

國立臺灣大學工學院土木工程學系

碩士論文

Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

自行車道規劃與設計型式決策支援系統之研究

The Study on A Decision Support System For

Bikeway Planning and Type Design



Huang, Yen-Sheng

指導教授：許添本 博士

Advisor: Hsu, Tien-Pen Ph.D.

中華民國 100 年 7 月

July, 2011

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

自行車道規劃與設計型式決策支援系統之研究

The Study on A Decision Support System For
Bikeway Planning and Type Design

本論文係黃硯聖君 (R98521509) 在國立臺灣大學土木工程學系
碩士班完成之碩士學位論文，於民國 100 年 07 月 20 日承下列考試委
員審查通過及口試及格，特此證明

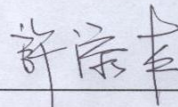
口試委員：

許添本

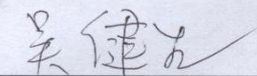
(指導教授)

黃台生

吳健生

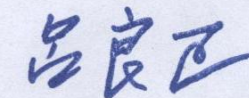


黃台生



系主任

呂良正



(簽名)

誌謝

兩年的時間過得特別，從當初對交通這個領域仍懵懵懂懂到現在完成了這份論文，回想起來真的是十分不可思議。這篇論文能夠完成，首先要感謝的，就是我的指導教授 許添本老師，感謝老師在知識的傳授、思考能力的啟蒙以及學術研究上都帶給我十分多的幫助。也感謝口試委員黃台生老師與吳健生老師對論文提供了寶貴的建議，使這篇論文能夠更加完整。

感謝許家的博班學長姐們，感謝育瑞學長在我遭遇瓶頸時所提供的幫助，感謝將鈺學長對論文的細心修改，感謝華琪學姊對這篇論文的啟蒙以及做計畫案時給予的指導，感謝國祐學長與宗軒學長在生活上的照料以及幫忙論文的編排。另外，也感謝去年一起共事的泓宇學長，幫助我能夠及早適應這個環境

感謝許家一同奮鬥的夥伴們：妙麗、小白、牙牙以及涓筑，大家一起度過了這艱困的兩年，尤其要特別感謝妙麗在這篇論文上提供無數的幫助。感謝冠德以及阿濱，讓這兩年的生活更加充實。也感謝所有許家的學弟妹對我的幫助以及鼓勵，陪我度過最後的一年，尤其是一同做計畫案以及幫我口試紀錄的郁璇。另外要感謝小賴家的小胖學弟對於這篇論文也提供了許多意見。

感謝羔羊這幾年的陪伴，忍受我的情緒起伏，陪我度過了這段低潮，同時也督促我集中心志於研究上，讓我能順利地完成這篇論文。

最後，也是最感謝的就是我的家人，我的父母以及哥哥，謝謝你們忍受這一年來我的性格大變，雖然你們都未曾對我的學業表現多說什麼，但你們在一旁的默默支持，給予了我最大的力量讓我順利的走完這個過程。在此也將這篇論文，獻給我摯愛的你們。

黃硯聖

2011.7.28

摘要

近來由於全球暖化問題，世界各國均致力於提倡使用自行車，如期望有效提升自行車使用率，便不可僅將自行車定義為休閒娛樂的用途，應發展自行車成為民眾日常生活的代步工具，建立都市自行車道路網。然而在市區內佈設自行車道時，也需考量其他用路人的使用空間，否則將易遭受民眾輿論的反彈。因此本研究將結合自行車騎乘風險、路段服務水準以及人行道服務水準建立一套自行車道規劃與設計型式決策支援系統提供自行車道規劃設計者參考使用。

本研究首先建立自行車共行風險指標用來評估自行車騎乘於人行道或外側車道與其他用路人共用道路空間時騎乘的安全程度。模式中以自行車與行人或與機動車輛的交會次數代表自行車暴露於危險環境時間的長短，作為曝光量指標。另考量事故發生時碰撞能量大小代表事故發生時的嚴重性，以動能公式作為嚴重度指標。藉由二指標的乘積求得共行衝突風險。本研究進一步利用模糊理論與騎士感受問卷分別針對人行道及外側車道風險值進行等級劃分，共分為 A 至 E 級共五個等級。

後續利用風險等級以及公路容量手冊中路段與人行道服務水準建構決策支援系統，可針對道路現況進行風險分析提供使用者建議共用道型式，也可依使用者輸入各方案道路規劃資料進行分析，提出分析結果提供使用者進行選擇較適方案。本研究以和平東路二段做為實例應用對象，藉由本系統分析決定適合的佈設型式為利用實體分隔型式設置於人行道的自行車專用車道。最後，本研究對於敦化自行車道現況進行研究分析，並找出系統適用範圍以及限制條件。

關鍵字：自行車道、自行車共行風險、模糊理論、決策支援系統

Abstract

Many countries around the world currently make their efforts in promoting the use of bicycle because of the global warming. If we want to promote the use of bicycle, we can't take bicycles only as a leisure activity but let bicycles become one of the means for transport and establish urban bicycle network. Building bicycle lanes in urban region should also consider the space for other road users; otherwise the plan may cause people's opposition. For this reason, this research combines bicycle risk, road level of service, and sidewalk level of service to establish a bikeway planning and type decision support system which can be provided for planner.

This research first establish bicycle conflict risk index to evaluate the safety when bicyclists are riding on the sidewalks or outside lanes sharing road space with other road user. In the model, using the times of passing and meeting as exposure index represents the time which bicyclist in the dangerous environment, and using the kinetic energy of vehicle impact as severity index represents the severity of accidents. The product of two indexes is bicycle conflict risk index. Then, this research use fuzzy theory to determine the level of risk on sidewalks and outside lanes. The risk level can be sort to five grades, from A to E, which also means the safety from the highest to the lowest.

The study then establishes the decision support system by combining the risk level, road section level of service, and sidewalk level of service. The system can analyze the road status and planning data to provide user a recommended bikeway type design. This research takes Heping East road as system application. The result shows that the appropriated bikeway type for the road section is bicycle lane with physical separation built on the sidewalk. Finally, this research analyses the condition

and problems of Dunhua bicycle lane and finds the suitable condition and restriction of the systems.

Keyword : Bikeway 、 Bicycle Risk 、 Fuzzy Theory 、 Decision Support System



目錄

誌謝.....	I
摘要.....	II
Abstract.....	III
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機與背景.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍與限制.....	2
1.4 研究流程與內容.....	3
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 自行車道型式設計及選擇方式.....	5
2.1.1 國外相關研究.....	5
2.1.2 國內相關研究.....	9
2.2 自行車騎乘環境評估指標.....	15
2.2.1 國外相關研究.....	15
2.2.2 國內相關研究.....	19
2.3 小結.....	22
第三章 自行車共行衝突風險指標建立.....	25
3.1 曝光量指標建立.....	25
3.1.1 超車曝光量指標建立.....	26
3.1.2 會車曝光量指標建立.....	28
3.1.3 路邊停車交會曝光量建立.....	29
3.1.4 寬度修正因子.....	30
3.1.5 曝光量指標建立.....	32
3.2 嚴重度指標建立.....	33
3.2.1 車間距分佈.....	35
3.2.2 嚴重度指標建立.....	36
3.2.3 人行道上碰撞嚴重度指標探討.....	38
3.3 自行車共行衝突風險指標建立.....	39
第四章 自行車共行衝突風險指標分級門檻建立.....	41
4.1 模糊理論簡介.....	41
4.1.1 模糊集合.....	42
4.1.2 模糊隸屬函數.....	42
4.1.3 模糊隸屬函數的建立方式.....	43
4.1.4 α 截集.....	45
4.2 自行車共行風險指標分級.....	45
4.2.1 自行車騎士感受問卷.....	46

4.2.2 指標分級建立.....	59
4.3 小結.....	69
第五章 自行車道規劃與設計型式決策支援系統建立.....	71
5.1 決策支援系統簡介.....	71
5.2 自行車道規劃與設計型式決策支援系統建立.....	73
5.2.1 人行道與路段服務水準評估準則.....	73
5.2.2 決策支援系統評估流程架構.....	77
5.2.3 系統使用介面設計及操作流程簡介.....	80
5.3 實例應用及分析.....	84
5.3.1 路段選取.....	84
5.3.2 方案擬定.....	86
5.3.3 方案分析結果.....	90
5.4 現況實例分析與系統檢討.....	95
5.4.1 敦化南北路自行車道簡介.....	95
5.4.2 分析路段概況.....	96
5.4.3 分析結果與檢討.....	97
第六章 結論與建議.....	105
6.1 結論.....	105
6.2 建議.....	106
參考文獻.....	109
附錄一 自行車騎乘安全感受問卷.....	113



圖目錄

圖 2.1 荷蘭自行車道型式選擇關係圖.....	6
圖 2.2 英國自行車環境規劃策略.....	8
圖 2.3 交通部自行車型式設計選擇流程圖.....	11
圖 2.4 臺北市自行車道型式設計流程圖.....	13
圖 3.1 機動車輛超越自行車交會示意圖.....	27
圖 3.2 自行車超越行人交會示意圖.....	28
圖 3.3 自行車與對向行人交會示意圖.....	28
圖 3.4 自行車與路邊停車車輛交會示意圖.....	29
圖 3.5 自行車共行基本寬度示意圖.....	31
圖 3.6 碰撞事故示意圖.....	34
圖 4.1 三角模糊集合圖.....	43
圖 4.2 α 截擊說明圖.....	45
圖 4.3 研究問卷處理工作流程圖.....	46
圖 4.4 人行道錄影拍攝方式示意圖.....	47
圖 4.5 外側車道錄影拍攝方式示意圖.....	48
圖 4.6 一週騎乘 3 次以上之自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)	52
圖 4.7 一週騎乘 1~3 次之自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)	53
圖 4.8 一個月騎乘 1~3 次之自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)	53
圖 4.9 兩個月以上騎乘 1 次之自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)	54
圖 4.10 男性自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)	55
圖 4.11 女性自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)	55
圖 4.12 一週騎乘 3 次以上之自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)	56
圖 4.13 一週騎乘 1~3 次之自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)	56
圖 4.14 一個月騎乘 1~3 次之自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)	57
圖 4.15 兩個月以上騎乘 1 次之自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)	57
圖 4.16 男性自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)	58
圖 4.17 女性自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)	58
圖 4.18 各等級與人行道共行風險值之關係圖.....	60
圖 4.19 各等級與外側車道共行風險值之關係圖.....	61
圖 4.20 人行道共行風險 A 級隸屬函數圖.....	61
圖 4.21 人行道共行風險 B 級隸屬函數圖.....	62
圖 4.22 人行道共行風險 C 級隸屬函數圖.....	62
圖 4.23 人行道共行風險 D 級隸屬函數圖.....	63
圖 4.24 人行道共行風險 E 級隸屬函數圖.....	63
圖 4.25 外側車道共行風險 A 級隸屬函數圖.....	65
圖 4.26 外側車道共行風險 B 級隸屬函數圖.....	66

圖 4.27 外側車道共行風險 C 級隸屬函數圖.....	66
圖 4.28 外側車道共行風險 D 級隸屬函數圖.....	67
圖 4.29 外側車道共行風險 E 級隸屬函數圖.....	67
圖 5.1 決策支援系統架構圖.....	73
圖 5.2 自行車道規劃與設計型式決策支援系統評估流程圖.....	79
圖 5.3 系統初始介面.....	80
圖 5.4 自行車共行風險評估.....	80
圖 5.5 自行車共行風險評估結果.....	81
圖 5.6 自行車共用道建議設置位置.....	82
圖 5.7 各方案資料輸入畫面.....	82
圖 5.8 分析結果畫面.....	83
圖 5.9 臺北市自行車地圖.....	84
圖 5.10 實例應用調查地點圖.....	85
圖 5.11 選取路段道路現況圖.....	85
圖 5.12 道路配置現況.....	86
圖 5.13 方案一道路配置圖.....	87
圖 5.14 方案二道路配置圖.....	87
圖 5.15 方案二道路配置修正圖.....	88
圖 5.16 方案三道路配置圖.....	88
圖 5.17 方案四道路配置圖.....	89
圖 5.18 方案五道路配置圖.....	89
圖 5.19 方案六道路配置圖.....	90
圖 5.20 實例應用道路現況資料輸入.....	91
圖 5.21 現況自行車共行風險與車道及人行道服務水準.....	91
圖 5.22 各方案道路規劃資料輸入.....	92
圖 5.23 方案評估結果系統圖.....	93
圖 5.24 方案資料儲存.....	94
圖 5.25 敦化南北路自行車道型式.....	96
圖 5.26 敦化北路分析路段資料輸入.....	98
圖 5.27 敦化北路分析路段現有自行車道型式資料輸入.....	98
圖 5.28 敦化北路分析路段分析結果（未存在騎樓路段）.....	99
圖 5.29 敦化北路分析路段分析結果（存在騎樓路段）.....	99
圖 5.30 敦化南路分析路段資料輸入.....	101
圖 5.31 敦化南路分析路段現有自行車道型式資料輸入.....	101
圖 5.32 敦化南路分析路段分析結果（未存在騎樓路段）.....	102
圖 5.33 敦化南路分析路段分析結果（存在騎樓路段）.....	102

表目錄

表 2.1 英國自行車道型式選擇關係表.....	8
表 2.2 我國自行車道類型.....	10
表 2.3 Bicycle Stress Level 分級表.....	16
表 2.4 自行車交會頻率分級表.....	18
表 2.5 自行車道適合度指標各評估項目權重.....	19
表 3.1 各運具尺寸整理表.....	30
表 3.2 各運具動態寬度整理表.....	31
表 3.3 碰撞速率 v_i 與車輛間距關係	34
表 3.4 道路類型與車間距伽瑪分佈 $\alpha \beta$ 值之關係.....	36
表 4.1 本研究人行道調查時間地點彙整.....	48
表 4.2 本研究外側車道調查時間地點彙整.....	49
表 4.3 受訪者男女性別人數.....	49
表 4.4 受訪者年齡分佈.....	50
表 4.5 受訪者職業分佈.....	50
表 4.6 受訪者使用自行車頻率分佈.....	50
表 4.7 騎乘人行道主觀感受調查結果.....	51
表 4.8 騎乘外側車道主觀感受調查結果.....	51
表 4.9 人行道共行風險值對應各等級之隸屬函數值.....	59
表 4.10 外側車道共行風險值對應各等級之隸屬函數值.....	60
表 4.11 人行道共行風險等級隸屬函數與 R^2 值.....	64
表 4.12 人行道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.7$)	64
表 4.13 人行道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.8$)	64
表 4.14 人行道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.9$)	64
表 4.15 人行道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=1.0$)	65
表 4.16 外側車道共行風險等級隸屬函數與 R^2 值.....	68
表 4.17 外側車道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.7$)	68
表 4.18 外側車道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.8$)	68
表 4.19 外側車道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.9$)	68
表 4.20 外側車道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=1.0$)	69
表 4.21 人行道自行車風險等級.....	69
表 4.22 外側車道自行車風險等級.....	70
表 5.1 人行道服務水準.....	75
表 5.2 路型修正系數.....	76
表 5.3 流容比與服務水準分級關係.....	77
表 5.4 選取路段相關資料.....	85
表 5.5 方案評估結果整理表.....	93

表 5.6 敦化北路分析路段資料.....97
表 5.7 敦化南路分析路段資料.....97
表 5.8 敦化北路分析結果整理.....100
表 5.9 敦化南路分析結果整理.....103



第一章 緒論

1.1 研究動機與背景

過去幾十年，隨著經濟發展、國民所得提高，每人擁有的機動車輛數目逐年增加。但機動車輛數量的增加也帶來了交通壅擠、交通事故漸增、空氣汙染及噪音等問題，為了解決這些問題，並由於台灣地狹人稠，都市地區內土地更大多均已開發，無法再興建額外的道路系統以滿足過多的交通需求，因此各界開始積極推動大眾運輸、電動車輛、自行車及行人等綠色運具。環顧世界先進國家之交通運輸政策，也多以大眾運輸及綠色交通為導向。

在各種綠色運具中，自行車具有低污染、低成本、促進身心健康、可及性高、佔用空間小及簡單易操作等優點，因此無論做為運動休閒、出門購物、大眾運輸接駁及通勤通學使用均十分合適，因此倡導推行自行車政策已為全球各地永續發展之重點項目，更是台灣交通系統未來的發展重點。

近年來隨著能源短缺、環境永續及節能減碳等環保意識抬頭下，自行車重新受到政府及民眾的重視。但目前自行車的使用仍大多以運動休閒為主，全台灣各地自行車道也多位於郊區及風景區，如要有效提升自行車使用率，便不可只將自行車定義為休閒娛樂的用途，應發展自行車成為民眾日常生活的代步工具。但過去都市運輸規劃均以機動車輛為導向，並未將自行車納入都市交通規劃範疇內，造成市區內自行騎乘環境不佳且生活通勤型自行車道仍十分缺乏。為改善此現象，因此極需要改善都市道路環境並建立都市內生活通勤型自行車道路網。

去年臺北市政府於市區內敦化南北路上建設自行車專用道，原期望可以提升自行車使用率，卻引起不少民眾反對的聲浪，路邊停車及尖峰時段道路壅塞問題迫使市政府將自行車專用道改為一般日共用、假日專用之形式。由此可看出在市區佈設自行車道時，也需考量其他用路人（如：行人與機動車輛）的使用空間，

如無法提供其他用路人足夠的服務水準必會招致其他用路人之反彈。

1.2 研究目的

由上述背景可知，建設自行車專用車道雖能增加自行車騎乘安全，但由於減少其他用路人的空間因此造成人行道或道路的服務水準降低，有鑑於此，本研究之目的即是以實際應用為目標：

1. 建立自行車騎乘安全評估指標，以預估自行車騎乘於人行道或車道上的衝突狀況。
2. 建構一套自行車道規劃決策支援系統，可同時分析自行車騎乘安全性以及建置自行車道後對其他用路人之影響，以提供自行車道規劃者比較多個設計方案做出較佳之決策。



1.3 研究範圍與限制

目前自行車道設置位置多位於郊區，郊區的土地較為寬廣且交通量較小，因此設置自行車道所遭遇之交通衝擊相對較市區設置自行車道小，自行車道設置於市區除了考量自行車與其他運具共用空間的安全性外，勢必更需要考量佈設自行車道後對其他用路人使用空間的排擠效應，因此本研究主要研究對象為設置於市區內之自行車道。

回顧過去相關自行車道研究的研究對象可依照使用類型可分為通勤型、生活型及運動休閒型，由於本研究主要研究對象為設置於市區內之自行車道，一般可被歸類為通勤型自行車道，但由於每人對於同一條自行車道可能產生不同使用需求。舉例來說，設置於郊區的自行車道，假日時可能提供民眾做為運動休閒使用，在平日也可提供郊區民眾做為通勤路線，同理，設置於市區內之自行車道也並非均為通勤通學使用，亦可提供民眾做為運動休閒之用，因此本研究對象並不強調

其使用需求類型。後續將依照自行車道設置路權及設置位置進行分類在第二章做更詳盡的探討。

自行車道的佈設除了自行車騎乘安全及其他用路人使用空間效率等因素外，也應考量建設成本、附屬設施的佈設及自行車道路網的串連性等因素，礙於時間及人力的限制，本研究暫將此因素剔除，對於自行車道佈設僅考量自行車騎乘安全及其他用路人使用空間兩大因素。

1.4 研究流程與內容

本研究研究流程如圖 1.1，以下將分章所述。

一、確立研究目標與內容

針對本研究所欲探討的對象進行研究目標與範圍之界定。

二、文獻回顧

本研究首先回顧國內外自行車道設計相關文獻，探討各國自行車道型式選擇方法，以了解影響自行車道型式選擇的因素。同時並回顧國內外自行車服務水準相關研究，了解評估自行車騎乘安全之相關指標及其適用性。

