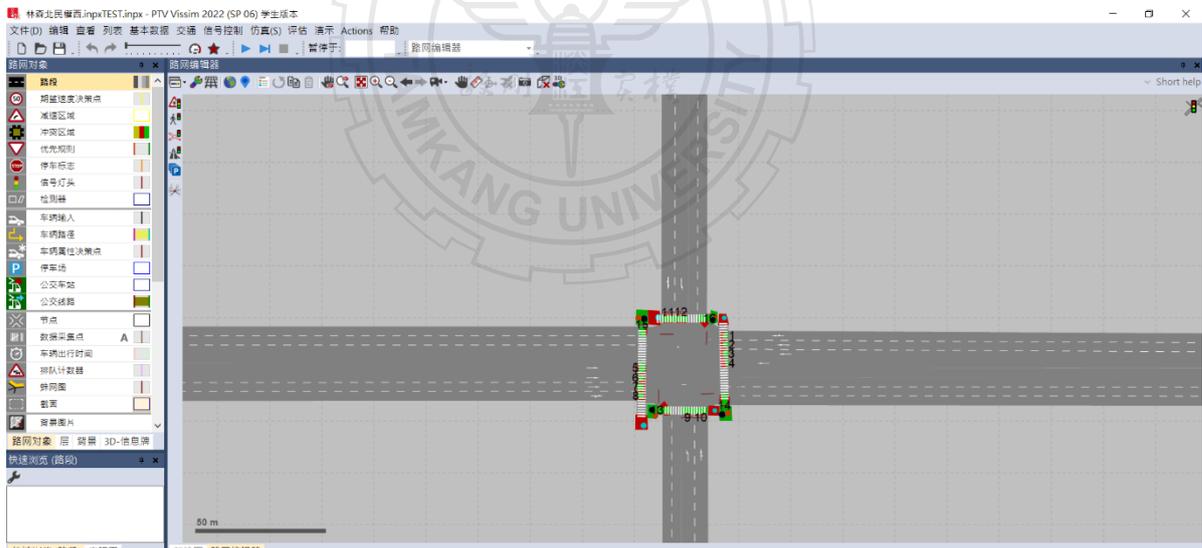
資料來源：GOOGLE MAP

圖 4-3 模擬路口範圍圖-民權承德西路口



資料來源：GOOGLE MAP

圖 4-4 模擬路口範圍圖-民權林森東路口



資料來源：本研究整理

圖 4-5PTV VISSIM 建立之路網圖-民權林森路口為例

4.3.2 SSAM 軟體介紹及應用

Surrogate Safety Assessment Model(SSAM)軟體由美國聯邦公路管理局(FHWA)開發的免費軟體，直接提供使用之執行檔及開放原始碼供大眾用於交通事故風險的評估上。SSAM 是融合多項事故指標，可以針對微觀車流模擬模式，包括 PTV VISSIM、AIMSUN、Paramics 及 TEXAS 等模擬軟體，將微觀車流模擬模式結果進行交通安全評估的工具，由軌跡檔計算車流的衝突情況。SSAM 使用方法是透過系統預先設定好的衝突指標門檻值，讀取車輛的軌跡資料，分析車與車間的互動，當互動資料到達門檻值即列為一項交通衝突事件，並輸出衝突發生的類別、地點、衝突雙方長度、衝突發生位置、雙方的速度、角度等資訊，並以逗點分隔格式(Comma-Separated Values, CSV)輸出資料，以利使用者判斷衝突的型態。

將本研究調查路口的 PTV VISSIM 模擬輸出並確認與現實車輛軌跡及車流資料相符的 SSAM 專用附檔名 TRJ 檔之路網資料，分別匯入 SSAM 衝突模擬軟體中，SSAM 可一次匯入多個檔案如圖 4-6 資料輸入視窗所示，所以把 PTV VISSIM 分別路口的輸出資料一次匯入 SSAM 軟體中進行模擬，其中參數設定為 5 秒，也就是在碰撞時間(TTC)小於 5 秒時就會被算為一筆衝突，本研究使用 SSAM 獲取資料，並輸出單一路口所有交通衝突資料，本研究主要會使用到的資料有碰撞時間(TTC)、後侵占時間(PET)、車輛長度即轉向資料，SSAM 是被設計微觀查車與車的衝突，但可以從車輛長度的變數中找到行人的長度進而提取人車衝突的資料。