三、建立自行車共行衝突風險指標

本研究將以交會次數做為曝光量指標，以車輛動能大小作為嚴重度指標，並結合兩者之乘積建立自行車共行衝突風險指標，藉此反映自行車騎乘安全。

四、建立自行車共行衝突風險指標分級

本研究將以發放問卷調查自行車騎士對於各種道路狀況的主觀感受，配合模糊理論，決定自行車與其他運具共行騎乘安全指標各等級門檻值。

五、建構自行車道規劃與型式設計決策支援系統

研究最後結合上述風險指標與公路容量手冊中人行設施與路段服務水準公式，撰寫一決策支援系統，以提供規劃設計者使用。

六、結論與建議

針對本研究成果做具體結論與建議後續研究方向。

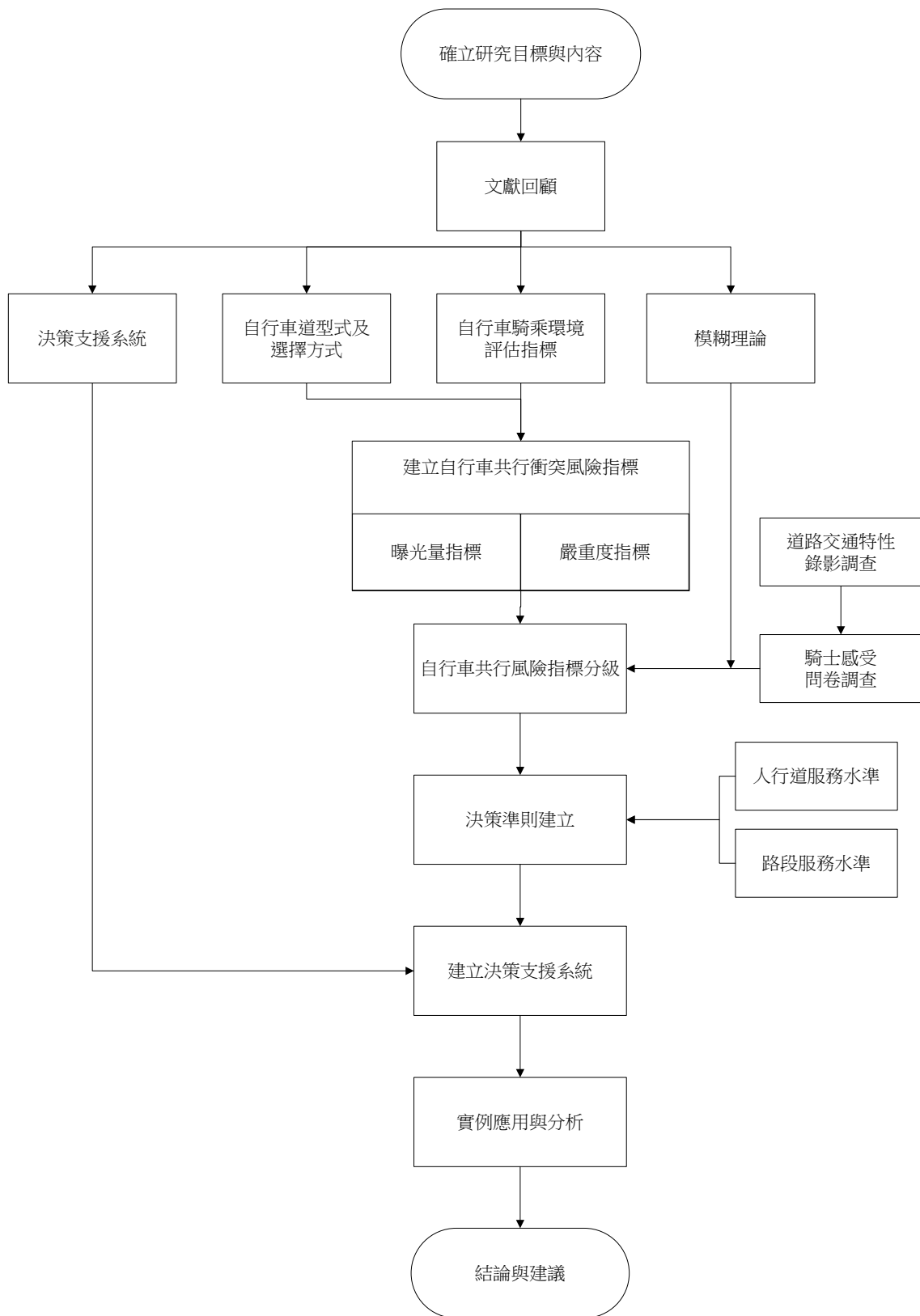


圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本章將先回顧國內外自行車道的設計型式及其相關型式選擇方式，以了解設計自行車道型式的參考條件。第二部分將回顧自行車騎乘環境評估指標，以做為本研究後續建立自行車騎乘安全評估指標建立參考依據。

2.1 自行車道型式設計及選擇方式

國內外已有許多自行車道設計手冊，本節將回顧這些自行車道設計手冊，用以了解設計自行車道型式時相關影響因素，做為後續指標建立參考。

2.1.1 國外相關研究

(一) 荷蘭

荷蘭的自行車道設計手冊之中，將自行車道型式分為標線分隔型自行車專用車道(cycle lane)、實體分隔型的自行車專用車道(cycle track)以及混合使用(mixed profile)，除此之外，文中也提及自行車建議車道之型式(Recommended lane)，其以虛線劃設，可此種類型並無正式法源依據，因此並不強迫自行車必須行駛於建議車道上。針對自行車道佈設型式的選擇，手冊提供下圖給規畫設計者做為參考依據。



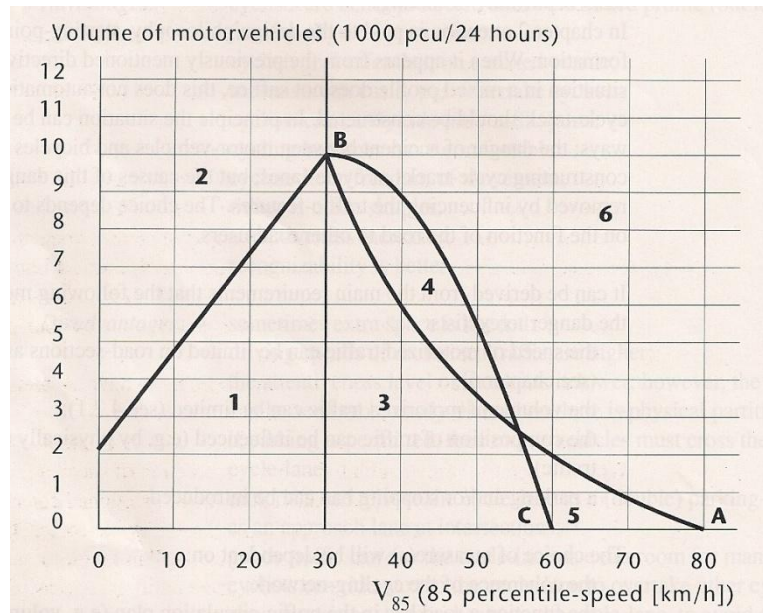


圖 2.1 荷蘭自行車道型式選擇關係圖【36】

圖中，第 1 區表示機動車輛行駛速率較慢，且交通量較低，因此不需要建置自行車專用道，建議採混合使用之方式。第 2 區車輛速度仍低但交通量卻高，由於此情況較少發生，因此手冊中並不探討該情況下之自行車道設置型式。第 3 區由於交通量不高，因此與車輛混合使用仍可接受，但車輛行駛速度較快，可依照其他道路或交通條件決定是否需要建置自行車專用車道。第 4 區需要建置自行車專用車道。第 5 區代表需要設置實體分隔型自行車專用車道，但由於交通量不高，因此混合使用也可以考量，不建議設置標線分隔型自行車專用車道。第 6 區由於交通量以及車速均高，需要建置實體分隔型自行車專用車道。此圖為正常情形下規劃自行車道型式依據，如有特殊需求，可再依道路現況進行調整。

(二) 美國

美國州公路暨運輸協會(AASHTO, The American Association of State Highway and Transportation Officials)於 1999 年出版《Guide for the Development of Bicycle Facilities》，此手冊提供美國各州政府做為設置自行車道主要參考準則，各州政府雖後續均有發佈各州自行車道設計手冊，但其內容均以此手冊為基礎。

此手冊將自行車道佈設型式分為四類，分別為共用車道(Shared Roadway)、標示自行車優先之共用車道(Signed Shared Roadway)、自行車專用車道(Bike Lane);以及擁有獨立路權且機動車輛禁止進入之共用道路(Shared Use Path)。手冊中對於自行車專用車道設計，僅考量佈設於車道上，而未有佈設於人行道上之設計，此外威斯康辛自行車道設計手冊【47】中也提到人行道並不適合自行車騎乘，除非特殊情況，例如：為了維持路網的連續性，不建議自行車與行人使用人行道，故並無此種設置型式之建議。而共用道路(Shared Use Path)其功能較偏休閒遊憩，除了自行車之外，也允許直排輪使用者、輪椅使用者、行人均可共用道路。

AASHTO 手冊針對自行車道的設計元素提出參考的設計準則，包括：自行車道寬度、路口型式、停車視距、坡度、鋪面及標誌標線設計。威斯康辛自行車道設計手冊【47】另外也提供了一些道路改善措施以營造自行車友善空間，內容包含：鋪面及排水孔蓋改善、增加外側車道寬度及設置路肩等等。

(三) 英國

英國交通局於 2008 年出版《Cycle Infrastructure Design》，手冊中將自行車道主要分為設置於道路上之自行車車道(cycle lane)及擁有獨立路權的自行車道路(off-road cycle route or cycle track)。自行車車道又可分為自行車專用車道(Mandatory cycle lane)及自行車優先道(Advisory cycle lane)，自行車專用車道為由白色實線劃設之自行車車道，其他車輛禁止跨越或行駛於其上；自行車優先道則由白色虛線劃設之自行車車道，其他車輛在不危害自行車騎士安全之條件下，可視情況跨越。擁有獨立路權的自行車道路通常也允許行人通行，此型式通常設置於郊區，在市區內較不建議設置，易與其他道路相交，路口路權的處理較為複雜，市區內建議以設置自行車車道優先考量。對於自行車環境的營造，手冊建議規劃管理者應以圖 2.2 所示之策略進行規劃設計。手冊利用機動車輛行駛速率以及交通量建構自行車道型式的選擇依據，如表 2.1 所示。

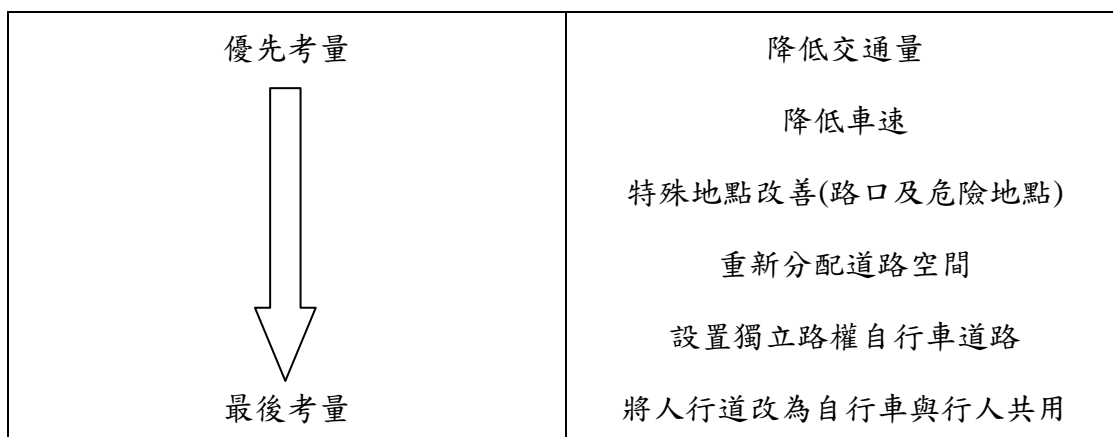


圖 2.2 英國自行車環境規劃策略【38】

表 2.1 英國自行車道型式選擇關係表

交通量	85 百分位速度			
	<20mph	20-30 mph	30-40 mph	>40mph
<1,500 vpd, or<150 vph				Cycle lanes or tracks
1,500–3,000 vpd, or 150–300 vph			Cycle lanes or tracks	Cycle lanes or tracks
3,000–8,000 vpd, or 300–800 vph	Cycle lanes may be appropriate	Cycle lanes may be appropriate	Cycle lanes or tracks	Cycle tracks
8,000–10,000 vpd , or 800–1,000 vph	Cycle lanes	Cycle lanes	Cycle lanes or tracks	Cycle tracks
>10,000 vpd	Cycle lanes or tracks	Cycle lanes or tracks	Cycle lanes or tracks	Cycle tracks

1. vpd: 機動車輛每日平均交通量
2. vph: 機動車輛尖峰小時交通量(晨峰)
3. 在低車速及低交通量的情況下，可以考慮利用標誌來標示自行車路徑
4. 在高車速及高交通量之狀況下，自行車車道(cycle lane)應與機動車輛有良好的分隔，寬度較大的自行車道或設置緩衝區也可以有所幫助。
5. 表中為自行車車道或自行車道路時(Cycle lanes or tracks)，應優先考量自行車專用車道，如無法設置時，方可考量設置自行車道路
6. 在易壅塞區域，即使車速及交通量均偏低，也可考量設置自行車車道

資料來源：【38】

2.1.2 國內相關研究

(一) 交通部運輸研究所—自行車系統規劃設計參考手冊【6】

交通部運輸研究所於民國 98 年 9 月出版《自行車系統規劃設計參考手冊》，並於民國 99 年 10 月出版第二版，在自行車道型式部分，第二版除延續第一版之四大類外，將設置於慢車道外側及混合車道外側之自行車道兩種類型予以合併，並增加與汽機車以單白實線分隔之自行車道類型，類型由 12 種調整為 11 種，並依據自行車使用道路空間進一步調整類型順序。

手冊中將自行車使用道路型式分類依路權型式主要分成道路(way)與車道(lane)兩大類：

1. 道路(way)係指專提供自行車專用(或與行人共用)、無汽機車混用的路權形式
2. 車道(lane)則是與汽機車共同使用一道路平面的路權形式

上述兩者又可細分為專用與共用。因此共可分為四類：自行車專用道路、自行車共用道路、自行車專用車道及自行車共用車道。再依據設置地點及型式最後分為 11 種類型 (Type)。



表 2.2 我國自行車道類型

自行車道類型	
自行車專用道路(Type1)	
自行車與行人共用道路(Type2)	
自行車專用車道	於人行道上設置自行車專用車道以標線區隔(Type3)
	於人行道上設置自行車專用車道以分隔設施區隔(Type4)
	於車道的外側設置自行車專用車道以設施分隔(Type6)
	於車道外側設置自行車單側雙向之專用車道(Type7)
	於車道的外側設置自行車專用車道以雙白實線分隔(Type8)
自行車共用車道	自行車與行人共用人行道(Type5)
	於車道的外側設置以單白實線分隔之自行車道(Type9)
	自行車與汽機車共用慢車道(Type10)
	自行車與汽機車共用混合車道(Type11)

資料來源：【6】

對於自行車道型式選擇，則由以下流程圖做為參考依據。首先判斷是否有獨立路權，如要建立擁有獨立路權之自行車道，便進入自行車專用道路或自行車與行人共用道路之判定流程。如並非獨立路權，則優先考量人行空間之服務水準及寬度是否足夠，決定是否可設置自行專用車道於人行道或與行人共用人行道。如果人行空間不適合自行車騎乘則考量設置於車道，依照路側寬度、外側車道交通量及路側干擾等因素決定自行車道設置於車道上之型式。

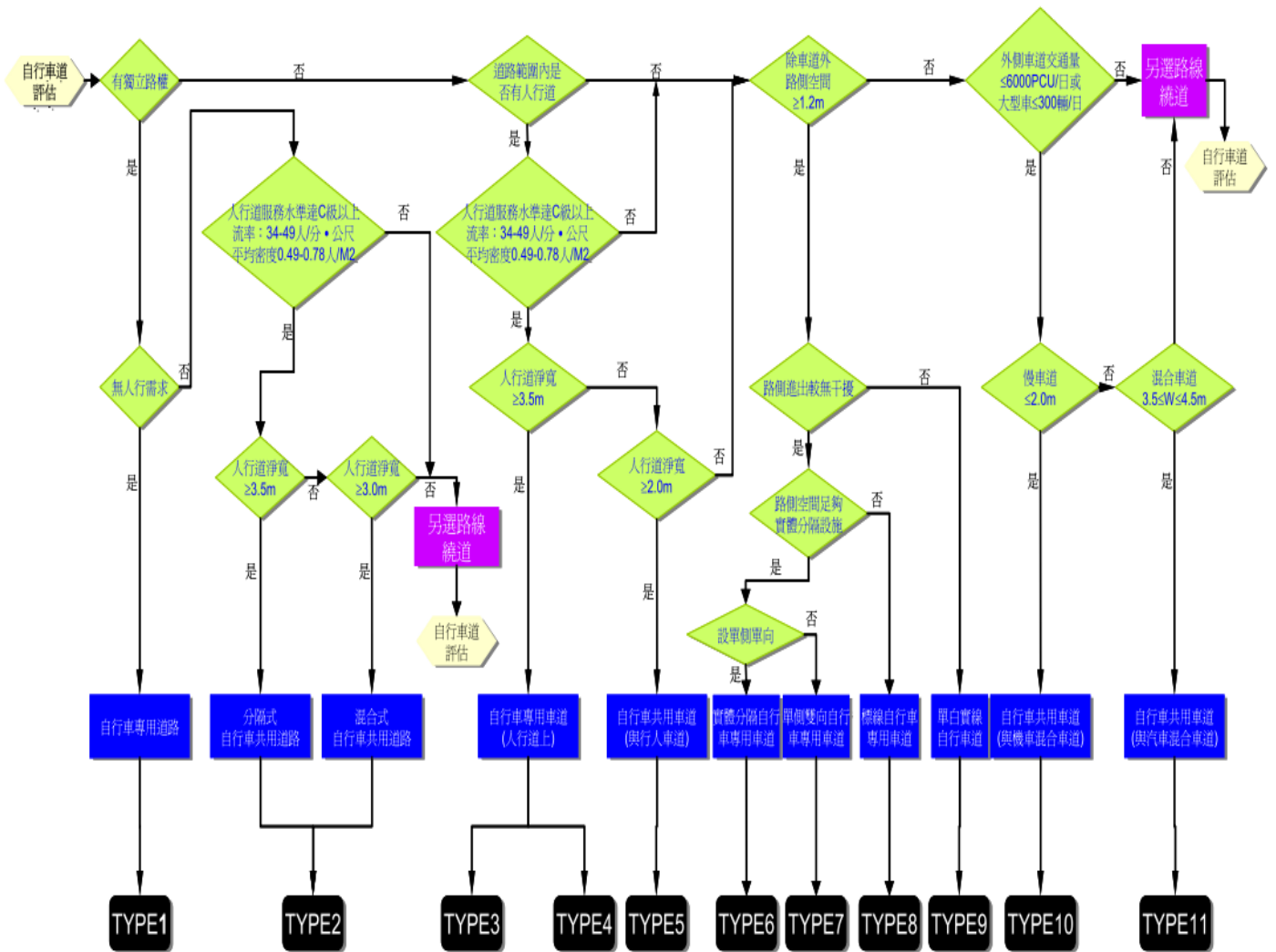


圖 2.3 交通部自行車型式設計選擇流程圖【6】

(二) 臺北市交通管制工程處—臺北市腳踏車道設計手冊【26】

臺北市於民國 89 年完成「臺北市自行車道路網整體規劃」，為了使規劃設計人員在規劃、設計、施工、運作及養護上能有一依循方向，臺北市交工處結合民國 91 年「臺北市信義區腳踏車道路網規劃設計」及 95 年「臺北市推動行人與腳踏車共用人行道計畫」經驗，於民國 96 年出版《臺北市腳踏車道設計手冊》。手冊中對於自行車基本特性、道路工程設計、交通工程設計及附屬設施均有所探討。

手冊中將自行車道依所使用之路權分為專用及共用兩類，再依設置地點可區分為自行車專用車道、自行車專用道、自行車與行人共用道、自行車與行人共用

道路四種。此四種型式特性如下詳述：

1. 自行車專用車道：

依設置位置可分為於人行道或綠帶闢建自行車專用車道或於最外側車道闢建自行車專用車道，一般以實體或標線與行人或汽機車進行分隔，亦可使用不同鋪面顏色進行區隔。

2. 自行車專用道路：

僅供自行車使用，一般與機動車輛車道有明顯分隔以減少干擾，因此自行車具有絕對的安全性，此種專用道路具休閒性質。

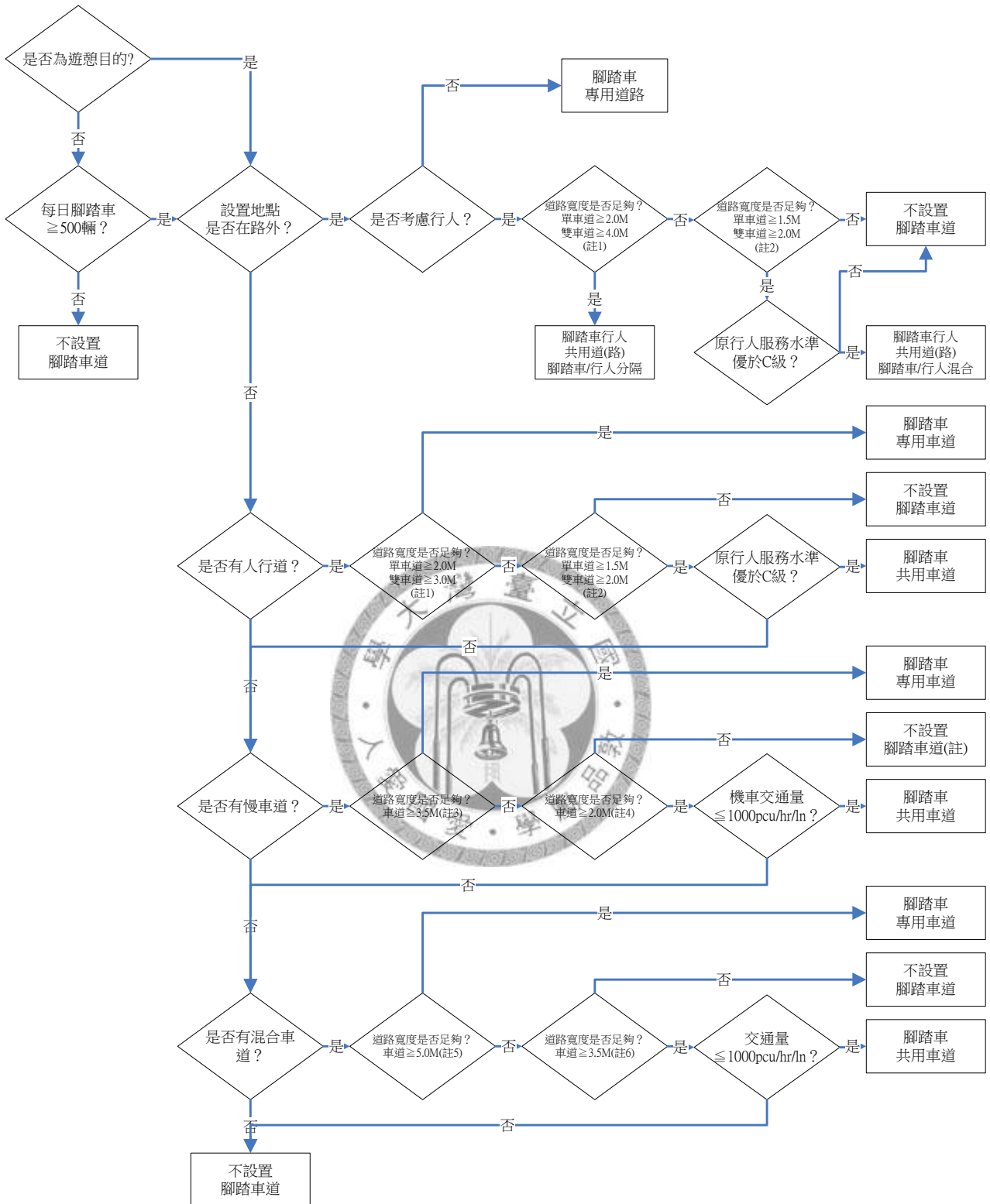
3. 自行車與行人共用道：

大部分設置在人行道，在自行車對行人干擾小的情形下做為通勤路線。

4. 自行車與行人共用道路：

供自行車和行人使用，具遊憩性質，一般設置在校園公園內，其型式又可分為利用標線或鋪面顏色等方式分隔自行車與行人空間以及不區分自行車與行人活動空間兩種。

對於自行車道型式選擇，主要考量道路寬度及原有道路服務水準，如原有道路寬度足夠時，可採專用車道型式設計，如道路寬度不足時，則進一步考慮原有道路之服務水準，如果原有行人服務水準優於 C 級且人行道寬度許可下，採自行車與行人進行共用之型式，當道路服務水準為 A 級時，可增闢自行車道或拓寬人行道設置自行車道。詳細規劃流程圖如下：



註 1：考慮單1腳踏車與單1人行空間基本寬度2.0公尺，單向腳踏車道寬1.0公尺，雙向腳踏車道寬2.0公尺。
 註 2：考慮單1腳踏車與單1人行空間基本寬度2.0公尺，雙向腳踏車道寬2.0公尺。
 註 3：考慮慢車道基本寬度2.0公尺，腳踏車道寬1.5公尺。
 註 4：考慮慢車道基本寬度2.0公尺。
 註 5：考慮混合車道基本寬度3.5公尺，腳踏車道寬1.5公尺。
 註 6：考慮混合車道基本寬度3.5公尺。

圖 2.4 臺北市自行車道型式設計流程圖【26】

(三) 呂佳玲—都市中通勤型腳踏車道設置之研究【8】

該研究整理國內外自行車道相關規劃設計研究資料，藉此構建自行車道設置型式選擇流程。其自行車道規劃及型式選擇流程基本架構為：先考慮自行車每日交通量是否達設置標準，如符合標準則先行考慮佈設於人行道上，計算設置自行車專用道後行人服務水準是否足夠，如不足則考慮行人與自行車共用道，如果行人與自行車混流服務水準仍無法達標準，代表人行道不適合佈設，則考慮設置於車行道上。針對車行道之每日交通量及路側活動型態(如：開放路邊停車、公車停靠)決定自行車道設置型式。

該研究並以金山南路至基隆路及辛亥路至忠孝東路包含之範圍，進行研究之實例應用，結果顯示行人與自行車共用道比例最高，總長度為 21.5km，佔總研究路段長度之 51%(所有路線總長度為 54km)，其次為設置於人行道之自行車專用道(22.5km，42%)，而設置於車行道之自行車專用道長度僅 0.9km，另有 3.1km 無適當空間佈設。

由於該研究型式選擇流程之設計為優先考量設置於人行道，因此造成自行車行駛空間位於人行道上之比例(93%)遠大於車行道上(2%)，但與行人共用易造成自行車行駛速率降低，增加自行車騎士體力負擔，如外側車道寬度足夠或交通量不高時，許多自行車騎士仍會選擇騎乘於車道上而非人行道。因此設計自行車道型式時，應同時考量人行道與車道

(四) 林禎家、游佳蓉 「運輸型自行車道路網規劃模式」【12】

該研究有別於以往利用文獻回顧蒐集適合騎乘自行車之區位路線條件來規劃自行車道的方式，採用數學規劃方法，四個目標式分別為最小化自行車道使用者危險性、最大化自行車道環境舒適度、最大化自行車道服務性以及最小化設置自行車道的交通衝擊，限制式則包含單一路段僅設置一種自行車道型式、建設自行車道成本預算限制、維護自行車道成本預算限制以及確保重要節點之間應均有路徑相連。作者並利用「灰數」處理實際規劃時某些參數面臨到的不確定狀況，

修正為灰數的參數包含了自行車道寬度、自行車道的建設成本以及維護成本，再利用灰色一階演算法進行求解。該研究利用臺北市信義計畫區對於六種方案進行實例分析，依據不同目標下分別繪出自行車規劃路線及設計型式。研究最後並針對都市景觀設計政策及交通安全改善政策利用模式進行政策分析，以了解在改善交通安全以及改善路段林蔭比例的原則下，對於模式四項目標式所求之值的影響。

2.2 自行車騎乘環境評估指標

國內外對於自行車騎乘環境的服務水準及適行性已有許多相關研究，有些用來評估自行車與機動車輛共用道路的安全性，例如：BLOS、IHS 及 BCI 等【34】【40】【42】，有些則用以評估自行車道的服務水準，例如：Botma、陳彥儒與林昭名【11】【23】【35】等研究，本節將對於此類評估自行車騎乘安全相關指標進行回顧，以對於本研究建立評估準則做參考之用。

2.2.1 國外相關研究

(一) Bicycle Stress Level【45】

其研究念為自行車騎士騎乘在路上便是希望最小化其精神壓力(mental stress)，想要避免與機動車輛的衝突，並且避免必須長時間專心騎乘於狹窄、高速及高交通量的道路上。因此分別針對外側車道交通量、車速以及外側車道寬大小對於自行車騎士產生之 stress level 進行分級：1 代表最佳，5 最差，1 與 5 之間按照比例分配 2~4。其指標上下限值乃是利用回顧交通工程相關文獻而得，整理如表 2.3

表 2.3 Bicycle Stress Level 分級表

stress level	交通量 (vphpl)	車道寬 (m)	車速 (kph)
1	≤50	≥4.6	≤40
2	150	4.3	50
3	250	4.0	60
4	350	3.7	65
5	≥450	≤3.3	≥75

資料來源：【45】

該研究後續並拍攝影片提供四種類型之自行車騎士（孩童(Child)、青少年(Youth)、休閒(Casual) 及有經驗(Experience)）進行評分，了解各類型自行車騎士對於上述三種變數實際感受壓力等級情形。

（二）Bicycle Safety Index Rating 【39】

Davis 於 1987 年發展了一套數學模型來描述道路幾何條件及其他相關因子對自行車騎乘安全的影響，該指標為路口評估指標（Intersection Evaluation Index, IEI）及路段指標（Road Segment Index, RSI）所組成，RSI 中包含了每日交通量、速限、外側車道寬以及相關鋪面與道路幾何設計因子等變數，IEI 中主要變數則為相交兩條道路之交通量及號誌與道路幾何設計因子。指標可分為四級，0~4 代表該道路對於自行車騎士十分安全，4~5 表示安全，5~6 代表尚可，6 以上則表示不安全。

（三）Modified Roadway Condition Index 【39】

上述 BSIR 模式中的主要變數（包含交通量、速限以及外側車道寬三項）對模式的影響反而不如鋪面因子與道路幾何設計因子，為了修正此一現象，佛羅里達州內好萊塢市的規畫者對上述 Davis 的 BSIR 指標進行修改，因此又發展出 Roadway Condition Index，又稱 Epperson-Davis RCI。此指標將 BSIR 中的 IEI 刪除，僅留下用來評估路段的 RSI 進行修改，主要考量的變數不變。研究者並將事

故資料依照嚴重度給予 1 至 5 分，利用此評估指標與事故資料進行迴歸分析，發現該模式僅能解釋 18% 的事故資料，作者認為自行車事故主要與騎士的使用特性相關。

由於原公式中若外側車道寬度 W 大於 4.25 將會導致該項產生負值，此時模式將會產出錯誤結果，因此模式又再進行調整，作者並將兩模式進行比較分析，證明後者求得結果與前者並無顯著差異。

(四) Interaction Hazard Score 【42】

Landis 發展一套 IHS 用來評估數個都市地區的自行車適行性，包含了伯明罕市、坦帕市、費城及夏洛特市等地。其指標變數包含平均每日交通量、車道寬、車道數、速限、重車比、鋪面因子以及土地使用與道路中斷頻率。Landis 在模式中並保留校估係數，以針對自行車騎士所提出之建議進行模式驗證修改。

(五) Bicycle Level of Service 【34】【43】

Landis 等人利用 IHS 模型進行後續修改進而發展出 Bicycle LOS 模型。研究團體於佛羅里達的坦帕市內舉行了一實驗騎乘活動，約有 150 名自行車騎士參與，騎乘實驗所篩選的道路一圈並對每段道路進行評分，利用其評分對於數個變數進行迴歸分析，進而發展出 Bicycle LOS 模型，其模式主要變數包含了十五分鐘交通量、車道數、速限、重車比、土地使用、道路中斷頻率、鋪面因子以及外側車道有效寬度。

後續研究以上述的 BLOS 作為基礎，利用各州政府不同的資料修改模式，將路邊停車的影響併入車道寬度變數中，並針對郊區道路情況修改模式，因此產生了第二版的 BLOS。

(六) Bicycle Compatibility Index 【40】

1998 年，美國聯邦公路局根據先前的研究發展自行車適行性指標(Bicycle

Compatibility Index, BCI)，受訪者利用影片及實際騎乘道路對各道路進行評分，將此評分對於挑選出來的變數進行迴歸分析，求得 BCI 指標。指標分數越低代表該路段越適合自行車行駛，反之，分數越高則越不適合。指標中考慮的變數包含是否存在自行車道、自行車道寬、外側車道寬、外側車道交通量、其他車道交通量、85 百分位速率、是否允許路邊停車、土地使用及調整因子。該研究同時也對路口 BCI 指標進行先期研究，但因考慮的變數尚未完整而未實際應用。

(七) Bicycle Level of Service for Bicycle Paths and Pedestrian-Bicycle Paths 【35】

Botma 將原有荷蘭的研究中一公里遭受阻礙比率修改為交會頻率來求得自行車專用道路 (Bicycle Paths) 或自行車與行人共用道路上 (Pedestrian-Bicycle Paths) 之服務水準並推估各服務水準下的服務容量。自行車騎乘於該類道路上，必會與同向或逆向之自行車或行人產生交會，交會的頻率越高則對自行車騎士的干擾越大，但相對的該設施能提供的服務容量也越高，而交會頻率與行人及自行車的速率及交通量相關。其服務水準的分級如下表

表 2.4 自行車交會頻率分級表

服務水準	交會次數(e/s)*	
	單向	雙向
A	< 1/150	< 1/95
B	< 1/75	< 1/60
C	< 1/35	< 1/35
D	< 1/20	< 1/25
E	> 1/15	< 1/20
F	> 1/15	> 1/20

*註：交會次數之單位為經過多少時間(s)產生一次交會(e)

資料來源：【35】

2.2.2 國內相關研究

(一) 林依葶 「都市自行車路徑評估與規劃之研究」【10】

該研究透過文獻回顧選出較具代表性之自行車道適合度指標，包含：道路交通量、外側車道寬度、人行空間有效寬度、道路速限、鋪面品質及路側干擾程度，並發放專家問卷，利用模糊曾級分析法求得各指標之權重，其權重如下表，同時利用專家問卷訂定各指標分級門檻值，分為 A 至 F 六個分級，A 級為最佳，給予 1 分，F 級最差，給予 6 分。將各指標依權重加總可得自行車道適合性指標綜合評估值

該研究並利用地理資訊系統(GIS)，利用大安區之道路資訊，進行自行車道適合性指標之實例應用，評選出大安區內自行車最適路徑。

表 2.5 自行車道適合度指標各評估項目權重

自行車道適合性指標評估項目	權重
道路交通量	0.1766
外側車道寬度	0.1718
人行空間有效寬度	0.1643
道路速限	0.1156
鋪面品質	0.1469
路側干擾程度	0.2377

資料來源：【10】

(二) 陳泓宇 「人行道行駛自行車服務水準評估」【22】

該研究以系統性文獻回顧方式找出人行空間影響自行車行駛服務水準的評估因素，指標可分為安全、功能以及親和性三方面，總計共 14 項評估指標，包含：人車衝突程度、鋪面品質、人行道有效寬度、照明程度、天候防護設施、休憩空間等指標。利用專家問卷及層級分析法求得各指標之主觀權重，同時利用熵

值權重法求得客觀權重，將兩種權重合併而得折衷權重。該研究並對自行車騎士進行問卷調查，了解自行車騎士主觀感受，應用模糊理論決定服務水準以及服務水準各級門檻值。

本研究將此指標應用於臺北市三條自行車道上，分析結果為大安森林公園最佳，為 B 級，其次為新生南路東側(C 級)及和平東南側(D 級)，並分析此三條自行車道評估值，提出改善建議。

(三) 詹詩姿 「都市自行車道規劃設計使用後評估研究—以台北市信義計畫區為例」【25】

該研究以安全性、引導性、舒適性、方便性及可及性五個面向建構市區自行車道評估模式，並以台北市信義計畫區自行車道路網作為實例探討對象，藉由使用者問卷了解使用現況及其五面向之滿意度，並依此提出需改善之課題及對策

(四) 施養政 「自行車生活小區之營造—以臺北市中心為例」【13】

研究回顧了臺北市及荷蘭過去自行車發展的歷程及政策，來檢討臺北市當下發展自行車生活化所遭遇的問題，藉由文獻分析與研究者的經驗歸納出，影響民眾在都市中騎乘自行車的因素主要可歸納為「安全」、「舒適」、「便利」三點，而臺北市當下的各項發展均有所不足，故難以吸引民眾在都市中使用自行車。研究者進一步以臺北市捷運中山站為中心，進行「自行車生活小區」的實驗規劃與設計操作，提供未來在發展自行車政策時新的思考方向與規劃方式。

(五) 陳彥儒 「自行車專用道安全性評估指標體系之研究」【23】

研究先以文獻回顧及自行車騎乘者訪談初步彙整自行車專用道安全評估指標項目，再進行兩階段問卷發放，第一階段利用模糊德爾菲法求得專家對自行車專用道安全評估項目一致性意見，作為第二階段問卷基礎，第二階段則利用模糊層級分析法求得各指標權重以建立自行車專用道安全性評估指標體系。其指標可

分為四大類分別為車道空間結構、行進動線、車道標示及車道夜間照明與反光設備，四大類之下共有 15 個評估指標。藉由權重結果可發現，評估權重較偏重於車道空間結構及行進動線兩項，因此欲發揮自行車專用道安全功能，應著重於車道空間的設置維護及行進動線的劃設。

(六) 陽家郡 「都會區人行步道與自行車道共構之可行性研究」【24】

該研究透過各相關單位之專家問卷並利用層級分析法 (AHP)，分析都會區人行步道與自行車道共構之改善評估表，提供未來相關單位對於都會區人行步道與自行車道共構之設置規劃及維護改善之參考。

專家問卷對象可分為三類分別為產業單位、政府單位及學術單位，問卷結果顯示政府單位與學術單位看法較一致。專家問卷共有三大面向 12 個問項，三大面向為政策面、整合面及建設面，其中建設面內之「安全性」為獲得最高的權重值，可見都會區人行步道與自行車道共構下，安全性仍為最主要考量。該研究並以台中市自行車道進行實例分析，藉由實例分析中及改善評估表探討出都會區人行步道與自行車道共構之最主要前提為：

1. 人行步道之整體寬度須足夠
2. 人行步道之整體路網須完整
3. 路口穿越方式須有明確導引
4. 人行步道上之障礙物須能移除或做其它改善方式，如平整化或隱藏化

(七) 林昭名 「應用層級分析法於都會區既有自行車道改善評估之研究」【11】

該研究以台中市都會區既有之自行車道為研究範圍，從自行車道之工程面著手，並以國內外自行車相關文獻及規範準則為本研究之基準考量，透過層級分析法 (AHP) 建立以都會區既有自行車道之改善策略為目標之層級架構，並針對標誌、標線、號誌、鋪面及停車設施等五項標的，提出各項改善評估準則項目，再以問卷方式蒐集相關產業、政府機關與學術單位等三方面之專業意見，最後透過

資料分析得出各準則之權重關係。結果顯示，「自行車專用號誌」及「自行車道標線」為各專家群體所重視之要項。

藉此自行車改善評估表，反省探討都會區既有自行車道應有之改善方式，以提升自行車專屬之路權，並提供未來都會區自行車道設置規劃及維護改善之參考

2.3 小結

針對以上的文獻回顧，本節將分別針對三部分進行總結：

(一) 自行車道型式分類

回顧各國自行車道設計規劃手冊，可發現國外僅以路權分隔型式對自行車道進行分類，例如實體分隔之 cycle track 及標線分隔之 cycle lane。不同於國外不建議將自行車道設置於人行道【33】【47】，國內設置地點多優先考量設於人行道上，也因此國內自行車道型式依照設置地點做了更詳細的分類。由於本研究對象為市區內自行車道，因此不考慮自行車專用道路及自行車與行人共用道路兩種型式，此兩種型式為獨立路權，並非與現有道路共用同一平面，由於市區內土地面積有限，此類型式的建置可能性較低，因此剔除這兩種型式。最後，本研究研究對象之自行車道型式主要為以下六類：

1. 自行車專用車道(設置於人行道、標線分隔)
2. 自行車專用車道(設置於人行道、實體分隔)
3. 自行車專用車道(設置於車行道、標線分隔)
4. 自行車專用車道(設置於車行道、實體分隔)
5. 自行車共用車道
6. 自行車共用人行道

(二) 自行車道型式選擇

而在自行車道型式選擇方面，國外主要考量因素為機動車輛交通量及速率兩

變數，但由上述文獻回顧的圖表中可發現，在一固定的交通量及速率下，並非對應唯一的自行車道型式的選擇，其中仍保留給規劃者許多依其他考量條件進行自行選擇的空間，而國內考量的因素為交通量及道路寬度，且國內型式的選擇多以流程圖建構，流程圖的缺點為經過流程圖的規劃過程後，便易產生唯一解，減少了其他選擇的可能性。

由於自行車道型式種類較多，自行車道型式規劃設計應富有彈性，且上述之文獻並無對各類型自行車道建置後對其他用路人空間影響進行評估，故應讓規劃設計者得以比較各種型式規劃方案之間差異，方可提供規劃設計者較為全面之觀點，因此本研究期望可以建構一套決策支援系統可以提供規劃設計者各種自行車道型式設計方案之差異，進而選取最適合之建置方案。

(三) 自行車騎乘環境評估指標

自行車道騎乘適合度及服務水準的建立方法，國外大多乃利用自行車騎士觀看影片或舉辦實驗性騎乘活動，藉由自行車騎士對於不同道路類型評分，迴歸分析求得模式，由於我國道路特性與國外不同，例如快慢分隔的道路設計以及混合車流的交通特性，國內自行車騎士對於道路交通狀況的感受程度也應與國外有所不同。除此之外，先前已有提及國外並不建議自行車騎乘於人行道上，因此這些指標並無法評估自行車騎乘於人行道上之情形，故判斷國外相關的指標較不適用於本研究。

雖然本研究不採用以上相關評估指標，但由這些指標中可發現較常被使用的變數包含車道寬度、機動車輛速率、機動車輛流率、路邊停車、重車比例等，代表這些為主要影響自行車騎乘安全的因素，因此本研究將以這些因素為出發點建立自行車騎乘安全性評估指標。

國內大多數對於自行車騎乘環境評估的研究主要利用層級分析法求得各項權重建立評估指標。藉由此類指標雖可大致描述狀況，但實際情形並無法得知。以安全性為例，上述各研究中對於安全性主要考量的項目包含道路車道（或人行

道)寬度及機動車輛(或行人)流率,兩項分別與乘以權重相加求得安全性程度,然而實際上自行車騎乘安全程度與此兩項目之關係是否遵循線性相加仍有待商榷,因此需要建立新的模式來描述騎乘自行車可能遭遇的危險事件,藉此評估自行車騎乘安全性。