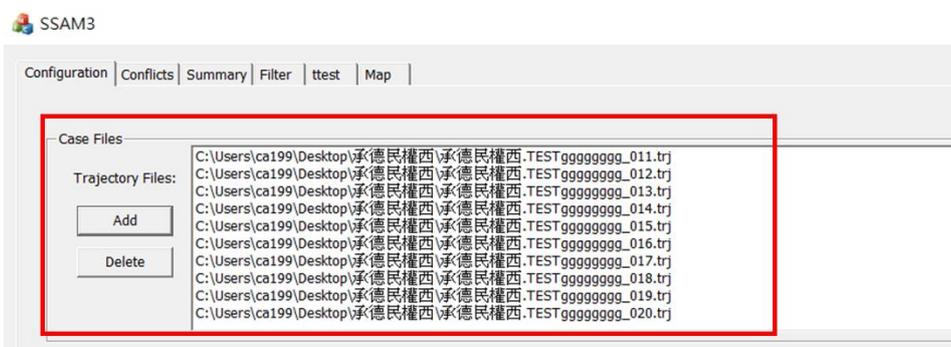


圖 4-6 SSAM 資料輸入視窗

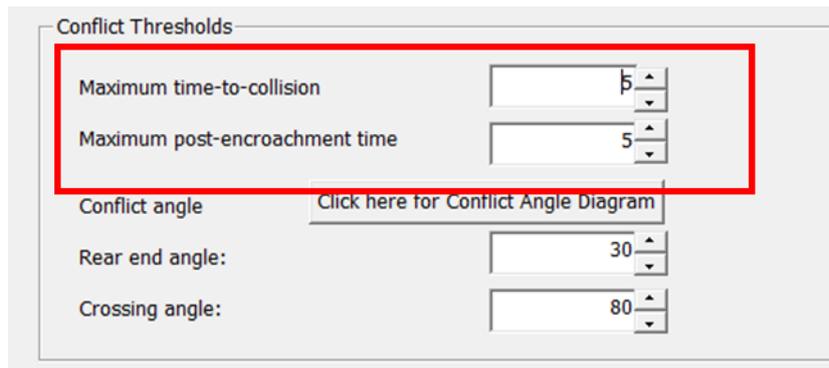


圖 4-7 SSAM 最大值輸入位置

SSAM3

Configuration Conflicts Summary Filter | test | Map

NO FILTER APPLIED

trFile	tMinTTC	xMinPET	yMinPET	zMinPET	TTC	PET	MaxS	DeltaS	DR	MaxD	MaxDeltaV
承德民權...	5.40	-28.66	-38.39	0.00	0.00	0.00	11.31	0.10	-0.16	-0.38	0.05
承德民權...	9.70	414.26	-23.77	0.00	0.50	0.50	11.47	2.33	-6.25	-6.93	2.26
承德民權...	10.70	-69.94	-44.15	0.00	0.00	0.00	7.81	1.86	-7.23	-7.23	1.80
承德民權...	13.10	-58.51	-45.27	0.00	0.00	0.00	6.51	4.57	-0.46	-0.46	4.43
承德民權...	10.50	-69.57	-44.04	0.00	0.00	0.00	6.79	1.20	-0.03	-0.03	0.60
承德民權...	19.40	-42.43	-41.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.70	-7.70	0.00
承德民權...	14.70	-53.09	-45.20	0.00	1.00	0.50	11.46	10.04	-0.66	-3.67	5.02
承德民權...	17.70	-76.07	-40.39	0.00	0.00	0.00	4.28	1.21	-6.60	-6.60	0.60
承德民權...	22.00	-64.78	-38.60	0.00	0.00	0.00	6.19	1.26	-0.74	-0.74	0.63
承德民權...	21.50	-71.13	-43.10	0.00	0.00	0.00	6.62	2.36	0.48	0.48	1.18
承德民權...	23.40	398.56	-18.45	0.00	1.40	2.40	11.74	10.38	-1.15	-7.69	10.05
承德民權...	26.90	397.74	-18.45	0.00	0.00	0.00	3.01	0.81	-1.52	-1.52	0.78
承德民權...	24.20	398.19	-21.95	0.00	0.50	1.00	7.64	7.61	-2.97	-2.97	7.15
承德民權...	26.10	390.21	-22.10	0.00	0.00	0.00	3.91	0.11	0.00	0.00	0.06
承德民權...	30.00	393.55	-20.56	0.00	0.00	0.00	14.05	12.84	-1.20	-3.36	10.31
承德民權...	32.30	-42.43	-41.66	0.00	0.00	0.00	7.26	6.62	-0.11	-1.00	3.31
承德民權...	32.40	406.79	-21.92	0.00	1.10	1.40	7.78	7.28	-1.33	-3.08	6.47
承德民權...	34.10	164.58	12.51	0.00	0.40	0.40	12.67	10.93	-1.73	-7.33	6.23
承德民權...	34.70	164.66	45.72	0.00	0.00	0.00	11.00	4.12	-0.01	-7.25	3.87
承德民權...	35.10	161.40	23.78	0.00	0.00	0.00	11.69	8.00	-0.30	-0.30	7.75
承德民權...	35.80	163.83	-6.52	0.00	0.00	0.00	10.85	10.85	-1.04	-3.24	5.42
承德民權...	36.10	-57.52	-41.83	0.00	0.00	0.00	11.61	11.21	0.20	0.20	10.85
承德民權...	31.10	400.15	-25.82	0.00	1.10	1.10	12.66	10.34	-3.24	-7.04	8.35
承德民權...	34.90	390.17	-21.24	0.00	0.00	0.00	6.42	3.09	0.39	0.39	1.55
承德民權...	35.40	162.13	23.48	0.00	1.50	2.40	8.72	8.72	-5.29	-5.75	8.45
承德民權...	39.00	166.18	21.08	0.00	0.00	0.00	7.82	4.22	1.56	1.56	4.09
承德民權...	39.20	-24.92	-44.01	0.00	0.60	0.50	11.49	5.69	-1.00	-4.35	5.00
承德民權...	39.20	167.15	19.70	0.00	0.00	0.00	4.61	1.15	1.92	1.92	1.11
承德民權...	33.00	390.26	-21.23	0.00	0.00	0.00	11.73	10.33	-2.78	-3.21	5.17
承德民權...	39.20	187.97	-103.52	0.00	1.50	2.80	4.66	1.71	-4.36	-7.48	0.86
承德民權...	42.00	163.83	-6.52	0.00	0.00	0.00	8.94	8.94	-0.55	-3.61	4.47
承德民權...	42.50	164.58	12.50	0.00	0.00	0.00	4.70	4.70	-0.17	-7.11	4.18
承德民權...	39.00	188.10	-113.91	0.00	1.50	3.10	9.75	4.20	-1.57	-2.72	3.43
承德民權...	39.30	167.25	19.57	0.00	1.30	0.80	6.00	3.45	-0.30	-3.30	2.73
承德民權...	44.60	188.14	-116.54	0.00	1.50	2.80	7.19	6.25	-3.56	-3.82	6.05
承德民權...	47.10	188.13	-115.81	0.00	0.00	0.00	9.76	7.60	-2.81	-7.38	7.36

Export to csv file...