此外國內這類相關評估指標,指標中包含其他與本研究主要探討之安全性非相關的項目,諸如景觀、周邊附屬設施等,雖然安全性指標在模式中的權重大多較其他項目較高,但其餘項目的權重加總仍遠大於安全性之權重,因此較不適合本研究使用。

最後,無論國內外的各種指標均僅適用單一種評估對象,例如:BLOS 僅用來評估自行車與機動車輛混合使用情形,陳泓宇的研究【22】則僅適用自行車騎乘於人行道,而陳彥儒【23】的安全評估指標也僅能評估自行車專用道。無法針對自行車道設計型式之間差異以及自行車道建置事前事後差異同時進行評估比較。

有鑑於此,本研究將在後續章節建立自行車與其他運具共行衝突風險指標,風險代表了事故發生的可能性及嚴重程度,因此利用風險指標可表達自行車騎乘於人行道或外側車道上與其他運具共用道路時之安全程度。同時由於建置自行車道後人行道及路段服務水準的降低可能造成其他用路人侵入自行車道,此指標也可評估不同自行車道設計型式下當其他用路人侵入自行車道時,自行車騎乘的安全程度。

第三章 自行車共行衝突風險指標建立

本章將利用風險的概念，來預估自行車騎乘於人行道或車道上與行人或機動車輛衝突狀況，其中包含暴露在危險環境的長短與發生事故所造成的傷亡，因此本研究所建立的自行車共行衝突風險指標，包含曝光量指標與嚴重性指標兩部分。透過曝光量指標與嚴重性指標可反映自行車騎乘於人行道及車道上，機動車輛流率、行人流率、車輛行駛速率、路寬等交通特性對自行車共行衝突風險之關係。

3.1 曝光量指標建立

曝光量的概念由 Chaperman 於 1973 年提出，其代表一個駕駛人或一個交通系統所可能經歷事故的機會。換言之，可以說曝光是暴露在危險環境中的時間，或是可能遭遇到危險的次數。曝光量觀念的引進可以使我們得以辨識高交通事故發生率乃是肇因於高曝光量抑或是存在某個危險因素。曝光量的使用與欲探討的主題不同而改變，常被使用的曝光量指標包含了延車公里、延人公里等。因此曝光量愈高，代表其發生事故的機會也就愈高。

過去已有相當多研究藉由交會次數或交會頻率做為安全評估指標【9】【35】【41】，本研究將以自行車與其他運具之交會次數做為曝光量指標，依自行車騎乘於道路上的情況，與其他道路使用者交會情形可分為三類：

一、為與相同行向用路人產生交會，即為超車行為。

若自行車騎乘於車道上，由於機動車輛速度大於自行車速度，因此自行車會被機動車輛超越；若自行車騎乘於人行道上，因自行車速度大於行人速度，因此自型車則會超越行人。

二、為與相反行向用路人產生交會，為會車行為。

由於行人與機動車輛不同，並無規定行走方向，自行車騎乘於人行道上，必

會遭遇行走方向與騎乘方向相反之行人，此時便會產生會車行為。另外，觀察自行車騎乘現況可發現，目前自行車騎乘方向大多與行人類似，並非均與車行方向相同，但此騎乘行為甚為危險且違法，自行車騎乘速度較行人快速，逆向行駛易造成危險，因此在本研究中，假設自行車騎乘方向均與車行方向相同，故自行車並不會與機動車輛產生會車行為。

三、為機動車輛路邊停靠時與自行車產生交會。

自行車騎乘於車道上時，路邊停車及公車停靠均會與自行車產生交會造成干擾，在國外的研究中也顯示，路邊停車的比率對於自行車服務水準有顯著的影響，因此將此一狀況納入考量。

在建立曝光量指標前，統整以上對曝光量指標之描述，可歸納出下述四項模式基本假設。

- (1) 相同種類之機動車輛均以等速率 V_k ($k=h,c,m$ ，分別代表大型車、小型車及機車) 行駛，同理，自行車與行人也分別以等速率 V_b 、 V_p 行駛及行走。
- (2) 機動車輛速度(大型車、小型車及機車)大於自行車速度大於行人速度，意即： $V_k > V_b > V_p$ 。
- (3) 基於上述兩種假設，故自行車僅會被機動車輛超越，而不會超越機動車輛，同理，自行車僅會超越行人而不會被行人超越。
- (4) 自行車騎乘方向與車行方向相同，無逆向行駛情形。

後續將基於這些假設針對上述三種交會行為分別建立其曝光量指標。

3.1.1 超車曝光量指標建立

(一) 自行車被機動車輛超越之曝光量：

自行車行駛於單位長度 1 的道路上，機動車輛與自行車行駛方向相同時，如圖所示，車輛由圖左方進入路段、右方離開路段。當自行車行駛到達 x 長度時，此時進入該路段之機動車輛將與自行車於路段終點產生交會，換言之，當自行車

騎乘距離超過 x 時，此時進入該路段之機動車輛便不會與自行車在此路段上發生交會。

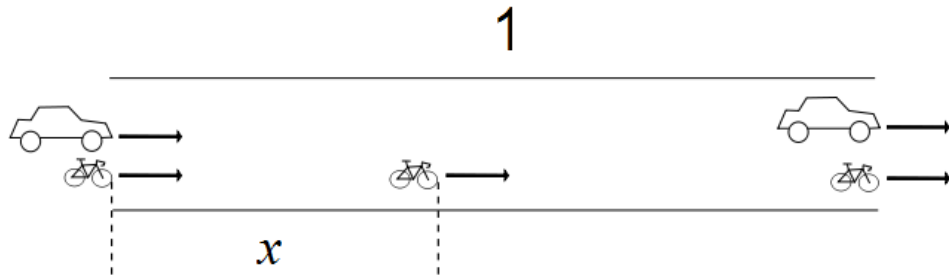


圖 3.1 機動車輛超越自行車交會示意圖

而 x 之距離可由以下公式求得：

$$\frac{1}{V_k} = \frac{1-x}{V_b}$$

$$x = (1 - \frac{V_b}{V_k})$$

因此當自行車行駛 $(1 - V_b / V_k)$ 距離內所到達路段的機動車輛數均會與自行車產生交會（超越自行車），其機動車輛數由自行車騎乘 x 距離所花費時間乘以機動車輛流率而得，因此自行車被機動車輛超越次數 E 為：

$$E_{pass-k} = Q_k [(1 - V_b / V_k) / V_b]$$

(二) 自行車超越行人之曝光量：

自行車行駛於單位長度 1 的道路上，行人與自行車行駛方向相同時，如圖所示。同理，當自行車進入該路段時，與自行車相距 x 距離之行人，將會與自行車在路段終點產生交會，換言之，當自行車進入該路段時，與自行車距離超過 x 之行人便不會在此路段上與自行車發生交會。

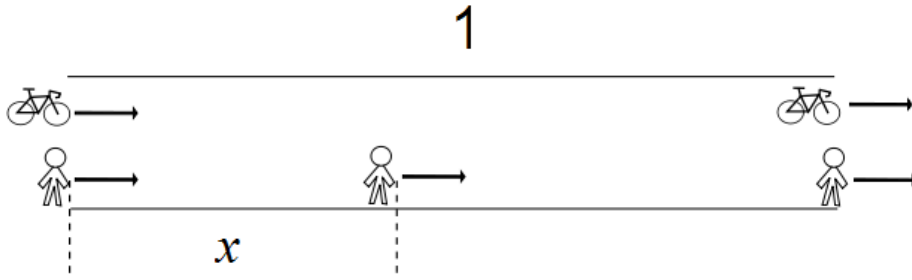


圖 3.2 自行車超越行人交會示意圖

x 之距離由以下公式求得：

$$\frac{1}{V_b} = \frac{1-x}{V_p}$$

$$x = (1 - \frac{V_p}{V_b})$$

而在 x 距離內的行人均會被自行車超越（產生交會），換言之， x 距離內的行人數量即為自行車超越行人之曝光量 E ：

$$E_{pass-p} = Q_p \left[(1 - V_p / V_b) / V_p \right]$$

3.1.2 會車曝光量指標建立

自行車行駛於單位長度 1 的人行道上，行駛方向與行人方向相反時，如圖所示。

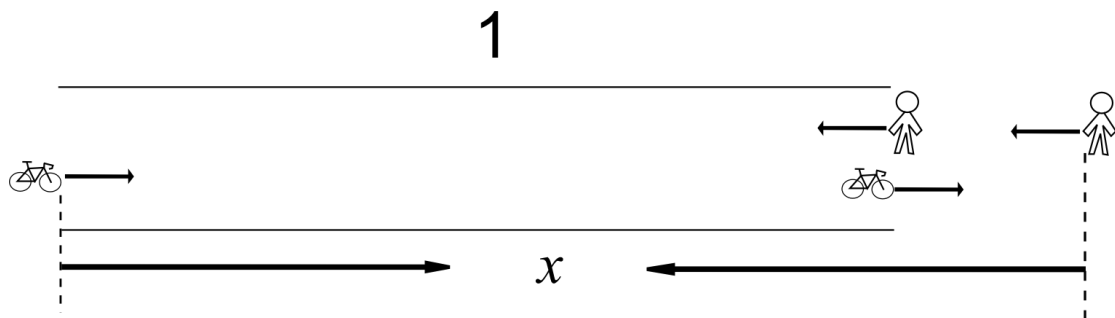


圖 3.3 自行車與對向行人交會示意圖

藉由與先前相同的方法可得知，自行車與行人相距於 $(1 + V_p / V_b)$ 之內，自行車與行人便會在此路段產生交會行為，換言之，距離 $(1 + V_p / V_b)$ 內所有行人均會

與自行車產生交會，因此自行車會車曝光量指標 E 為：

$$E_{meet} = Q_p' \left[(1 + V_p / V_b) / V_p \right]$$

3.1.3 路邊停車交會曝光量建立

當騎乘自行車經過路邊停車區域時，由於自行車騎乘於道路上時，大多騎乘於外側車道，若機動車輛駛入停車格或停放於停車格之車輛駛出停車格時，均會與自行車產生交會造成干擾。模式基本假設情境如圖所示，假設 l 為路邊停車格長度加上車輛駛入及駛出停車格時所需行駛長度，自行車騎乘速率為 V_b ，路邊停車周轉率（單位時間內駛入及駛出該停車格的數量）為 q_k 。

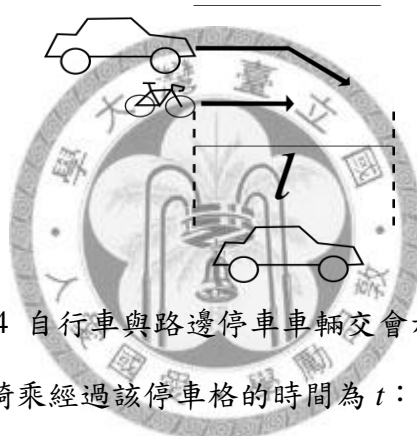


圖 3.4 自行車與路邊停車車輛交會示意圖

因此可得知自行車騎乘經過該停車格的時間為 t ：

$$t = \frac{l}{V_b}$$

在自行車騎乘經過該停車格時間 t 內，可能發生交會的次數 E 則為：

$$E_{park} = \frac{l}{V_b} q_k$$

若觀測路段上有 n 個停車格數，在該路段上可能發生交會次數 E 便為：

$$E_{park}'' = n q_k l / V_b$$

由於先前超車及會車曝光量均為單位長度下之交會次數，因此在此將路邊停車交會曝光量指標也修正為相同單位，同時將 $n q_k$ 合併為 q_k' ，代表該路段 k 車種總路邊停車周轉率：

$$E_{park}' = q_k' / V_b$$

3.1.4 寬度修正因子

先前所述之曝光量指標均以交會次數用來預測衝突次數，但衝突的次數應隨著車道或人行道的寬度增加而隨之減少，上述之曝光量指標並無法表現此一現象。因此應加入一修正因子，來表達車道或人行道寬度對於曝光量指標之影響。另由於研究假設自行車行駛於車道時，將騎乘於外側車道最外側，因此寬度並不影響路邊停車對於自行車交會衝突之影響，故寬度修正因子僅對於超車曝光量指標及會車曝光量指標進行修正。

若要建立寬度修正因子，應先了解，道路上之各種運具使用空間寬度，在公路路線設計規範中，對於各種公路設計車種尺寸有所定義如下表，另外自行車以及行人寬度則參考各國自行車道設計手冊、自行車相關研究以及行人相關研究進行統整決定。

表 3.1 各運具尺寸整理表

	尺寸		
	全長	全寬	全高
小客車	5.5	2.1	2.0
貨車	9.0	2.5	4.1
大客車	12.2	2.5	4.1
自行車	1.6	0.6	-
行人	0.23	0.45	-

資料來源：【4】【7】【47】

以上尺寸為運具實體尺寸，但運具實際行駛於道路上時，由於速度的不同，為了保持安全淨距，因此產生動態車長及動態車寬的概念，對於各運具的動態車寬大小，則如下表所示。由於自行車與行人速率較低，經先前研究調查【3】，自行車市區騎乘速率約為 12~16km/hr，行人行走速率則約為 4~6km/hr，且尚缺乏對於自行車動態車寬之研究，因此其動態寬度依照各國自行車道設計手冊中，自

行車騎乘所需空間為 1 公尺代表。

表 3.2 各運具動態寬度整理表

	車種	速率 (km/hr)					
		0	10	20	30	40	50
動態 車寬	機車	1	1.03	1.06	1.09	1.11	1.14
	小汽車	2	2.06	2.11	2.17	2.23	2.29
	自行車	0.6	1	-	-	-	-
	行人	0.6	-	-	-	-	-

資料來源：【17】【18】【27】【47】

了解各運具動態寬度後，在此建立一自行車共行基本寬度 w' 之概念，如下圖所示。



圖 3.5 自行車共行基本寬度示意圖

台灣外側車道大多為混合車道，大部分為小型車以及機車行駛，依路段特性偶有大型車行駛，因此建構共行基本寬度 w' 乃藉由自行車、機車以及小汽車三者動態車寬相加所得，舉例來說，若小汽車及機車行駛速率為 30km/hr，自行車共行基本寬度 w' 則為 $1+1.09+2.17=4.26\text{m}$ 。此為一基礎安全寬度，當道路寬度越大，曝光量指標應越小，因此寬度修正因子為道路寬度 w 除自行車共行基本寬度 w' ，即為 w'/w ，加入寬度修正因子後，曝光量指標將修改如下：

$$E' = E \times \frac{w'}{w}$$

由此可看出，若車道或人行道寬度越寬時 (w 越大)，寬度修正因子 w'/w 越小，因此曝光量指標 E' 也隨之減少。

3.1.5 曝光量指標建立

依據自行車行駛位置的不同，在人行道上騎乘將會與行人交會，在外側車道上騎乘則會遭遇機動車輛，因此分別建立人行道及外側車道曝光量指標， E_s 及 E_l 。此外，機動車輛又可分為大型車、小型車及機車，因此外側車道曝光量指標為三種車種曝光量相加，所以曝光量指標分別如下表示。

人行道：

$$\begin{aligned}
 E'_s &= E_s \times \frac{w'_p}{w} \\
 &= [E_{pass-p} + E_{meet}] \times \frac{w'_p}{w} \\
 &= \left\{ Q_p \left[(1 - V_p / V_b) / V_p \right] + Q'_p \left[(1 + V_p / V_b) / V_p \right] \right\} \times \frac{w'_p}{w} \\
 &= \left\{ Q_p \left[\frac{V_b - V_p}{V_b V_p} \right] + Q'_p \left[\frac{V_b + V_p}{V_b V_p} \right] \right\} \times \frac{w'_p}{w}
 \end{aligned}$$

其中，

E'_s 為人行道曝光量指標 (ped/m)

Q_p 為與自行車行駛方向同向之行人流率 (ped/sec)

Q'_p 為與自行車行駛方向反向之行人流率 (ped/sec)

V_p 為行人行走速率 (m/sec)

V_b 為自行車騎乘速率 (m/sec)

w'_p 為自行車與行人共行基本寬度 (m)

w 為人行道有效寬度 (m)

外側車道：

$$\begin{aligned}
 E'_l &= \sum \left[E_{pass-k} \times \frac{w'_k}{w} + E'_{park} \right] \\
 &= \sum \left\{ Q_k \left[(1 - V_b / V_k) / V_b \right] \times \frac{w'_k}{w} + q'_k / V_b \right\} \\
 &= \sum \left[Q_k \left(\frac{V_k - V_b}{V_k V_b} \right) \times \frac{w'_k}{w} + \frac{q'_k}{V_b} \right]
 \end{aligned}$$

其中，

E'_l 為外側車道曝光量指標 (veh/m)

Q_k 為 k 種車輛之流率 (veh/sec)

q'_k 為 k 種車輛路邊停車周轉率(veh/sec)

V_b 為自行車速率 (m/sec)

V_k 為 k 種車輛行駛速率 (m/sec)

w' 為自行車與機動車輛共行基本寬度 (m)

w 為外側車道有效寬度 (m)

3.2 嚴重度指標建立

交通事故的嚴重性，決定於發生碰撞時能量的傳遞。在事故發生時，行駛中的車輛在碰撞的瞬間，車輛將本身的動能傳遞給自行車騎士，因而造成自行車騎士受到傷害。因此自行車騎士在交通事故中傷害的嚴重性，取決於車輛本身的質量以及車輛碰撞時行駛速率。由基礎物理定律可知，物體移動時的動能為物體質量與移動速率平方乘積的一半，也就是 $\frac{1}{2}mv^2$ ，本研究便藉此建立嚴重度指標，用以衡量自行車騎乘於道路上，發生事故的嚴重程度。雖由於碰撞型態的不同，車輛動能可能並非完全傳遞給自行車騎士，可能因此高估事故嚴重度，但在此以保守估計方式，可提升自行車騎乘環境的安全性。

發生人車交通事故的模式如圖所示。假設自行車騎乘於外側車道上，車輛最初皆以 v 的速率行駛；當車輛駕駛人發現可能與自行車發生碰撞時，距離自行車之距離即為該車與自行車之車間距 T 。車輛間距分佈大多可使用指數分配、erlang 分配、伽瑪分配及對數常態分布等機率分佈函數描述【32】【48】，先前的研究顯示【9】【32】街巷道內的車輛間距分佈可以用指數分配來描述，而市區道路則可使用伽瑪分配來描述，在後續的章節，本研究引用先前國內研究的資料來

了解，國內車輛間距分佈之情形。雖然後續引用之國內資料為機動車輛之間的車間距，而非機動車輛與自行車所保持的車間距資料，但由於尚缺乏此部份資料，且目前國內自行車仍較少騎乘於車道上，因此假設機動車輛駕駛一般仍與自行車維持與機動車輛的車間距。

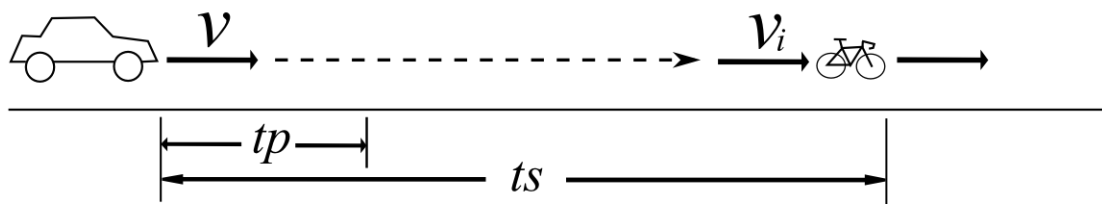


圖 3.6 碰撞事故示意圖

當可能發生碰撞之境況發生時，由於在市區內自行車騎乘速率較慢，通常可即時煞停，在此假設前方之自行車已緊急煞停，或減速後之速率遠小於機動車輛行駛速率，即自行車騎乘速率 $v_b=0$ 。

基於上述假設，當車間距為 T ，便代表機動車輛自初始點減速前進至自行車之位置的時間也為 T 。圖中， t_p 為車輛駕駛當了解可能發生碰撞至踩下煞車板車輛開始剎停之反應時間， t_s 為車輛減速至停止所需要的時間。當車間距 T 小於 t_p 時，車輛將以原速率 v 撞擊自行車；當車間距 T 大於 t_s ，車輛會在撞擊自行車前完全停止，因此不會產生碰撞。若 T 介於 t_p 及 t_s 之間，撞擊自行車時之速率則為 $v_i = v - (T - t_p)a$ ，其中車輛緊急煞車時的減速率為 a ，如附表整理。

表 3.3 碰撞速率 v_i 與車輛間距關係

車輛間距	碰撞速率	備註
$0 < T \leq t_p$	$v_i = v$	t_p : 反應時間 t_s : 安全間距
$t_p < T \leq t_s$	$v_i = a(t_s - T)$	
$t_s < T$	$v_i = 0$	