圖 4-8 SSAM 資料計算輸出檔

透過匯出 SSAM 分析結果，以 Excel 軟體開啟分析結果，可利於後續編輯、查找及延伸分析處理。以下將資訊欄位資料分為以下兩類。

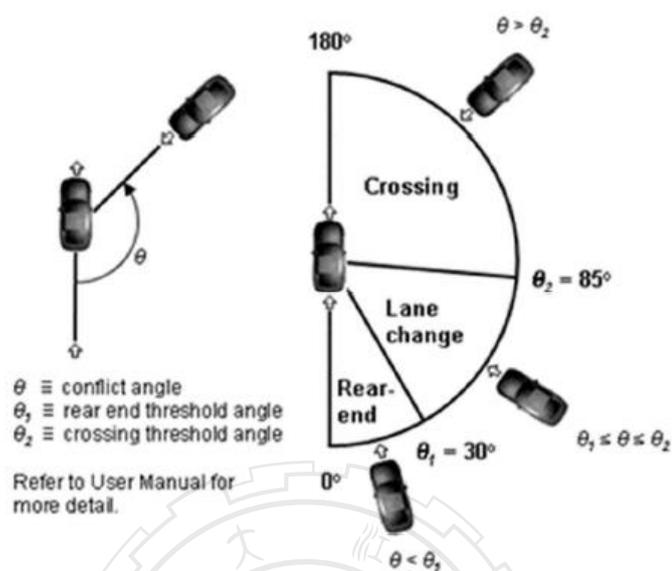
1. 事件資訊

- 衝突類型(ConflictType)

SSAM 依據衝突雙方發生衝突時的角度將交通衝突分為以下三種：

- 穿越型 (crossing)
- 追撞型 (rear-end)
- 車道變換型 (lane-changing)

衝突角度為當兩車接近衝突點時的角度差。如圖 4-9 SSAM 衝突類型示意圖所示，當角度小於 30 度時為追撞型衝突，當角度大於 85 度時為穿越型衝突，介在兩者之間則為車道變換衝突，本研究僅會使用穿越型的資料進行分析。



資料來源：SSAM 軟體

圖 4-9 SSAM 衝突類型示意圖

- 發生時間(秒)：代碼 tMinTTC，表示在觀察到最小 TTC 值時，發生衝突的時間點。
- X 座標：代碼 xMinPET，表示在觀察到最小 PET 時，衝突發生的 X 座標位置。
- Y 座標：代碼 yMinPET，表示在觀察到最小 PET 時，衝突發生的 Y 座標位置。
- TTC(Time-to-collision)(秒)：觀察到的衝突過程中最小 TTC 值。
- PET(Post-encroachment-time)(秒)：觀察到的衝突過程中最小 PET 值。

2. 車輛資訊：

- 第一(第二)進入衝突區車輛長度：代碼 FirstLength(SecondLength)，由後侵占時間定義可知，「雙方用路者軌跡交會的區間，一車或行人離開該衝突區至另一輛車或行人進入該區間的時間差」中第一(第二)個進入衝突區之車輛長度，單位為公尺，以 PTV VISSIM 內設定之長度為表示。
- 第一(第二)進入衝突區車輛寬度：代碼 FirstWidth(SecondWidth)，單位為公尺，由後侵占時間定義可知，「雙方用路者軌跡交會的區間，一車或行人離開該衝突區至另一輛車或行人進入該區間的時間差」中第一(第二)個進入衝突區之車輛寬度，以 PTV VISSIM 內設定之寬度為表示。
- 第一(第二)進入衝突區車輛轉向：代碼 FirstHeading (SecondHeading)，以車頭方向來表示第一(第二)進入衝突區車輛轉向，以角度值以 X 軸逆時針表示，以 0°代表右轉，以 90°代表往上，以 180°代表左轉，以 270°代表往下。

4.4 模式驗證

本研究會透過 PTV VISSIM 及 SSAM 兩軟體進行實際路口環境與路口人車衝突的模擬環境建構，第一部分利用實際路口環境資料於 PTV VISSIM 建構實際路口環境及車輛與行人流量進行車輛與行人的軌跡收集，利用隨機亂數種子進行模擬求得軌跡資料後會使用「平均絕對誤差百分比(MAPE)」作為模擬後評估指標，作為模式模擬後與現實路口對照的合理度檢測，第二部分則將車輛及行人軌跡收集後資料匯入 SSAM 軟體求得該路口的人車衝突資料，也會使用 MAPE 公式進行合理度檢測，MAPE 公式如下：

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \frac{P_f - P_m}{P_f} \right|}{N} \times 100\% \quad (4.1)$$

符號說明及評估標準：

P_f ：實際值

P_m ：模擬後結果值

N：實際樣本數

MAPE<10：模擬結果接近真實情況

10<MAPE<20：模擬結果優良

20<MAPE<50：模擬結果合理

MAPE>50：模擬結果不合理

由表 4-3 實際與模擬數據平均絕對誤差百分比可知，本研究分為兩項模擬軟體進行建構，首先使用 PTV VISSIM 軟體模擬路口車流量及車流軌跡，輸出後資料與實際資料誤差小於 10%，表示 PTV VISSIM 模擬之車流量與車輛軌跡結果與現實情況相近，可表示該結果與實際情況相符，接續為 SSAM 軟體模擬路口衝突資料，輸出後資料與實際資料誤差小於 10%，表示該模擬資料與現實路口環境相符。

透過 MAPE 值驗證後雙模擬軟體模擬後數據皆屬於接近實際路口環境情況，表示於建立 PTV VISSIM 及 SSAM 模擬環境可表示為實際路口環境，藉此，可利用本研究建立之模擬環境輸出資料進行後續實證分析。