3.2.1 車間距分佈

由於國外研究雖已有對市區道路車間距分佈進行適合度檢定，但由於國內道路設計及混合車流的特性與國外有所不同，且國內尚缺乏此部分車流基礎研究，因此本研究僅引用許義宏於 2007 年在臺中的研究資料【21】來進行適合度檢定來了解國內車間距分佈近似於何種機率分佈，其研究中以分別以三種不同道路分隔類型之道路（如表 3.4）搜集機車以及汽車與前車的車間距資料。關於適合度檢定方法，本研究將利用 K-S 檢定 (Kolmogorov-Smirnov test) 進行適合度檢定，而 K-S 檢定的基本意涵為：

$$D(n) = \text{Max}|S(X) - F(X)|$$

其中， $S(X)$ 為樣本的累積機率， $F(X)$ 為欲檢定之機率分佈的累積機率，如果 $D(n)$ 大於 $D(1-\alpha, n)$ 時，則拒絕虛無假設，即代表樣本不符合該種機率分佈，如下式， n 為資料樣本數， $1-\alpha$ 為所選取之信心水準。

$$\text{if } D(n) > D(1-\alpha, n), \text{ Reject } H_0$$

藉由 K-S 檢定可發現伽瑪分佈 (Gamma Distribution) 可用來描述車間距分佈，而其機率密度函數為：

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}$$

經 K-S 檢定後之伽瑪分佈中 α 及 β 值及 K-S 檢定值如表 3.4 整理。

表 3.4 道路類型與車間距伽瑪分佈 α β 值之關係

機車				
道路類型	α 值	β 值	K-S 檢定值	
中港路 (中央分隔 快慢分隔)	1.5	0.6	0.004	接受 H_0
青海路 (中央實體分隔)	1.8	0.7	0.033	接受 H_0
河南路 (中央標線分隔)	1.7	1.2	0.041	接受 H_0
小客車				
道路類型	α 值	β 值	K-S 檢定值	
中港路 (中央分隔 快慢分隔)	1.9	1.6	0.069	接受 H_0
青海路 (中央實體分隔)	2.2	1.5	0.064	接受 H_0
河南路 (中央標線分隔)	2.2	1.8	0.051	接受 H_0

由上表之結果，可求得各種不同道路分隔類型狀況下車輛間距分佈之情形，利用伽瑪分配之機率密度函數可得知道路上各種車間距大小之機率，同理，便得知車輛與自行車發生碰撞時，車輛速率之機率，依此即可建立嚴重度指標。

3.2.2 嚴重度指標建立

了解車輛間距分佈情形後，利用表 3.4 之資料依照道路設計型態選取適當之 α 及 β 值，便可建立嚴重度指標，因此事故嚴重性可藉由下式表示：

$$\begin{aligned}
 S &= E\left(\frac{1}{2}mv_i^2\right) \\
 &= \frac{1}{2}m\left\{\int_0^{t_p} f(t)v_i^2 dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t)v_i^2 dt + \int_{t_s}^{\infty} f(t)v_i^2 dt\right\} \\
 &= \frac{1}{2}m\left\{\int_0^{t_p} f(t)v^2 dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t)(a(t_s-t))^2 dt + \int_{t_s}^{\infty} f(t)0^2 dt\right\}
 \end{aligned}$$

由於各種車種質量及行駛速率不同，因此發生事故時造成的嚴重度也有所不同，因此需對於大型車、小型車及機車分別建立其個別碰撞嚴重度指標，則大型車、小型車及機車之嚴重度指標 S_h 、 S_c 及 S_m 分別為：

$$\begin{aligned}
S_h &= \frac{1}{2} m_h \left\{ \int_0^{t_p} f(t) v_h^2 dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t) (a_h (t_s - t))^2 dt \right\} \\
S_c &= \frac{1}{2} m_c \left\{ \int_0^{t_p} f(t) v_c^2 dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t) (a_c (t_s - t))^2 dt \right\} \\
S_m &= \frac{1}{2} m_m \left\{ \int_0^{t_p} f(t) v_m^2 dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t) (a_m (t_s - t))^2 dt \right\}
\end{aligned}$$

將以上三式統一，則可以由下式表達：

$$S_k = \frac{1}{2} m_k \left\{ \int_0^{t_p} f(t) v_k^2 dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t) (a_k (t_s - t))^2 dt \right\}$$

上式進一步推導可為：

$$\begin{aligned}
S_k &= \frac{1}{2} m_k \left\{ \int_0^{t_p} f(t; \alpha, \beta) v_k^2 dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha, \beta) (a_k (t_s - t))^2 dt \right\} \\
&= \frac{1}{2} m_k v_k^2 [F(t_p) - F(0)] + \frac{1}{2} m_k a_k^2 \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha, \beta) (t_s^2 - 2t_s t + t^2) dt \\
&= \frac{1}{2} m_k v_k^2 [F(t_p) - F(0)] \\
&\quad + \frac{1}{2} m_k a_k^2 \left\{ \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha, \beta) t_s^2 dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha, \beta) (-2t_s t) dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha, \beta) t^2 dt \right\} \\
&= \frac{1}{2} m_k v_k^2 [F(t_p) - F(0)] \\
&\quad + \frac{1}{2} m_k a_k^2 \left\{ t_s^2 \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha, \beta) dt - 2t_s \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha, \beta) t dt + \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha, \beta) t^2 dt \right\} \\
&= \frac{1}{2} m_k v_k^2 [F(t_p) - F(0)] \\
&\quad + \frac{1}{2} m_k a_k^2 \left\{ t_s^2 \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha, \beta) dt - 2\alpha\beta t_s \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha + 1, \beta) dt + (\alpha\beta)^2 \int_{t_p}^{t_s} f(t; \alpha + 2, \beta) dt \right\} \\
&= \frac{1}{2} m_k v_k^2 [F(t_p) - F(0)] \\
&\quad + \frac{1}{2} m_k a_k^2 \left\{ t_s^2 [F(t_s) - F(t_p)] - 2\alpha\beta t_s [F'(t_s) - F'(t_p)] + (\alpha\beta)^2 [F''(t_s) - F''(t_p)] \right\}
\end{aligned}$$

其中，

S_k 為 k 車種的碰撞嚴重度指標，k=h 為大型車，c 為小型車，m 為機車。

(Ton-m²/sec²)

m_k 為 k 車種之質量 (Ton)。

v_k 為 k 車種之行駛速率 (m/sec)。

a_k 為 k 車種之減速度 (m²/sec)。

t 為車輛間距(sec)

t_s 為車輛減速至完全停止所需時間 (sec)。其可由以下公式而得：

$$t_s = v_k / a_k$$

t_p 為車輛駕駛人反應時間 (sec)。

$f(t; \alpha, \beta)$ 為車輛間距分佈之機率密度函數

$F(t)$ 為車輛間距分佈之累積機率函數

$F'(t)$ 為車輛間距分佈之累積機率函數，其 α 值為 $\alpha+1$

$F''(t)$ 為車輛間距分佈之累積機率函數，其 α 值為 $\alpha+2$

3.2.3 人行道上碰撞嚴重度指標探討

以上建立之嚴重度指標其概念乃假設自行車騎乘於車道上，對於人行道上之情形並無法描述。相較於機動車輛，行人行走速率與自行車行駛速率均較低，自行車與行人較易在查覺可能發生碰撞後瞬間停止或變換方向閃避，因此較少有碰撞產生，除此之外，目前尚缺乏對於行人間距之研究。因此本研究在此並不將行人碰撞嚴重度指標納入考量，自行車與行人共行風險指標將僅以曝光量指標（自行車與行人交會次數）表示。

3.3 自行車共行衝突風險指標建立

建構曝光量指標及嚴重度指標後，二者之乘積便為自行車共行風險指標。依照自行車騎乘位置的位置不同，可分為人行道上自行車風險指標 R_s 及車道上自行車風險指標 R_l ， R_s 及 R_l 分別如下：

人行道：

$$R_s = E'_s = \left\{ Q'_p \left[\frac{V_b - V_p}{V_b V_p} \right] + Q'_p \left[\frac{V_b + V_p}{V_b V_p} \right] \right\} \times \frac{w'_p}{w}$$

外側車道：

$$R_l = \sum E'_{pass-k} \times S + \sum E'_{park} \times S' = \sum Q_k \left(\frac{V_k - V_b}{V_k V_b} \right) \times \frac{w'_k}{w} \times S_k + \sum \frac{q'_k}{V_b} \times S'_k$$

透過此自行車共行衝突風險指標的建立，可藉由人行道及外側車道寬度、行人速率、車輛速率、機動車輛路邊停車周轉率、行人流率及機動車輛流率等資料，評估自行車騎乘於外側車道或人行道上的安全程度。

上述所建立的風險指標概念為單一自行車騎士騎乘於人行道或外側車道上預期將遭遇的衝突風險。然而，若自行車流量高時，代表該路段上預期所發生的自行車風險總數也應較高。在決策是否興建自行車道時，除了著重於該路段上單一騎士騎乘時可能遭遇的風險外，但即使該路段風險較高，卻缺乏自行車騎乘，則該路段的興建自行車道的可能性應較低，因此自行車流量也應納入考量風險中。在此將上述兩式再與自行車流量 Q_b 相乘可求得自行車共行衝突總風險。

人行道：

$$R_s = E'_s = \left\{ Q'_p \left[\frac{V_b - V_p}{V_b V_p} \right] + Q'_p \left[\frac{V_b + V_p}{V_b V_p} \right] \right\} \times \frac{w'_p}{w} \times Q_b$$

外側車道：

$$R_l = \sum E'_{pass-k} \times S + \sum E'_{park} \times S' = \left[\sum Q_k \left(\frac{V_k - V_b}{V_k V_b} \right) \times \frac{w'_k}{w} \times S_k + \sum \frac{q'_k}{V_b} \times S'_k \right] \times Q_b$$


在第四章建立風險值等級劃分時，由於目前台北市大多道路上騎乘自行車的比例較低，較難以利用影片使填答民眾感受到自行車流量多寡對於風險值的影響，因此第四章風險等級的劃分乃採用單一自行車騎士所遭遇之衝突風險的概念進行等級劃分。而總衝突風險值的部分，則將在決策支援系統分析結果產生時與自行車流量一併顯示以提供規劃者參考。



第四章 自行車共行衝突風險指標分級門檻建立

藉由前一章所建立的自行車共行衝突風險指標，雖可了解風險指標值的大小代表了自行車與機動車輛或行人共用空間下的安全程度，但無法得知其風險指標數值大小與自行車騎士對於騎乘安全程度實際感受的關係，因此本章將進行自行車共行衝突風險指標分級的工作，藉此了解風險指標與自行車騎士實際感受的對應關係，並依照此分級門檻，做為自行車共用道的設置門檻。本研究將利用問卷進行自行車騎士主觀感受調查，利用模糊理論，決定風險指標各級門檻值，用來建立一套易於評估應用及了解的評估模式。

4.1 模糊理論簡介



現實生活中，問題的答案可分為兩類，確定性 (Deterministic) 與非確定性 (Non-Deterministic)，確定性的答案便是諸如是或否此類二元回答，而非確定性的回答存在於我們日常生活中，例如：「有點冷」、「還可以接受」等此類模糊帶有灰色地帶的回答。而模糊理論 (Fuzzy Theory) 便是一種研究和處理此類模糊現象的科學理論，模糊理論(Fuzzy Theory)源自於美國 UCLA 的 L.A. Zadeh 教授在 1965 年所提出的「模糊集合」，經過多年的發展，模糊理論也越趨成熟，已廣泛地應用到許多領域之中，主要有五個分支研究領域：模糊數學、模糊系統、模糊決策、不確定性與資訊及模糊專家系統與人工智慧。而人類對於安全程度的感覺也存在了不確定性，因此風險指標等級的劃分，同樣也具有如此過渡的不確定性，有鑑於此，可利用模糊隸屬函數的理論與方法，作為安全性分級的工具，以下分別對模糊集合理論、隸屬函數介紹、隸屬函數建立方式以及 α 截集四部分進行介紹。

4.1.1 模糊集合

先前已提及確定性與非確定性兩種特性，具有確定性特性的明確集，其特徵為非「0」即「1」，「0」表示不屬於此集合，「1」則表是屬於此集合。

$$X_A = \begin{cases} 1, & X \in A \\ 0, & X \notin A \end{cases}$$

模糊集合 (Fuzzy Set) 則是以傳統集合 $\{0,1\}$ (如上述僅有 0 與 1 的集合) 改為區間 $[0,1]$ ，利用隸屬函數 $\mu_A(x)$ 來表示元素 x 對於模糊集合 A 的隸屬程度， $\mu_A(x)$ 值越接近 1，則代表 x 對於 A 集合隸屬度越高， x 越屬於 A 集合；反之， $\mu_A(x)$ 值越接近 0，代表 x 對於 A 集合隸屬度越低， x 越不具有 A 集合之特性。模糊集合可分為離散及連續兩種：

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in U\}$$

當定義域 U 為連續型， $A = \int \frac{\mu_A(x)}{x} dx$

當定義域 U 為間斷型， $A = \sum \frac{\mu_A(x)}{x}$

其中 $\frac{\mu_A(x)}{x}$ 並非代表分數，而是代表在定義域 U 中的 x 與隸屬度 $\mu_A(x)$ 的對應關係。同樣的，無論是連續型或間斷型式中的積分及累加符號並非代表總合，而是 x 與 $\mu_A(x)$ 對應關係的總計。

4.1.2 模糊隸屬函數

由於模糊集合 (Fuzzy Set) 是利用隸屬函數表示，模糊集合的特性形狀有許多種，一般以梯形模糊集合 (Trapezoidal Fuzzy Set) 或三角形模糊集合 (Triangle Fuzzy Set) 最常見。模糊隸屬函數 (Fuzzy Membership Function) 是模糊理論應用於解決實際問題的骨幹，必須找出能夠切合實際的隸屬函數型式，才能應用模糊理論的方法作具體的定量分析。本研究將採用三角模糊集合，下圖為三角模糊

集的圖形，以下針對三角模糊集合進行說明。

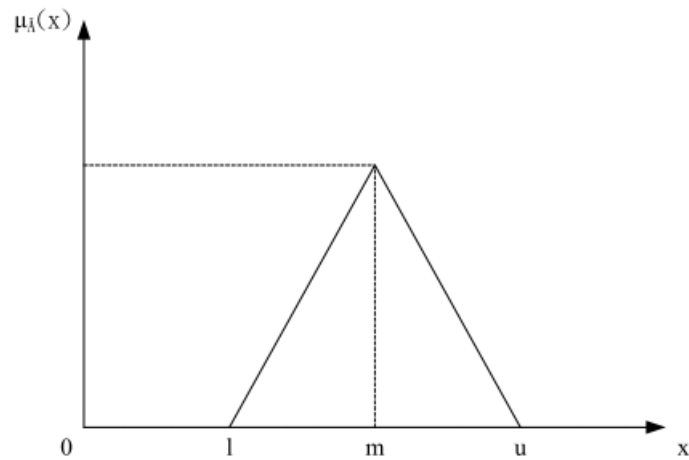


圖 4.1 三角模糊集合圖【22】

三角模糊集合圖形的隸屬函數可以利用下式表達：

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , x < 1 \\ \frac{x-1}{m-1} & , 1 \leq x < m \\ \frac{x-u}{m-u} & , m \leq x < u \\ 0 & , x > u \end{cases}$$

4.1.3 模糊隸屬函數的建立方式

一般模糊隸屬函數建立的方法可分為三種類型，分別為經驗判斷型、推理型與統計試驗型，而不同類型的構建方法，分別如下所述：

- 1.經驗判斷型：如下式，此技巧必須要求制定隸屬函數的人的技術合乎常理，隸屬函數才能正確表達實際情形。

$$\mu_A(x) = \begin{cases} b & , 0 \leq x \leq a_1 \\ \frac{(x-a_1)}{(a_1-a_2)} & , a_1 < x < a_2 \\ 1 & , a_2 \leq x \end{cases}$$

- 2.推理型：利用機率分配的結果來推論隸屬度的函數，如下式。

$$\mu_A(x) = \text{Exp} \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(x-\bar{x})}{\sigma} \right]^2 \right\}, x, \sigma \text{ 已知}$$

3.統計試驗型：綜合不同觀點、不同屬性的人的評判，利用模糊統計試驗進一步得到隸屬函數。

經由上述對模糊隸屬函數構建方法的分析，可發現經驗判斷型和推理型的構建方式有通用性和方便性的優點存在，但由於方法較為主觀，可能產生偏誤，反而無法達到模糊理論的特質。有鑑於此，本研究將採用統計試驗型方法，利用自行車騎士問卷調查的方式，依據問卷結果，整理繪製成統計次數圖，再依照下列的步驟，可將統計次數圖轉換為模糊隸屬函數。

1.眾數法則：找出每個等級在統計次數圖中之眾數，其代表在該等級中，有最多的人認為其眾數之點屬於該等級，因此將該點之隸屬度定為 1。

2.模糊統計分析：找在該等級下眾數以外的其餘各點，並計算各點與眾數之間次數的比例，其代表其餘各點分別與眾數之間的類似程度，並將全部的點連接，便可繪出該等級初步的隸屬函數圖形。

3.曲線配合：原始的隸屬函數圖形的型狀雖然可能較不規則，但或許有明顯的趨勢。為了後續運算使用方便，因此可以利用曲線配適找出最符合原來圖形趨勢的曲線。而曲線配適 (Curve Fitting) 的方法，乃是利用曲線配適後的 R^2 值來找出最適合描述原圖形的曲線及其方程式。原始的隸屬函數圖並非每個均可藉由單一曲線便可進行配適，依情況可能必須將資料分成多個不同區段 (遞增、遞減)，分別進行曲線配適作，用以提高對原始圖形的解釋力。如果原始隸屬函數圖存在不合理的變動趨勢時，必

須經由判斷作適當的修正。

4.1.4 α 截集

α 截集 (α -cut) 的作用在於將模糊集合限定在特定範圍用來決定一明確的集合，可作為本研究等級劃分的依據。 α 截集的概念如下圖，當經由隸屬函數求出之隸屬度超過設定之 α 截集，則可判定該元素屬於此集合。換言之，當 $\mu_A(x) \geq \alpha$ ，便可認定 x 屬於 A 集合。而當 α 值越大時，代表門檻值越高，該集合上下限範圍越小，其區間的 x 值個數越少，表示其決策的情況是較明確的。但另一方面， α 值越高也會使得各等級之間上下限無法銜接。反之則 x 值個數越多，情況越難掌握。若當 α 值=1 時，其集合稱為該集合的核心，若模糊集合為三角模糊集合，則核心 x 值為一點，亦即只有一個數值。

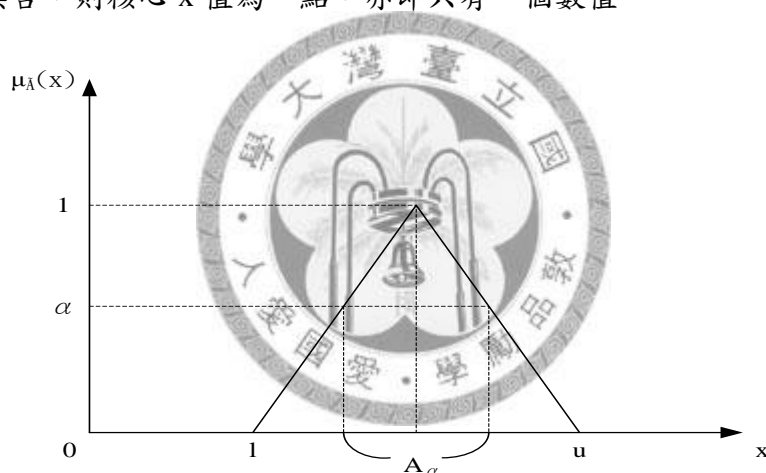


圖 4.2 α 截擊說明圖【22】

4.2 自行車共行風險指標分級

本節將藉由自行車騎士主觀感受問卷之訪查工作，配合先前介紹的模糊理論，可建立共行衝突風險值對應各安全等級的隸屬函數，進行自行車共行風險指標分級工作。工作內容包含調查拍攝影片、影片資料處理、問卷設計、進行問卷發放訪談等。詳細工作流程如下圖所示。

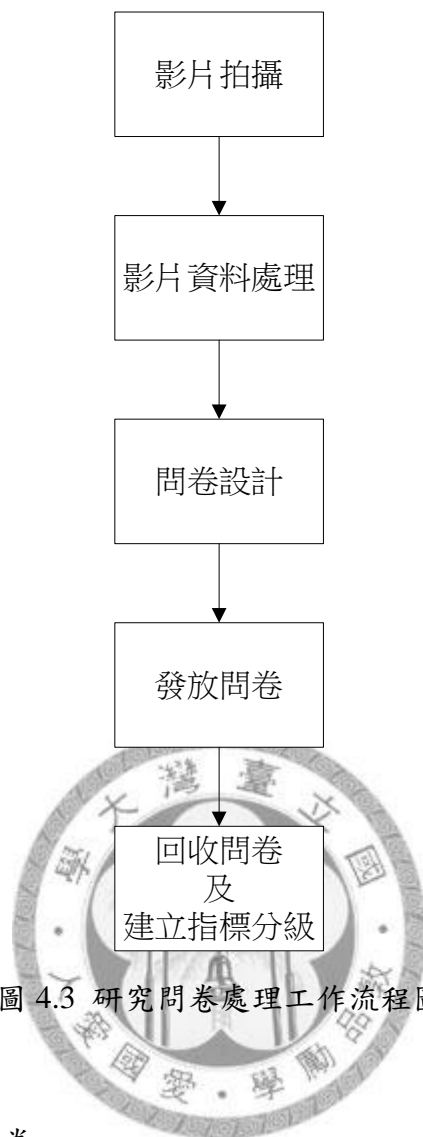


圖 4.3 研究問卷處理工作流程圖

4.2.1 自行車騎士感受問卷

此部分將介紹問卷設計、調查地點基本資料以及填答人基本資料。

(一) 問卷設計

本研究期望對於自行車騎士騎乘於人行道或車道上的感受進行調查，過去研究對於類似的調查方法，可分為即時問卷法以及事後問卷法兩種。即時問卷調查法對於受訪者能有較佳的臨場感以及記憶較為鮮明，實際施行方法包含舉行實驗騎乘活動【40】【43】或安排研究人員在路上隨機進行訪問【30】，但此方法卻容易因為受測者當時的感受及情緒影響可能無法表現一般狀況造成失真。而事後問卷調查法則是先拍攝影片，再讓受測者觀看影片對影片中之情形進行評分。過去Sorton、李明聰、趙晉璋及陳泓宇等人【9】【22】【27】【40】【45】均曾採用此

方法進行調查，此種方式對於受測者相較於前者雖然臨場感較差，但受測者的填答較為客觀。因此本研究將採事後問卷調查法進行問卷設計

由於本研究採用事後問卷調查法對自行車騎士騎乘於人行道或車道上的感受進行調查，本研究將拍攝數個人行道與外側車道影片，將各影片中道路寬度、流率及速率資料藉由第三章所述之方法計算可求得各影片道路交通狀況下之自行車共行衝突風險值，將各影片風險值與填答者填答結果結合求得隸屬函數。

受訪者填答問卷時將先觀看一段人行道或外側車道的影片，針對騎乘在影片中之人行道或外側車道上感受的安全程度進行填答，安全感受程度分為五種等級，分別為：非常安全（A級）、安全（B級）、普通（C級）、不安全（D級）、很不安全（E級）等五級。

問卷分為三部分，第一部分要求填答者觀看數個人行道影片並填答所感受的安全程度（非常安全、安全、普通、不安全或很不安全），第二部分為觀看外側車道影片並填答所感受到的安全程度，第三部分則為填答者的基本資料，包含：性別、年齡、職業及使用自行車頻率等。問卷詳細內容如附錄一。

（二）調查拍攝方式

人行道影片錄影拍攝的方式，如圖 4.4，外側車道拍攝方式則如同圖 4.5 所示。為了使影片盡量與自行車騎士騎乘視角相同，錄影機視當地情況架設於人行道或外側車道路緣上，高度約與行人眼睛同高。在拍攝範圍內，觀測車輛流率或行人流率、路邊停車次數。

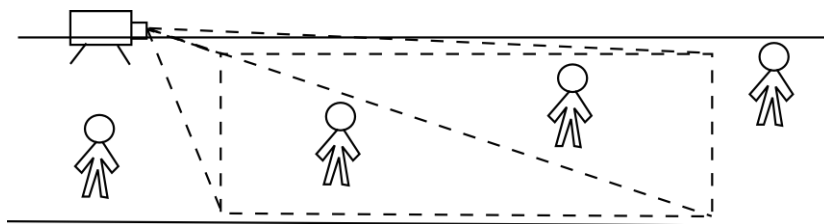


圖 4.4 人行道錄影拍攝方式示意圖

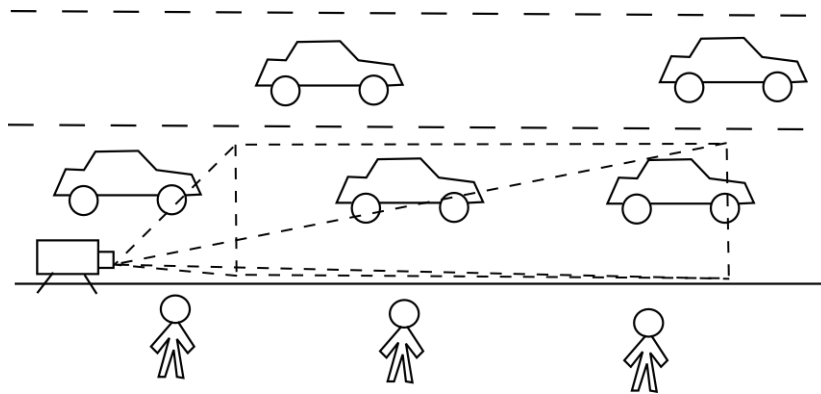


圖 4.5 外側車道錄影拍攝方式示意圖

(三) 調查拍攝路段資料

本研究於民國 100 年 5 月至 6 月間，進行影片的拍攝與觀測。各拍攝地點、道路淨寬及拍攝時間如表 4.1 及表 4.2 所示。

表 4.1 本研究人行道調查時間地點彙整

道路名稱	拍攝日期	拍攝時間	人行道寬度
復興南路二段 355 號	100.5.31	PM12:10	1.4m
復興南路二段 333 號	100.5.31	PM12:25	1.4m
復興南路二段 185 號	100.5.31	PM12:45	2.4m
羅斯福路四段 56 號	100.5.31	PM17:25	2m
羅斯福路四段 1 號	100.5.31	PM17:55	4m
和平東路二段 337 號	100.6.1	PM12:25	1.4m
和平東路二段 287 號	100.6.1	PM12:40	1.3m
延吉街 135-3 號	100.6.3	PM12:10	1m
忠孝東路四段 285 號	100.6.3	PM12:40	3.1m
師大路 101 號	100.6.7	PM19:00	1.2m

表 4.2 本研究外側車道調查時間地點彙整

道路名稱	拍攝日期	拍攝時間	外側車道寬度
延吉街 135-3 號	100.6.3	PM12:25	3.9m
復興南路二段 379 號	100.6.7	PM18:20	3.3m
師大路 111 號	100.6.7	PM18:45	5.7m
基隆路二段 56 號	100.6.9	AM8:40	4.1m
安和路二段 203 號	100.6.9	AM9:00	4.5m
和平東路二段 71 號	100.6.9	AM9:20	2.8m
基隆路二段 51 號	100.6.10	AM8:50	4.1m
和平東路二段 68 號	100.6.10	AM9:15	2.8m

(四) 問卷填答者基本資料

鑒於時間及人力物力限制，本研究對 60 位受訪者進行感受問卷調查，受訪者除了經常使用自行車的民眾外，由於自行車道的規劃並非僅提供給經常騎乘自行車之騎士使用，同時站在鼓勵使用自行車立場，因此也選取了少部分使用自行車頻率較低及不曾使用自行車的民眾進行問卷填答，將其觀點共同納入考量。在填答者作答問卷前跟說明問卷研究目的及本研究概念，以確定填答者不會誤解題目的意思。

本研究進行了 60 位自行車騎士作為訪問對象，每位受訪者針對 12 條人行道及 8 條外側車道分別作答，因此分別有 720 及 480 個樣本。

問卷填答者的基本資料分別如下：

表 4.3 受訪者男女性別人數

受訪者性別	男	女
受訪人數	33	27

表 4.4 受訪者年齡分佈

受訪者年齡	10-19	20-29	30-39	40-49	>50
受訪人數	3	50	5	1	1

表 4.5 受訪者職業分佈

受訪者職業	受訪人數
學生	33
軍公教警	2
商	6
工	6
農林漁牧	0
服務業	6
家管	1
退休	1
其他	5

表 4.6 受訪者使用自行車頻率分佈

使用自行車的頻率	受訪人數
一週使用 3 次以上	18
一週使用 1~3 次	13
一個月使用 1~3 次	15
兩個月使用 1 次	2
三個月使用 1 次	0
三個月以上使用 1 次	10
不曾使用	2

(五) 問卷結果與分析

騎士主觀感受問卷調查結果整理如表 4.7 及表 4.8 所示。

表 4.7 騎乘人行道主觀感受調查結果

風險值 R_s	A	B	C	D	E	總計
0.0663	0	16	18	18	8	60
0.1953	0	1	10	23	26	60
0.0949	1	7	24	17	11	60
0.0116	16	10	14	16	4	60
0.0703	2	19	19	11	9	60
0.1450	1	7	18	26	8	60
0.0948	0	7	23	15	15	60
0.0638	0	16	15	20	9	60
0.0113	20	12	14	10	4	60
0.1740	0	0	10	23	27	60
0.0391	0	17	18	18	7	60
0.0384	4	16	16	14	10	60
總計	44	128	199	211	138	720

表 4.8 騎乘外側車道主觀感受調查結果

風險值 R_l	A	B	C	D	E	總計
0.2852	0	2	16	26	16	60
0.1533	3	13	18	18	8	60
0.2118	0	1	17	22	20	60
0.3621	0	2	17	22	19	60
0.1279	10	11	16	18	5	60
0.2768	1	3	16	26	14	60
0.7125	0	1	8	21	30	60
0.2097	1	3	21	20	15	60
總計	15	36	129	173	127	480

由表中可發現，目前騎士對於臺北市人行道現況騎乘感受多屬不安全，其次為普通，第三則為很不安全，選擇很安全的選項之騎士則遠比其他選項少。而對於騎乘於外側車道上的感受與騎乘人行道差不多，大多感受到不安全，其次為普

通，第三為很不安全，但相較於騎乘人行道的感受，選擇安全及很安全的比率非常少。顯示目前臺北市的道路環境，無論是人行道或外側車道，大多使自行車騎士感到不安全，也代表臺北市道路現況對於自行車騎士為十分不友善。

另外依照自行車的使用頻率以及性別進行分群，對於不同群組填答的狀況分析如下所述。首先將對人行道的填答資料進行分析，圖 4.6 到圖 4.9 依自行車使用頻率將填答者分為四個群組，當中，由於「兩個月使用 1 次」、「三個月使用 1 次」以及「不曾使用」這三類型的填答人數較少，故與「三個月以上使用 1 次」合併為一群組為「兩個月以上使用 1 次」。

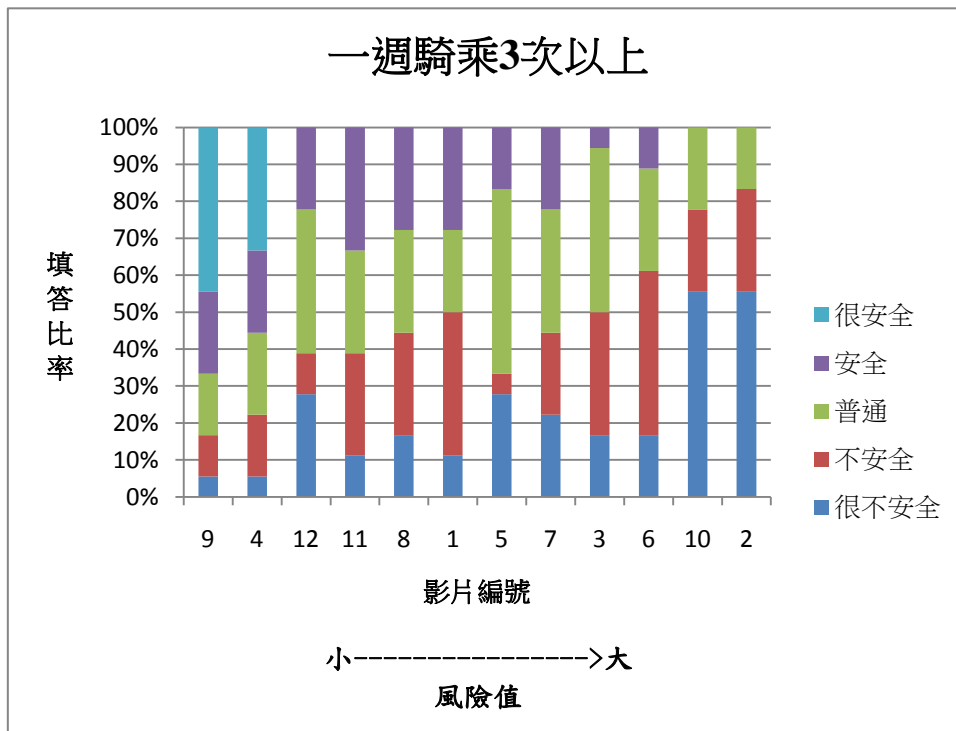


圖 4.6 一週騎乘 3 次以上之自行車族群問卷填答情形（人行道部分）

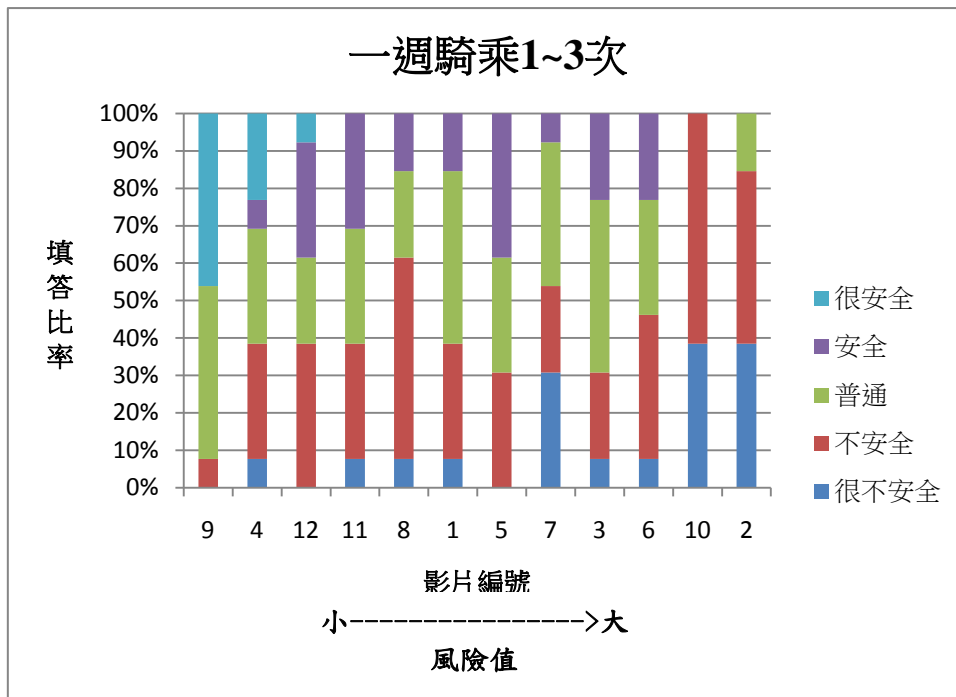


圖 4.7 一週騎乘 1~3 次之自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)

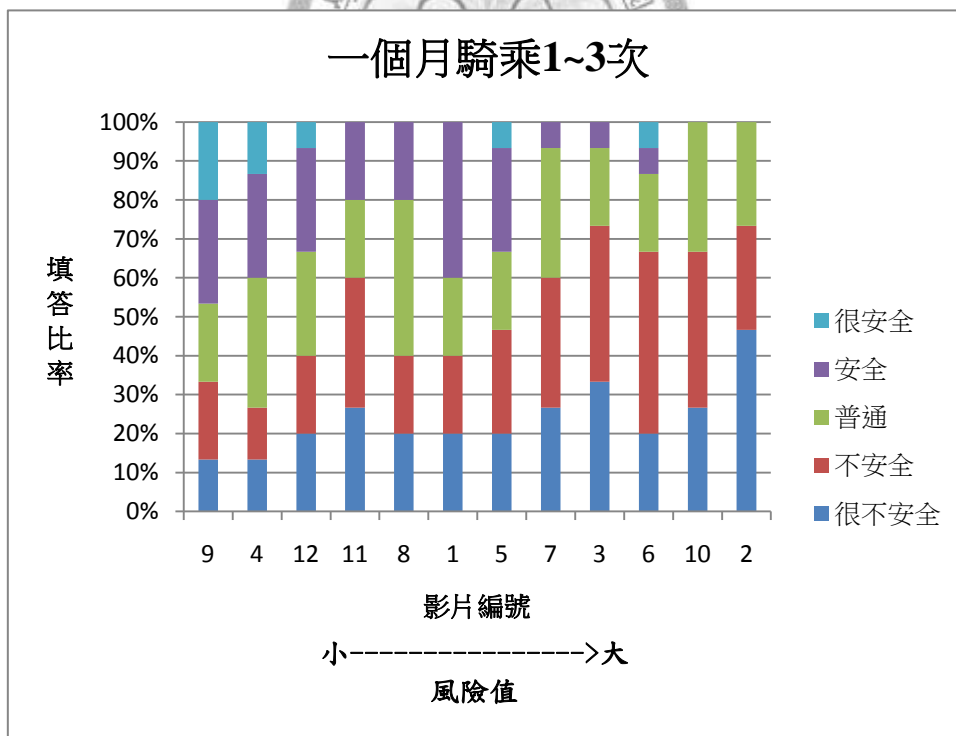


圖 4.8 一個月騎乘 1~3 次之自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)

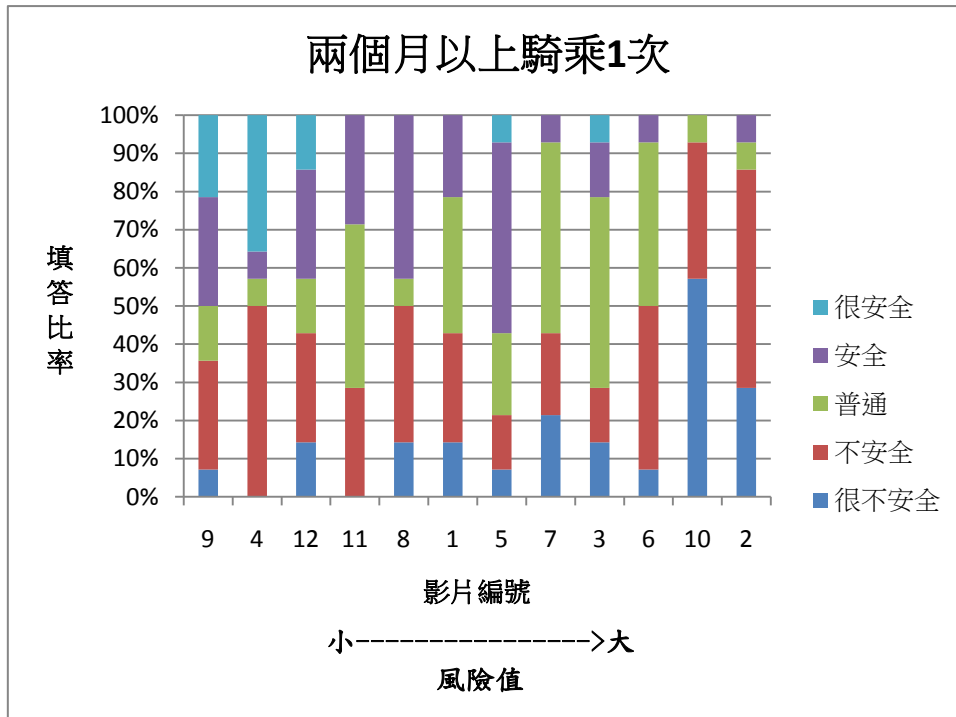


圖 4.9 兩個月以上騎乘 1 次之自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)

由以上四圖中，隨著影片中風險值的增加，騎士填答不安全及很不安全的比率大部分均隨之增加。而自行車使用頻率較低的騎士族群，填答安全及很安全的比率較高，而使用頻率較高的騎士族群對於各影片填答很不安全的比率較高，可見使用頻率較高的騎士對於騎乘自行車於人行道覺得較不安全。

圖 4.10 及圖 4.11 則是依照性別區分自行車騎士族群，從圖中可看出男性騎士對各影片填答安全及很安全的比率較女性高，而填答不安全及很不安全的比率則較女性低，由此可見男性騎士的容忍度較高。

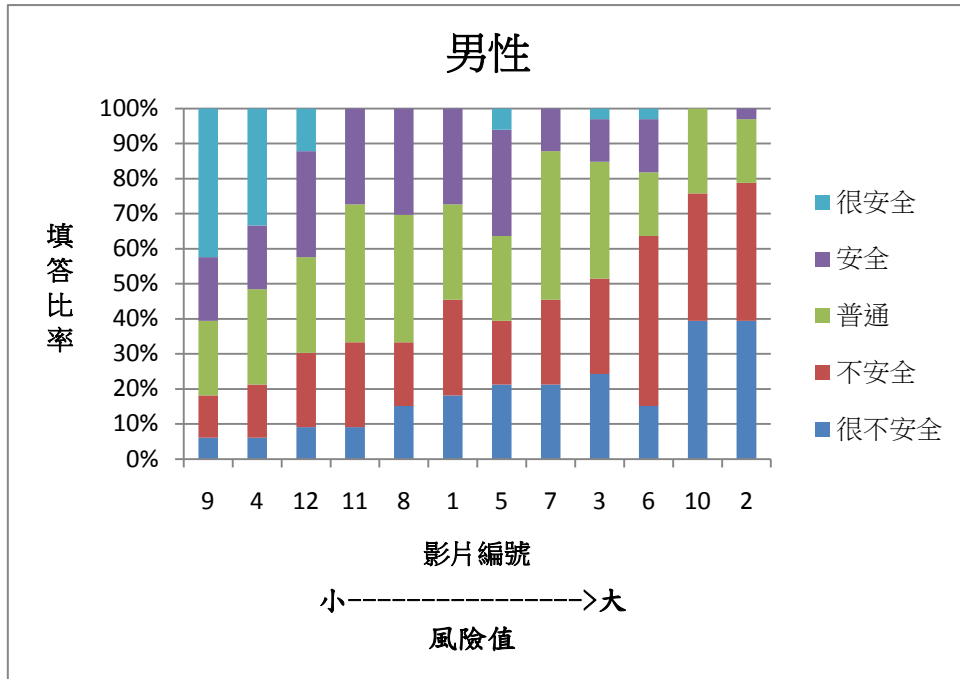


圖 4.10 男性自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)