表 4-3 實際與模擬數據平均絕對誤差百分比(MAPE)

路口	PTV VISSIM 模擬環境		SSAM 模擬衝突			
	實際車流數 (輛)	模擬車流數 (輛)	MAPE	實際平均 後侵占時間 (秒)	模擬平均 後侵占時間 (秒)	MAPE
鄭州 承德路	6,064	6,508	7%	3.21	3.40	6%
民權 承德路	8,075	8,477	5%	2.82	2.73	3%
民權 林森路	9,958	9,178	8%	2.13	2.28	7%

第五章 實證分析

利用敘述性統計資料了解實際資料分布情況以利後續分析。將模擬資料與實際資料進行結合後分為兩項目進行探討，第一項為判斷會影響後侵占時間(PET)之因素為何，第二項則使用實際資料找出導致行人是否發生衝突風險之因素，對多元建行迴歸與二元羅吉斯迴歸模式結果提出改善方案。

5.1 變數說明

本研究以後侵占時間(PET)及有無衝突發生為應變數(Y)，有無發生衝突劃分方法如溫基信等人(2020)文獻所提出，後侵占時間大於 5 秒為無嚴重衝突風險即潛在衝突，後侵占時間小於 5 秒(含)則為有衝突風險產生，其他變數則為自變數，為判斷是否影響後侵占時間或造成有無衝突風險發生之解釋變數(X)。解釋變數整理如表 5-1 所示。

表 5-1 衝突變數資料說明

變數屬性	變數代號	名稱	變數定義及單位	
衝突變數	TTC	碰撞時間(TTC)	秒	
	PET	後侵占時間(PET)	秒	
	TTCgp	衝突程度	1：嚴重衝突	4：輕度衝突
			2：高度衝突	5：無衝突
			3：中度衝突	
	FirstLength	第一進入衝突區者	0：車輛	1：行人
	SecondLength	第二進入衝突區者	0：車輛	1：行人
道路屬性	Width	車道寬	公尺	
	link	車道數	道	
	pedestrianlong	行穿線長度	公尺	
	protectleft	有無保護左轉	0：無	1：有
	pedestrianlight	有無行人專用時相	0：無	1：有
行人屬性	age	年齡	1：未成年	2：成年
	gender	性別	1：男性	2：女性
	people	是否獨自穿越路口	0：否	1：是
車輛屬性	car	車種	1：小客車	3：公車
			2：機車	

資料來源：本研究整理

取得 SSAM 模擬後資料，利用車輛長度變數將人車衝突資料分離，行人與

車輛長度如表 5-2 表示，車輛長度遵照 PTV VISSIM 設定之長度，行人設定為 0.2 公尺，車輛因為 PTV VISSIM 軟體中小汽車 3D 建模之款式或廠牌不同以至於小汽車的長度有些許不同，公車長度則為 12.4 公尺。

表 5-2 模擬後車輛長度

行人及車種	長度(公尺)
行人	0.20
機車	1.80
小汽車	4.01
	4.21
	4.61
	4.64
	4.76
公車	12.4

資料來源：本研究整理

將模擬輸出之 CSV 檔整理後加入實際調查之道路屬性資料，如車道寬、有無保護左轉號誌、有無行人專用號誌、行穿線長度、車道數等變數進行後續迴歸分析。

5.2 敘述性統計

利用攝影收集之路口實際發生衝突資料進行敘述性統計，了解收集後資料的分布情形，藉此找出資料中離群值並考慮是否將其剔除。

1. 行人屬性變數

表 5-3 可知調查之路口成年人數較未成年多，本研究調查的路口接近學校與捷運站，又於早上尖峰時間調查，需要通勤人數多導致成年人數較多，也造成成年人發生衝突的事件數較多，且調查路口皆鄰近學校，因此行人年齡屬性資料以服裝判斷該樣本屬成年人或未成年人。在性別方面男性與女性發生衝突的事件數差不多，在穿越路口過程中以獨自穿越路口為最多。

表 5-3 行人屬性變數

變數名稱	類別	數量	百分比(%)
年齡	未成年	273	39.11
	成年	425	60.89
	總計	698	100.00
性別	男性	338	48.42
	女性	360	51.58
	總計	698	100.00
是否獨自 穿越路口	獨自穿越	539	77.22
	2人(含)以上	159	22.78
	總計	698	100.00

資料來源：本研究整理

2. 車輛屬性變數

由表 5-4 車輛屬性變數可知，與行人發生衝突的車輛主要以小汽車為主，其次為機車，由於調查之路口皆有保護左轉的號誌時相，以至於發生人車衝突時轉向主要集中在行人與右轉車輛。

表 5-4 車輛屬性變數

變數名稱	類別	數量	百分比 (%)
車種	小汽車	352	50.43
	機車	328	46.99
	公車	18	2.58
	總計	698	100.00
衝突時轉向	右轉	696	99.71
	左轉	2	0.29
	總計	698	100.00

資料來源：本研究整理

3. 路口衝突屬性變數

有無衝突的分類方法是參考溫基信等人(2020)文獻中提到，有無衝突風險是以後侵占時間(PET)區分，後侵占時間(PET)小於 5 秒為有衝突風險，反之大於 5 秒則為無衝突風險，由表 5-5 可知收集後資料中有衝突風險之人車衝突較多，衝突程度部分，劃分方式也是參考溫基信等人(2020)文中提到為後侵占時間(PET)介於 1 至 2 秒屬於嚴重衝突，介於 2 至 3 秒則為高度衝突，介於 3 至 4 秒為中度衝