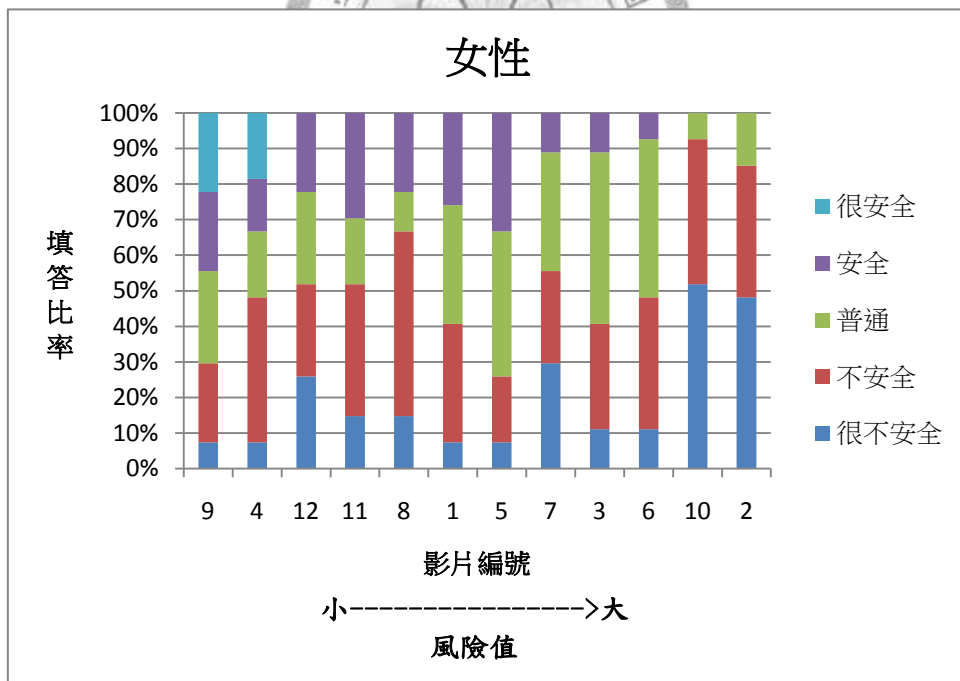


圖 4.11 女性自行車族群問卷填答情形 (人行道部分)

各騎士族群對於外側車道影片填答情形則分別如圖 4.12 到圖 4.17 所示。

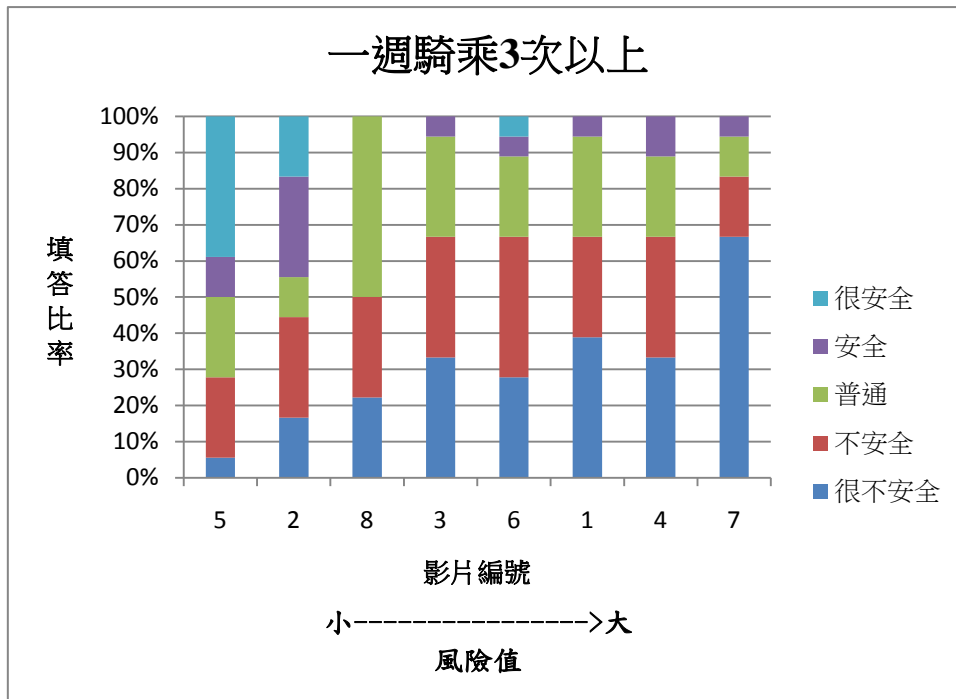


圖 4.12 一週騎乘 3 次以上之自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)

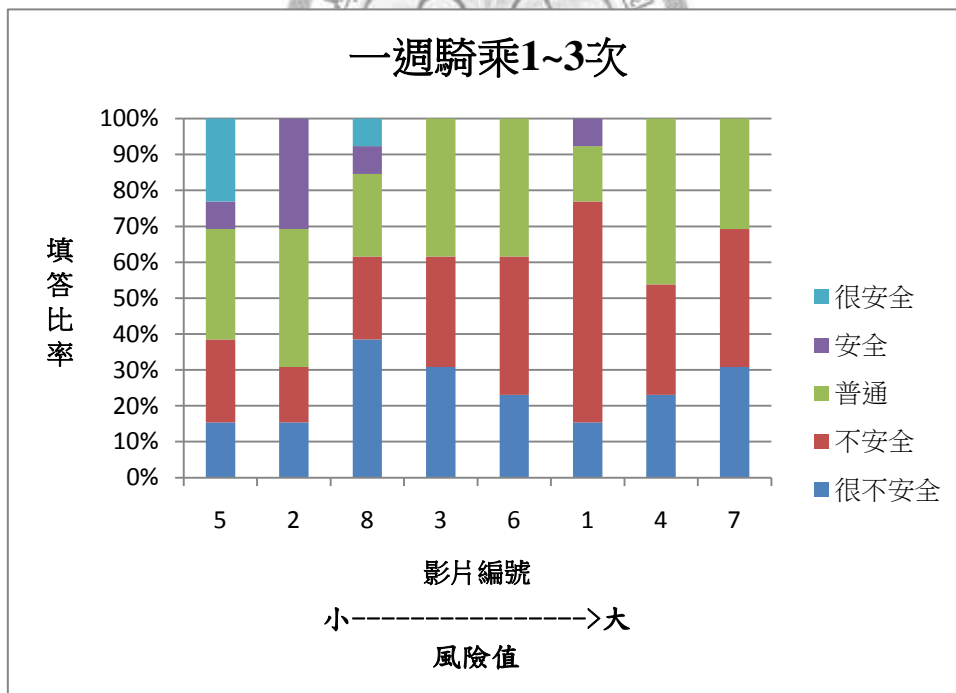


圖 4.13 一週騎乘 1~3 次之自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)

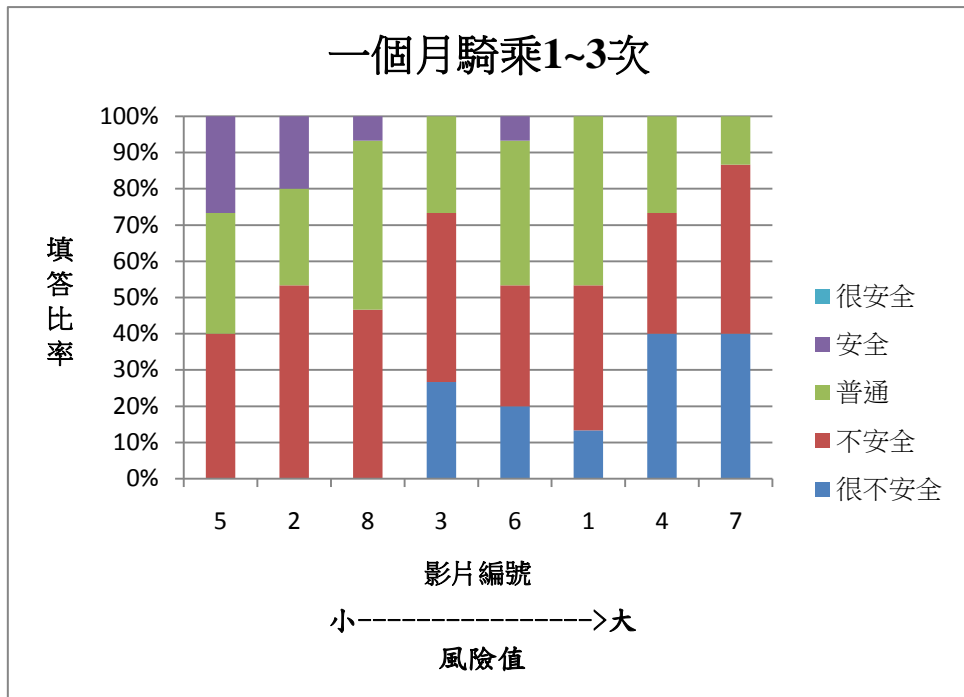


圖 4.14 一個月騎乘 1~3 次之自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)

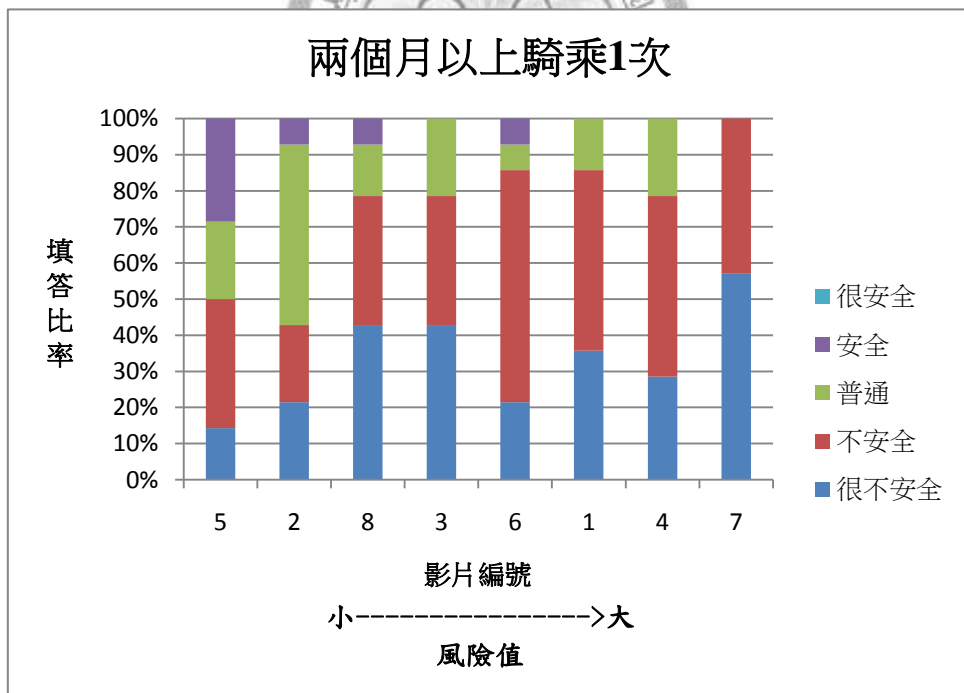


圖 4.15 兩個月以上騎乘 1 次之自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)

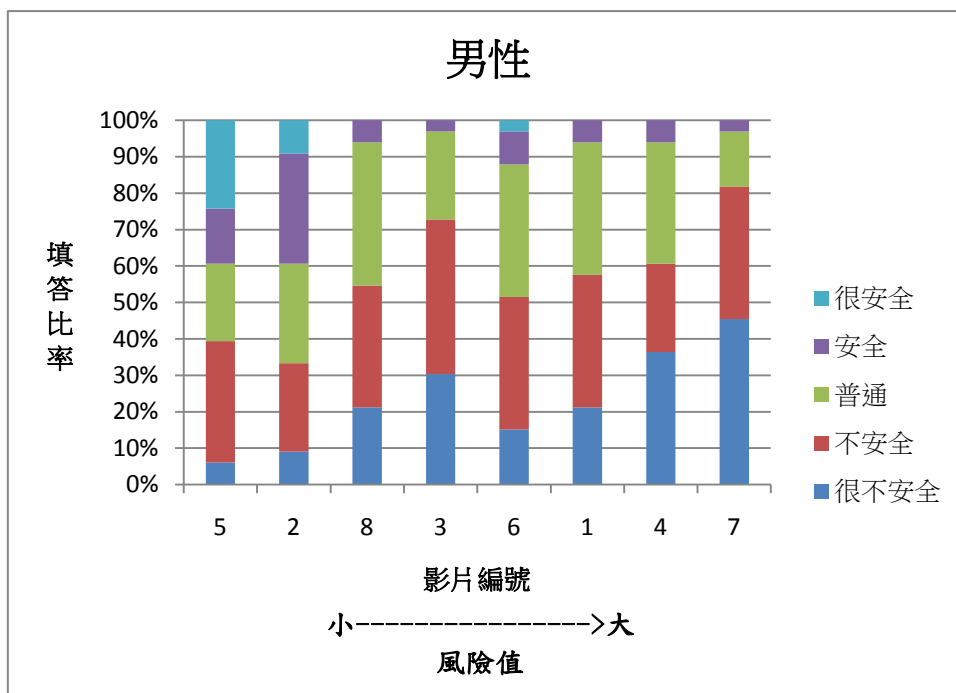


圖 4.16 男性自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)

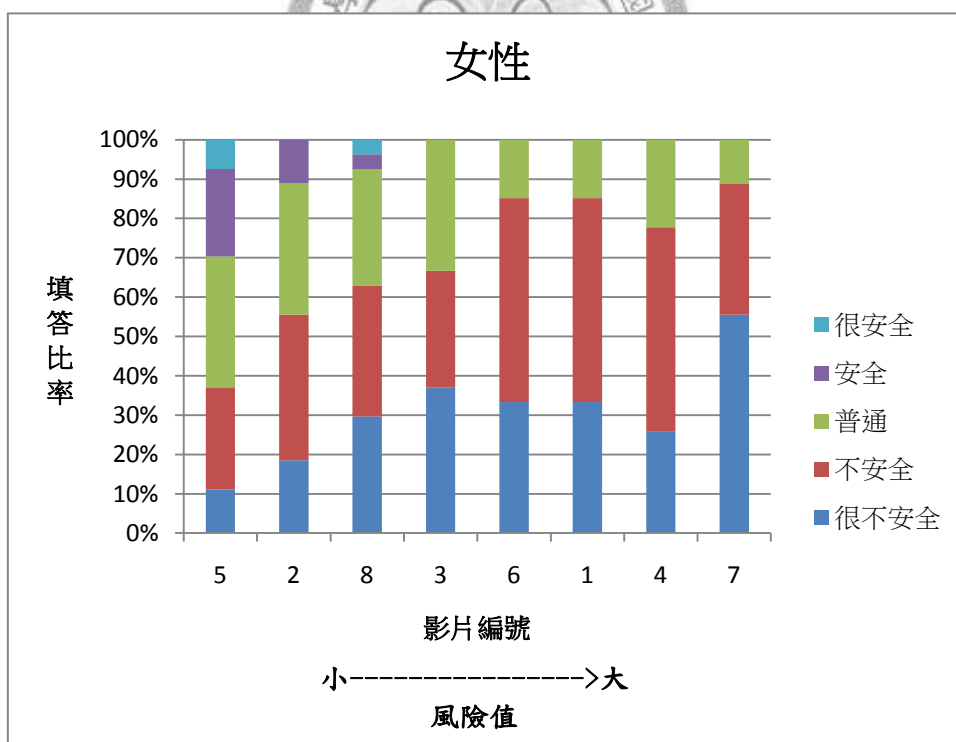


圖 4.17 女性自行車族群問卷填答情形 (外側車道部分)

由以上各圖可發現，在外側車道影片部分，自行車使用頻率較高的騎士族群填答安全及很安全的比例較其使用頻率較低的騎士族群高，使用頻率越低的族群，填答不安全及很不安全的比例也越高。可見較不常使用自行車的騎士族群較無法接受騎乘於車道上與汽機車共用道路。在性別差異上，與人行道部分的填答情形相同，男性在各影片填答安全及很安全的比例較女性高，女性填答不安全及很不安全的比例較高，且兩性填答狀況之間的差異比起人行道部分，差異更大，因此可判斷女性較無法接受騎乘於車道上。

4.2.2 指標分級建立

將表 4.7 及 4.8 內之資料依照先前 4.1.3 節所介紹之方式建立各等級水準之隸屬函數，詳細資料如下所示：

表 4.9 人行道共行風險值對應各等級之隸屬函數值

風險值 R_s	A	B	C	D	E
0.0113	1.00	0.63	0.58	0.38	0.15
0.0116	0.80	0.53	0.58	0.62	0.15
0.0384	0.20	0.84	0.67	0.54	0.37
0.0391	0.00	0.89	0.75	0.69	0.26
0.0638	0.00	0.84	0.63	0.77	0.33
0.0663	0.00	0.84	0.75	0.69	0.30
0.0703	0.10	1.00	0.79	0.42	0.33
0.0948	0.00	0.37	0.96	0.58	0.56
0.0949	0.05	0.37	1.00	0.65	0.41
0.1450	0.05	0.37	0.75	1.00	0.30
0.1740	0.00	0.00	0.42	0.88	1.00
0.1953	0.00	0.05	0.42	0.88	0.96

表 4.10 外側車道共行風險值對應各等級之隸屬函數值

風險值 R_i	A	B	C	D	E
0.13	1.00	0.85	0.76	0.69	0.17
0.15	0.30	1.00	0.86	0.69	0.27
0.21	0.10	0.23	1.00	0.77	0.50
0.21	0.00	0.08	0.81	0.85	0.67
0.28	0.10	0.23	0.76	1.00	0.47
0.29	0.00	0.15	0.76	1.00	0.53
0.36	0.00	0.15	0.81	0.85	0.63
0.71	0.00	0.08	0.38	0.81	1.00

表中灰底的部分代表大部分人認為該值屬於該服務等級，依照各風險值及各等級之隸屬度繪製關係圖，如圖 4.6 及 4.7 所示。接下來將分別針對人行道及外側車道利用曲線配適法，求得各風險值等級隸屬函數