突，4至5秒屬於輕度衝突，後侵占時間(PET)大於5秒則為潛在衝突，由表5-3可知，潛在衝突為最多，其次為輕度衝突。

表 5-5 路口衝突屬性變數

變數名稱	類別	數量	百分比(%)
有無衝突	無衝突	319	45.70
	有衝突	379	54.30
	總計	698	100.00
衝突程度	嚴重衝突	85	12.18
	高度衝突	75	10.74
	中度衝突	64	9.17
	輕度衝突	155	22.21
	無衝突	319	45.70
	總計	698	100.00

資料來源：本研究整理

4. 路口人車衝突與車種變數

表 5-6 有無衝突、衝突程度及車種變數可知，有衝突時以小汽車發生嚴重衝突的件數為最多其次為機車，其餘衝突程度中小汽車與機車較無差別，在整體方面衝突程度多為輕度衝突，在無衝突方面，因分類關係以後侵占時間(PET)為5秒以上屬於無衝突資料對應於衝突程度為潛在衝突，由表 5-4 可知在無衝突中發生潛在衝突以機車為最多，其次為小汽車。

表 5-6 衝突與車種變數交叉分析表

車種	有無衝突	有衝突						無衝突					
	衝突程度	嚴重衝突	高度衝突	中度衝突	輕度衝突	無衝突	總計	嚴重衝突	高度衝突	中度衝突	輕度衝突	無衝突	總計
小汽車	次數	51	36	37	79	-	203	--	-	-	-	149	149
	百分比(%)	13.46	9.50	9.76	20.84	-	53.56	-	-	-	-	46.71	46.71
機車	次數	32	37	26	75	-	170	-	-	-	-	158	158
	百分比	8.44	9.76	6.86	19.79	-	44.85	-	-	-	-	49.53	49.53
公車	次數	2	2	1	1	-	6	-	-	-	-	12	12
	百分比(%)	0.53	0.53	0.26	0.26	-	1.58	-	-	-	-	3.76	3.76
總計	次數	85	75	64	155	-	379	-	-	-	-	319	319
	百分比(%)	22.43	19.79	16.89	40.90	-	100.00	-	-	-	-	100.00	100.00

資料來源：本研究整理

5.3 迴歸模式建構

5.3.1 多元線性迴歸

將 SSAM 軟體計算後的資料進行分析，以後侵占時間(PET)為應變數，碰撞時間(TTC)、第一進入衝突區種類、第二進入衝突區種類、車道數、是否有保護左轉號誌、行穿線長度及危險衝突為自變數(X)，建立多元線性迴歸模式，將有相關之變數納入建立迴歸模式之考慮因素，以利建立迴歸模式求得影響因素。

1. 多元線性迴歸模式建構

以手動逐步向前選的選取的方式建立多元線性迴歸模式，探討後侵占時間可能會影響的變數。透過單一線性迴歸了解各變數對後侵占時間(PET)的顯著性、合理性及重要性排序，結果如下表 5-7 所示。

所有變數皆顯著，但由於車道數及行穿線長度解釋不合理因此不考慮其重要性，將重要性依序排為衝突程度、碰撞時間、第一進入衝突區類型及第二進入衝突區類型，根據重要性依序選入模式中直到再無顯著之變數則停止，便提出最終多元線性迴歸模式。

由表 5-7 可知，雖車道數與行穿線長度皆為顯著因素，但解釋後不合理，可能因為收集後資料因有保護左轉時相，所以鮮少有左轉與穿越路口行人衝突，多為行人與右轉車輛衝突，於右轉時干擾行人車道數較少，導致車道數與行穿線長度皆為顯著但不合理之變數。

表 5-7 單一線性迴歸顯著性、合理性、重要性排序

變數名稱	估計值	Pr>ChiSq	顯著性	合理性	重要性
碰撞時間	0.95681	<.0001***	顯著	合理	2
第一進入衝突區種類 行人 以車輛為基底	-1.02368	<.0001***	顯著	合理	3
第二進入衝突區種類 行人 以車輛為基底	1.02368	<.0001***	顯著	合理	4
車道數	0.31933	<.0001***	顯著	不合理	-
行穿線長度	0.03108	0.0249**	顯著	不合理	-

變數名稱	估計值	Pr>ChiSq	顯著性	合理性	重要性
衝突程度			顯著	合理	1
危險衝突	-3.35845	<.0001***			
高度衝突	-2.74507	<.0001***			
中度衝突	-1.67110	<.0001***			
以輕度衝突為基底					

***P<0.01；**P<0.05；*P<0.1

2. 最終模式

表 5-8 多元線性迴歸最終向前選模式之結果

變數名稱	估計值	Pr> χ^2
截距	4.19304	<.0001***
衝突程度事件數		
危險衝突	-3.26616	<.0001***
高度衝突	-2.63830	<.0001***
中度衝突	-1.54615	<.0001***
以輕度衝突為基底		
第一進入衝突區群體	-0.33970	<.0001***
行人		
以車輛為基底		

R²=0.7873***P<0.01；**P<0.05；*P<0.1

表 5-8 為多元線性迴歸最終向前選模式結果，模式選入的變數有「衝突程度」及「第一進入衝突區種類」，結果顯示被選進之「衝突程度」、「第一進路衝突區群體」都顯著且解釋合理。模式結果如下：

- 衝突程度：後侵占時間秒數越小表示衝突越大，衝突程度越高越危險，由結果可知危險程度與輕度衝突程度後侵占時間減少 3.3 秒，高度衝突與輕度衝突相比後侵占時間減少 2.6 秒，中度衝突與輕度衝突相比後侵占時間減少 1.5 秒，因此在路口中人車衝突危險程度件數越多表示該路口越危險。
- 第一進入衝突區種類：車輛與行人先進入衝突區相比，行人先進入衝突區的話後侵占時間(PET)會減少 0.33 秒。

本研究多元線性迴歸方程式如下：

$$PET=4.19+ -3.27ttcgp1-2.63ttcgp2-1.57ttcgp3-0.34 \text{ FirstLength1}$$

PET：後侵占時間(Post-Encroachment Time,PET)(秒)

ttcgp1：衝突程度為危險衝突之事件數(以輕度衝突為基底)(件)

ttcgp2：衝突程度為高度衝突之事件數(以輕度衝突為基底)(件)

ttcgp3：衝突程度為中度衝突之事件數(以輕度衝突為基底)(件)

FirstLength1：第一進入衝突區群體為行人數(以第一進入衝突區群體為車輛數為基底)(數量)

5.2.2 二元羅吉斯迴歸

1. 二元羅吉斯迴歸模式建立

以手動逐步向前選的選取的方式建立二元羅吉斯迴歸模式，探討有無衝突風險會影響那些有關行人屬性的變數。透過各變數逐一與有無衝突風險進行迴歸模式，了解各變數對有無衝突風險的顯著性、合理性及重要性排序，結果如表 5-9 個變數與有無衝突風險之顯著性、合理性、重要性排序發現僅有車種為顯著，但由於年齡、性別、是否獨自穿越路口、衝突時轉向解釋起來皆合理因此會考慮其重要性，將重要性依序排為車種、是否獨自穿越路口、衝突時轉向、年齡及性別，根據重要性依序選入模式中直到再無顯著之變數則停止，便提出最終二元羅吉斯迴歸模式。

表 5-9 各變數與有無衝突風險(Y)之顯著性、合理性、重要性排序

變數名稱	估計值	Pr> χ^2	顯著性	合理性	重要性
<u>年齡</u> 成年 以未成年為基底	-0.0028	0.9710	不顯著	合理	4
<u>性別</u> 男性 以女性為基底	0.0177	0.8164	不顯著	合理	5
<u>是否獨自穿越路口</u> 是 以否為基底	0.0382	0.6802	不顯著	合理	2
<u>車種</u> 機車 公車 以小汽車為基底	-0.4128 0.5895	0.0258** 0.0805**	顯著	合理	1
<u>衝突時轉向</u> 右轉 以左轉為基底	6.5236	0.9801	不顯著	合理	3
<u>是否禮讓行人</u> 是 以否為基底	0.4097	0.2290	不顯著	不合理	-

變數名稱	估計值	Pr> χ^2	顯著性	合理性	重要性
衝突程度事件數			不顯著	不合理	-
危險衝突	-3.6859	0.6993			
高度衝突	-3.6859	0.7131			
中度衝突	-3.6859	0.7303			
以輕度衝突為基底					

***P<0.01；**P<0.05；*P<0.1

2. 最終模式

表 5-10 二元羅吉斯迴歸最終模式

變數名稱	估計值	勝算比	標準差	Wald 卡方	Pr> χ^2
截距	0.1035		0.1744	0.3523	0.5528
車種					
機車	-0.4128	1.266	0.1857	0.9055	0.0258**
公車	0.5895	2.725	0.3373	3.0552	0.0805**
以小汽車為基底					

AIC=964.47 SC=969.018***P<0.01；**P<0.05；*P<0.1

由表 5-10 二元羅吉斯迴歸最終模式可知，車種為在行人有無衝突風險下的影響之因素，車種會影響行人是否有衝突風險的影響因素，由最終模式發現，由於機車的機動性高且有鑽車縫或人縫的習慣，所以產生衝突風險的機率較小汽車高 1.266 倍，公車車輛較大較長因此視線死角較多，所以公車的發生衝突風險的機率比小汽車大 2.725 倍。

本研究二元羅吉斯迴歸方程式如下：

$$\text{conflict} = 0.103 - 0.413\text{cargp1} + 2.63\text{cargp3}$$

conflict：行人於路口之衝突風險(有無人車衝突風險)(件)

cargp1：機車車流量(以小汽車為基底)(件)

cargp3：公車車流量(以小汽車為基底)(件)

5.4 結果

由文獻可知，張堂賢(1989)將各項行人穿越設施標準進行整理並求得以下結

果，評估行人陸橋或地下道興建項目為(1)肇事次數(2)干擾行人車流量(3)行人平均延滯(4)行人量(5)干擾行人車道數(6)設施可能使用率(7)市郊(8)市中心邊緣區(9)一般住宅、工商區(10)市中心區(11)中小學區。關於興建行人天橋與行人地下道的評估項目可做為拆除天橋或行人地下道的評估項目，如評估有這些立體設施的路口為最需要興建天橋或行人地下道的話，表示該路口的天橋或地下道越不能被拆除，更代表該路口的行人立體設施對行人穿越路口的安全性有保障。

表 5-11 評估行人天橋與地下道興建屬性變數

屬性變數名稱	屬性變數名稱
(1)肇事次數	(7)市郊
(2)干擾行人車流量	(8)市中心邊緣區
(3)行人平均延滯	(9)一般住宅、工商區
(4)行人量	(10)市中心區
(5)干擾行人車道數	(11)中小學區
(6)設施可能使用率	

資料來源：張堂賢(1989)

多元線性迴歸模式結果知道衝突程度及第一進入衝突區種類兩變數會影響人車衝突的增加，其中肇事次數屬於稀少事件且為無法重現，因此，不能等到已出過多次行人與車輛的車禍才來對該路口的行人設施進行改善，應該要先未雨綢繆了解該路口行人於行穿線上暴露多大的衝突風險，並進行改善才能幫助於路口屬於弱勢族群之行人，認為可直接將肇事次數更改為人車衝突程度，較能了解該路口行人與車輛的衝突程度並判斷該路口行人天橋及行人地下道之適宜性，增加路口安全性。第一進入衝突區種類也需被納入天橋拆除項目內，由於行人穿越路口速度較車輛慢，導致人車衝突時車輛見行人已通過衝突區就通過行穿線，以至於後侵占時間較短，但這樣容易讓駕駛人未看見行人正在穿越路口，並且為能及時反應行人於路口穿越的不確定性造成衝突發生。

二元羅吉斯迴歸模式可知，路口人車衝突風險與車種關係密切，機車容易鑽車縫、人縫，可能行人還未完整通過衝突區機車即通過行穿線導致行人發生衝突風險增加，在公車方面，公車體積較大且事件死角較大，客運公司有規定駕駛於行穿線處需停車並做指叉確認無行人正在穿越路口，但有些公車駕駛貪圖方便並未確實執行就直接通行，導致行人於路口穿越時的衝突風險增加，因此車輛駕駛

人於路口的駕駛行為影響了行人穿越路口的安全，在車種方面可用原先干擾行人車流量進行評估，了解路口對行人的產生干擾的各車種車流，如公車或機車流量較小汽車大時，可能需要考慮該路口行人天橋或地下道進行保留，來保證路口行人穿越路口安全。

表 5-12 評估行人天橋與地下道拆除項目比較表

屬性變數名稱	張堂賢制定	本研究修訂
	(1)肇事次數	(1)人車衝突程度事件數
	(2)干擾行人車流量	(2)干擾行人車流量
	(3)行人平均延滯	(3)行人平均延滯
	(4)行人量	(4)行人量
	(5)干擾行人車道數	(5)干擾行人車道數
	(6)設施可能使用率	(6)設施可能使用率
	(7)市郊	(7)市郊
	(8)市中心邊緣區	(8)市中心邊緣區
	(9)一般住宅、工商區	(9)一般住宅、工商區
	(10)市中心區	(10)市中心區
	(11)中小學區	(11)中小學區

資料來源：張堂賢(1989)、本研究整理

第六章 結論與建議

利用 PTV VISSIM 模擬路口現況環境，在使用美國聯邦公路管理局(FHWA)開發 Surrogate Safety Assessment Model(SSAM)軟體計算出該路口的衝突指標，在使用後侵占時間(PET)及有無碰撞風險分析樣本，探討可能會影響之因素。據本研究前述實證分析結果與發現，整理本章節結論與建議。

6.1 研究結論

1. 在多元線性迴歸模式結果得知，人車衝突程度與第一進入衝突區群體為行人或車輛會影響後侵占時間，人車衝突程度方面發現人車衝突程度越嚴重，後侵占時間減少的秒數越多，可知在路口人車衝突為「危險衝突」的件數越多表示該路口越危險，在第一進入衝突區群體為行人或車輛方面可知，第一進入衝突區為行人的話越容易讓後侵占時間減少，造成路口發生事故的風險上升。
2. 在二元羅吉斯迴歸模式結果得知，造成行人在通過路口是否發生人車衝突風險的影響因素為車種，其中機車與公車發生人車衝突的風險較小汽車高，衝突定義為「兩個或兩個以上的道路使用這接近對方，如都不採取減速或軌跡偏移的動作時，則會發生事故」，可知於路口行人與車輛的互動是發生衝突的重要因素。
3. 1989 年張堂賢提出興建行人天橋與地下道之評估項目，但提出之時間過於久遠，因此本研究認為需將項目進行更新才能保護路口行人安全，透過多元線性迴歸模式及二元羅吉斯迴歸模式中影響的變數「人車衝突程度」、「第一進入衝突區為行人或車輛數」及「車種」三變數進行考慮，將肇事次數更改為人車衝突程度，肇事次數為稀少事件且無法重現，人車衝突程度可透過 PTV VISSIM 建立實際路口環境輸出車輛軌跡與車流量，匯入 SSAM 軟體即可了解實

際路口人車衝突情況較肇事次數容易收集，人車衝突可用後侵占時間公式計算即得出該路口各衝突等級件數，能更有效了解該路口行人通過路口可能會發生事故的風險，由二元羅吉斯迴歸模式中可知機車與公車比小汽車更容易讓行人暴露在衝突風險下，可知收集人車衝突資料中車種為重要因素，車種資料可由原先評估指標中「干擾行人車流量」進行評估，以更嚴謹的評估項目判斷路口天橋適宜性。

6.2 研究建議

1. 未來可將本研究提出之評估行人天橋或地下道適宜性項目將權重算出，並增加評估拆除等級，以利後續應用，讓路口的行人環境更為安全。
2. 建議後續可使用各縣市政府提供之即時影像(CCTV)收集路口環境資料，多數即時影像攝影機架設位置較高，較能準確收集人車衝突數據，並利用影像辨識的方式收集路口車輛軌跡及車流量數據，將收集路口人車衝突程度自動化，直接輸出衝突資料，進而評估天橋適宜性項目。
3. 由於本研究調查之路口有保護左轉時相或禁止左轉的設置，導致發生衝突事件數多數為右轉與行人之衝突，由研究結果可知模擬實際路口環境資料可還原路口之人車衝突資料，建議後相研究可加入無保護左轉時相及行人專用時相，以利了解不同之人車衝突行為，進行改善。
4. 考慮到國內於 2025 年進入超高齡社會，但行人天橋與行人地下道等立體設施雖然能夠安全的讓行人穿越路口，但對於長輩來說使用行人立體設施較為吃力，本研究建議評估後不可拆除之行人立體設施可增設電梯或手扶梯等設施，使得男女老少皆可使用。

5. 實際收集資料後發現，於路口與行人發生衝突的車輛多為右轉車輛，但小汽車和公車等車輛於轉向時容易被 A 柱擋住視線，導致不易發現行人正在路口穿越，因此建議可將路口行穿線位置進行改善，減少 A 柱擋住駕駛人視線之研究。



參考文獻

政府出品：

1. 交通部道路交通安全督導委員會（2021），交通部道安資訊查詢網。檢自 <http://www.roadsafety.tw/Dashboard/Custom?type=%E7%B5%B1%E8%A8%88%E5%BF%AB%E8%A6%BD>
2. 吳嘉文、孟曉蘭、鄧大光、陳美靜、張璫云、江明穎、黃文宏、蔡明宜、楊敏嘉、姚立瑾（2018）。都市人本交通道路規劃設計手冊（第二版）。臺北市：內政部營建署。檢自 <https://myway.cpami.gov.tw/wiki/wikimain>
3. 溫基信、王宏生、黃家耀、胡守任、蘇志文、張開國、葉祖宏、賴靜慧、孔垂昌（2021）。路口俯視攝影技術於交通衝突分析之案例應用與比較。臺北市：交通運輸研究所。檢自 <https://www.iot.gov.tw/cp-15-201751-5ff75-1.html>
4. 臺北市政府工務局新建工程處（2021）。「臺北市政府人行天橋與地下道適宜性評估」標準作業流程圖。臺北市：工務局。檢自 <https://reurl.cc/555VMR>
5. Lili Pu and Rahul Joshi (2008), Surrogate Safety Assessment Model (SSAM)—SOFTWARE USER MANUAL. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION: Federal Highway Administration.

國內部分：

1. 張堂賢，78 年臺北市各界建議興建人行立體交叉穿越設施地點通盤調查報告，臺北市：交通管制工程處
2. 周樑鐘，行人穿越設施設置條件之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 79 年 6 月
3. 林靜如，臺北市行人立體設施使用率調查與預測模式之建立，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 82 年 6 月。

國外部分：

1. Charles V. Zegeer, J. Richard Stewart, Herman Huang and Peter Lagerwey (2001), Safety Effects of Marked Versus Unmarked Crosswalks at Uncontrolled Locations Analysis of Pedestrian Crashes in 30 Cities, Transportation Research Record, Vol.1773.

2. Ioannis Kaparias, Michael G. H. Bell, John Greensted, Saffier Cheng, Ashkan Miri, Christopher Taylor and Bill Mount (2010), Development and Implementation of a Vehicle–Pedestrian Conflict Analysis Method Adaptation of a Vehicle–Vehicle Technique, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No.2198, pp.75-82.
3. Ioannis Kaparias, Michael G. H. Bell, Weili Dong, Aditya Sastrawinata, Amritpal Singh, Xuxi Wang and Bill Mount (2013), Analysis of Pedestrian–Vehicle Traffic Conflicts in Street Designs with Elements of Shared Space, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2393, pp. 21–30.
4. Rolla Almodfe, Shengwu Xiong, Zhixiang Fang, Xiangzhen Kong and Senwen Zheng (2016), Quantitative analysis of lane-based pedestrian-vehicle conflict at a non-signalized marked crosswalk, *Transportation Research Part F*, No.42, pp.468-478.
5. Jiawei Wu, Essam Radwan and Hatem Abou-Senna (2017), Determine if PTV VISSIM and SSAM could estimate pedestrian-vehicle conflicts at signalized intersections, *Journal of Transportation Safety and Security*, Volume 10, pp.572-585.
6. Wael K.M. Alhaj yaseen Dr. Eng. and Miho Iryo-Asano Dr. Eng. (2017), Studying critical pedestrian behavioral changes for the safety assessment at signalized crosswalks, *Safety Science*, No.91, pp.351-360.
7. S. Marisamynathan and P. Vedagiri (2018), Modeling Pedestrian Crossing Behavior and Safety at Signalized Intersections, *Transportation Research Record*, Vol.2672, pp.76-86.
8. Abhinav Kumar and Indrajit Ghosh (2020), Analysis of Spontaneous Order of Pedestrian–Vehicle Conflicts at Signalized Intersections, *Transportation Research Record*, Vol.2674, pp. 440-454.
9. Avinash Chaudhari, Ninad Gore, Shriniwas Arkatkar, Gaurang Joshi and Srinivas Pulugurtha (2020), Exploring pedestrian surrogate safety measures by road

geometry at midblock crosswalks: A perspective under mixed traffic conditions, *IATSS Research*, No.45, pp.87-101.

10. Devika Santhosh, B.K. Bindhu and Bino I. Koshy (2020), Evaluation of pedestrian safety in unsignalized T and X – Intersections through comparison of the frequency and severity of pedestrian conflicts, *Case Studies on Transport Policy*, Vol.8, pp.1352-1359.
11. Shalini Rankavat and Geetam Tiwari (2020), Influence of actual and perceived risks in selecting crossing facilities by pedestrians, *Travel Behaviour and Society*, No.21, pp.1-9.
12. Abbas Sheykhfard, Farshidreza Haghighi, Eleonora Papadimitriou and Pieter Van Gelder (2021), Analysis of the occurrence and severity of vehicle-pedestrian conflicts in marked and unmarked crosswalks through naturalistic driving study, *Transportation Research Part F*, No.76, pp. 178-192.
13. Xinyu Liang, Xianghai Meng and Lai Zheng (2021), Investigating conflict behaviours and characteristics in shared space for pedestrians, conventional bicycles and e-bikes, *Accident Analysis and Prevention*, No.158.
14. Anush Konayakanahalli Chandrappa, Kinjal Bhattacharyya and Bhargab Maitra(2021), Measures for improving pedestrian crossing facilities based on perceptions of urban commuters: An experience in Kolkata ,*Case Studies on Transport Policy*, No.9, PP. 965-973.
15. 静岡県交通基盤部道路局道路保全課(2014)。横断歩道橋の撤去に関する手引き。