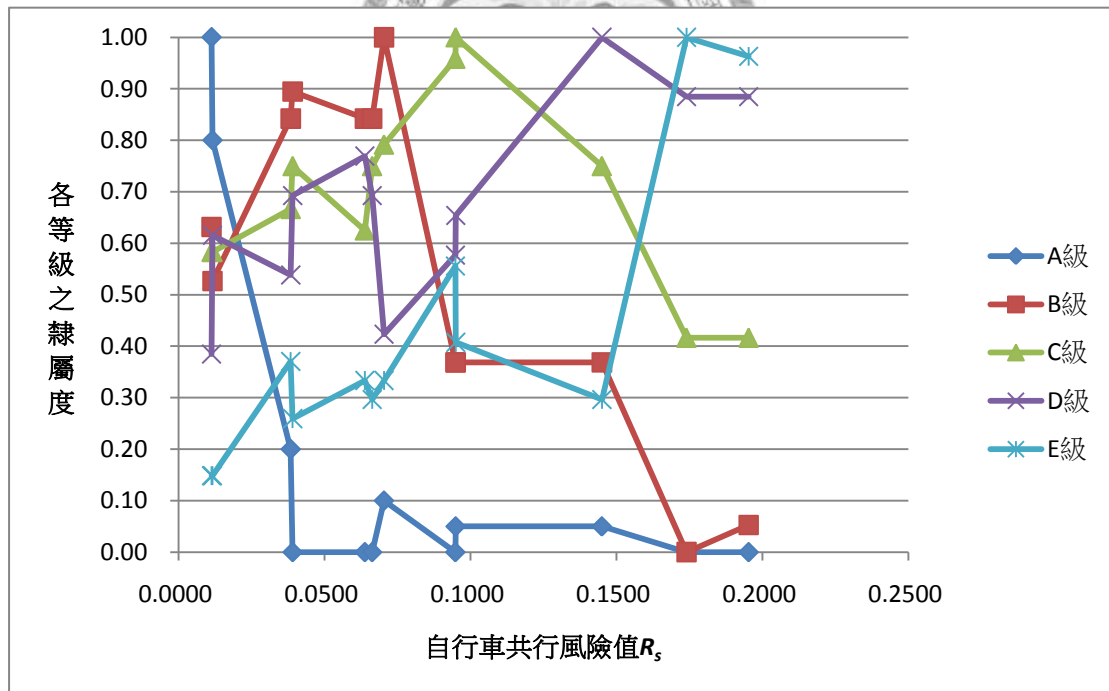


圖 4.18 各等級與人行道共行風險值之關係圖

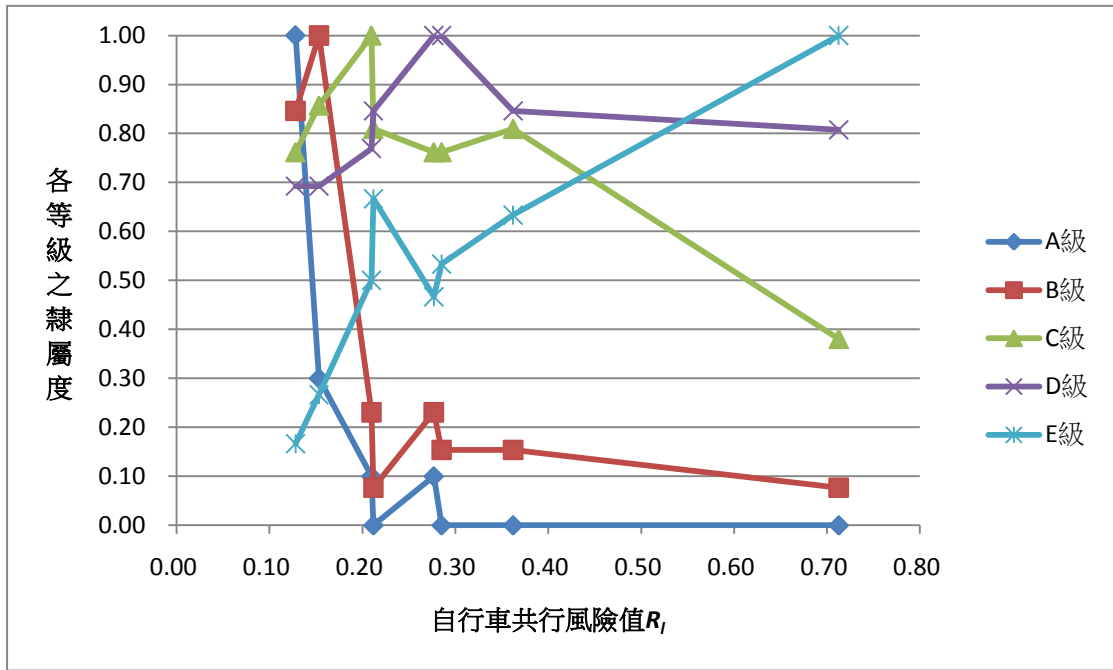


圖 4.19 各等級與外側車道共行風險值之關係圖

(一) 人行道風險等級建立

圖 4.8 至 4.12 為自行車騎乘人行道上共行風險指標各等級隸屬函數及曲線配適之 R^2 值。

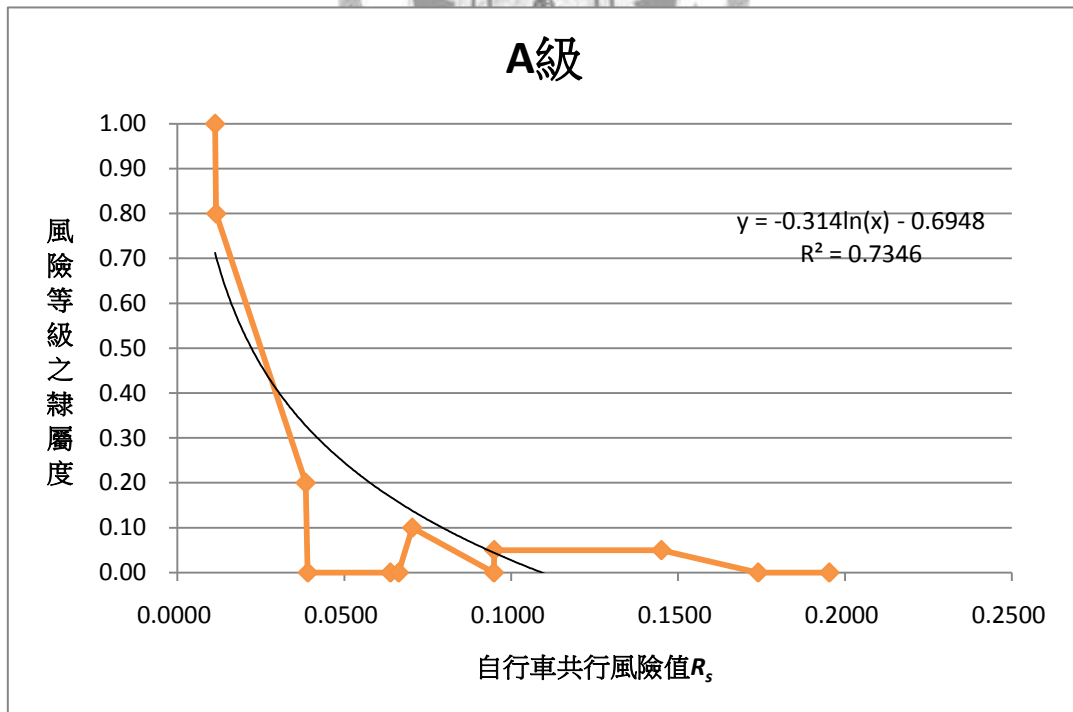


圖 4.20 人行道共行風險 A 級隸屬函數圖

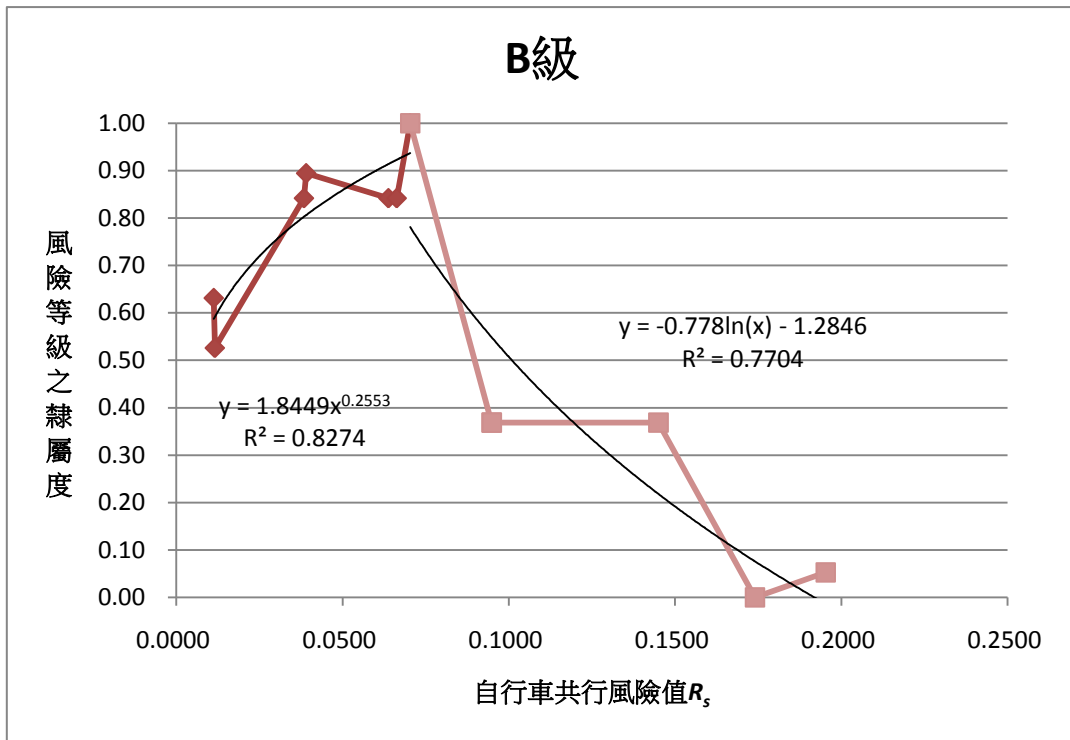


圖 4.21 人行道共行風險 B 級隸屬函數圖

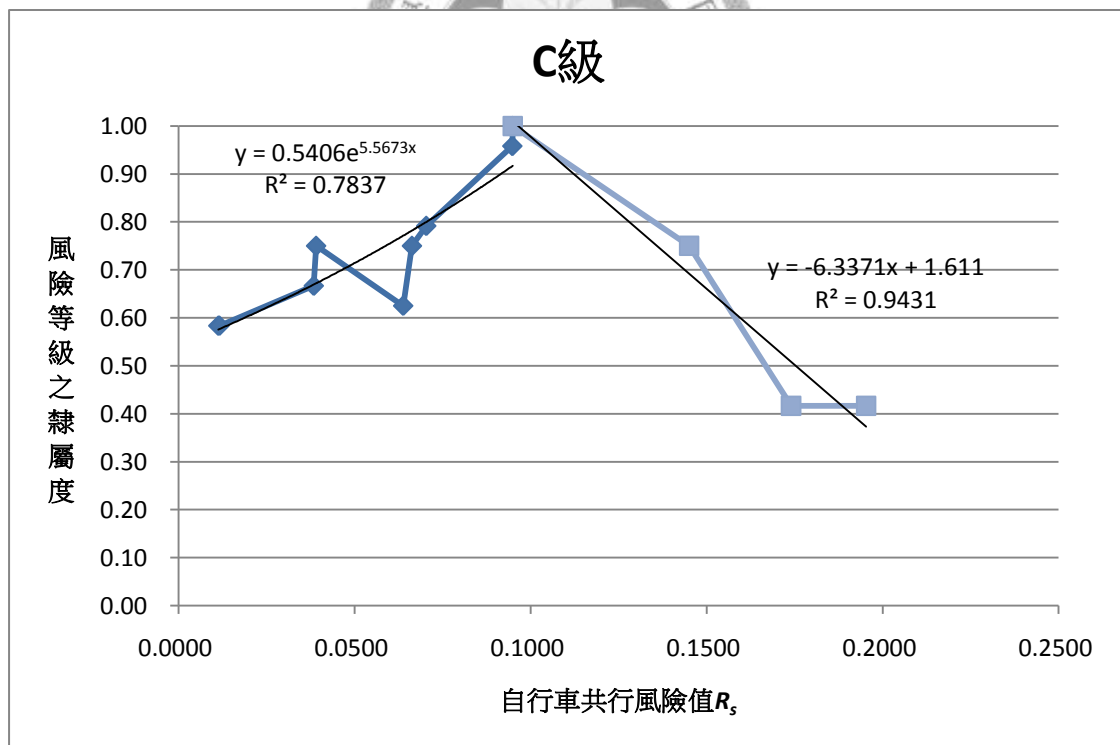


圖 4.22 人行道共行風險 C 級隸屬函數圖

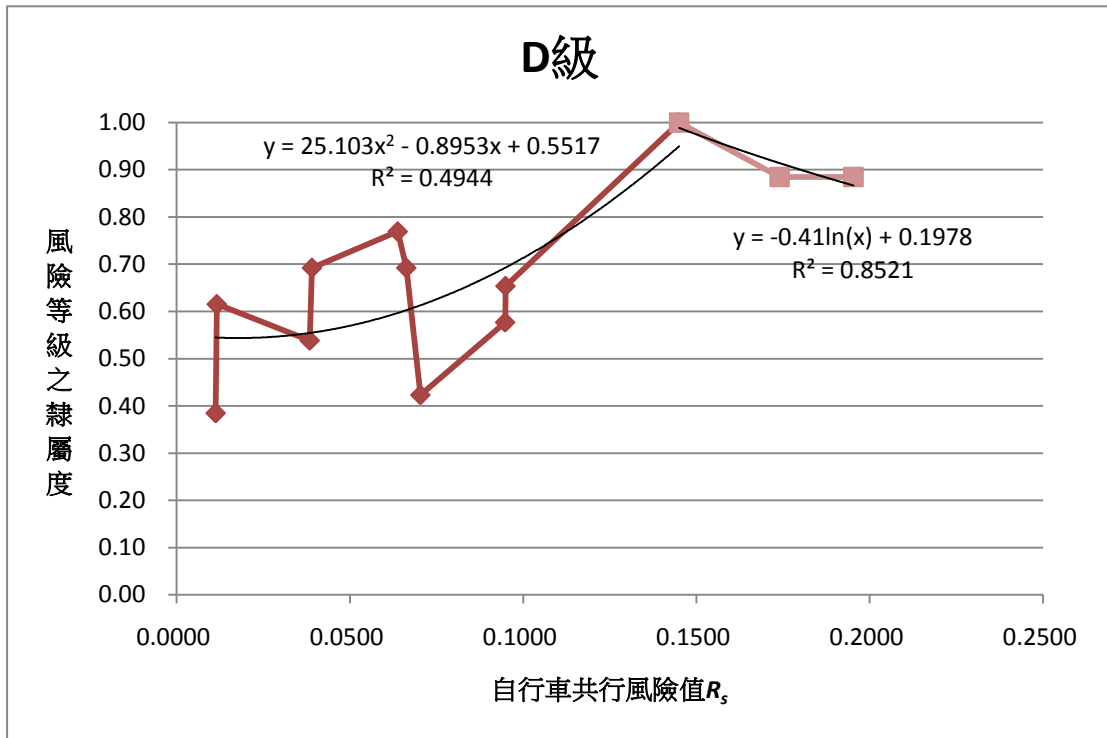


圖 4.23 人行道共行風險 D 級隸屬函數圖

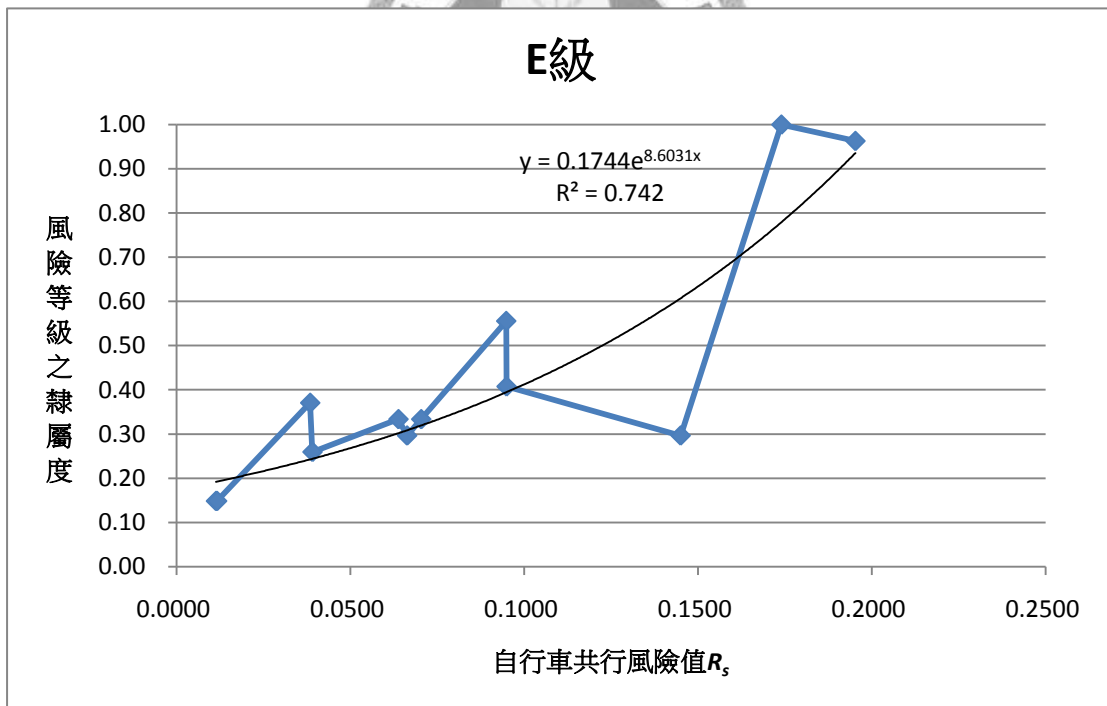


圖 4.24 人行道共行風險 E 級隸屬函數圖

將上面各圖之等級隸屬函數級 R^2 整理如下表。

表 4.11 人行道共行風險等級隸屬函數與 R² 值

人行道共行風險等級	隸屬函數	R ²
A	$y = -0.314\ln(x) - 0.6948$	0.73
B	$y = 1.8449x^{0.2553}$	0.83
	$y = -0.778\ln(x) - 1.2846$	0.77
C	$y = 0.5406e^{5.5673x}$	0.78
	$y = -6.3371x + 1.611$	0.94
D	$y = 2.7682x + 0.4587$	0.42
	$y = -0.41\ln(x) + 0.1978$	0.85
E	$y = 0.1744e^{8.6031x}$	0.74

接下來利用先前所介紹之 α -截集，分別設定 $\lambda=0.7$ 、 $\lambda=0.8$ 、 $\lambda=0.9$ 及 $\lambda=1.0$

對於各等級門檻值進行探討。

表 4.12 人行道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.7$)

風險等級	A		B		C		D		E	
上下限邊界值	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
	-	0.0118	0.0225	0.0780	0.0464	0.1438	0.0872	0.2938	0.1615	-
分級門檻值	0.0171		0.0622		0.1155		0.2277			

表 4.13 人行道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.8$)

風險等級	A		B		C		D		E	
上下限邊界值	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
	-	0.0086	0.0379	0.0686	0.0704	0.1280	0.1233	0.2302	0.1771	-
分級門檻值	0.0232		0.0695		0.1256		0.2036			

表 4.14 人行道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.9$)

風險等級	A		B		C		D		E	
上下限邊界值	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
	-	0.0062	0.0601	0.0603	0.0916	0.1122	0.1594	0.1804	0.1908	-
分級門檻值	0.0332		0.0759		0.1358		0.1856			

表 4.15 人行道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=1.0$)

風險等級	A		B		C		D		E	
上下限邊界值	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
	-	0.0045	0.0908	0.0531	0.1105	0.0964	0.1955	0.1413	0.2030	-
分級門檻值	0.0477		0.0818		0.1460		0.1722			

由表中可知，當 α 截集的 λ 值愈高，等級的上下限值範圍愈小，同時也代表愈高的 λ 值所得到的等級區間愈能代表該服務等級。但 λ 值愈高也會使的隸屬函數圖形在各等級間無法彼此銜接，使得部分等級間產生斷層現象。為避免等級之間存在斷層，因此各等級門檻分界乃取上下兩等級之上下限值的平均值。為求分級能有較高的隸屬性，本研究最後採用 $\lambda=0.9$ 作為等級劃分。各等級區間分別為：
 A 級： $R_s < 0.0332$ ；B 級： $0.0332 < R_s < 0.0759$ ；C 級： $0.0759 < R_s < 0.1358$ ；D 級： $0.1358 < R_s < 0.1856$ ；E 級： $R_s > 0.1856$ 。

(二) 外側車道風險等級建立

依照與先前相同的方法建立外側車道風險等級之隸屬函數，如下：

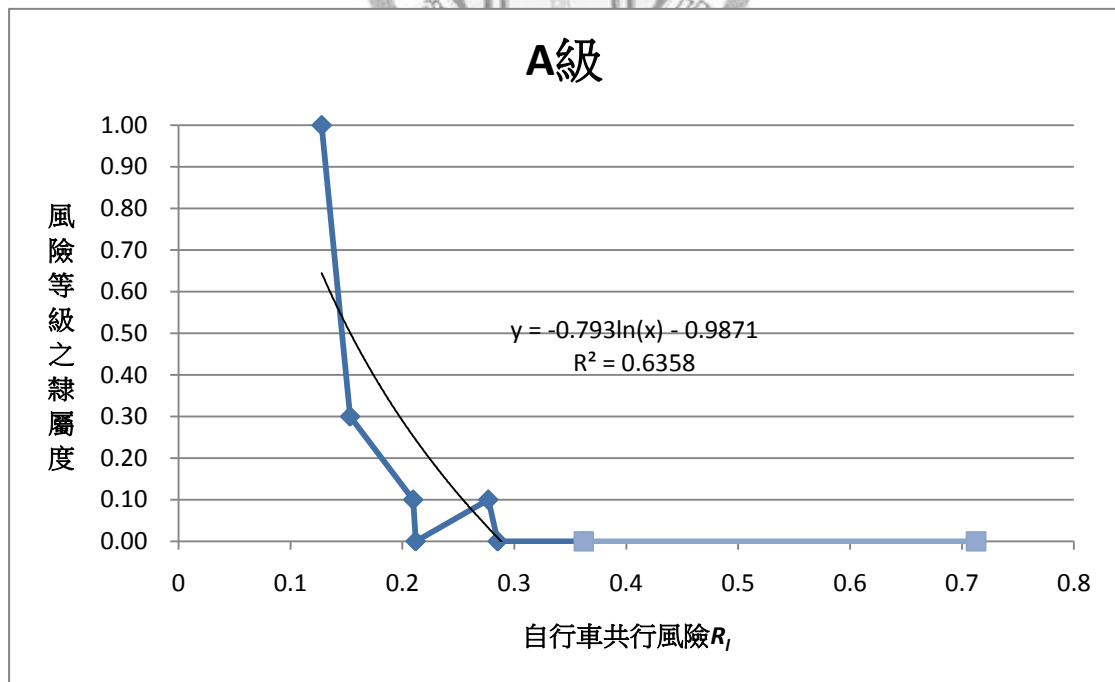


圖 4.25 外側車道共行風險 A 級隸屬函數圖

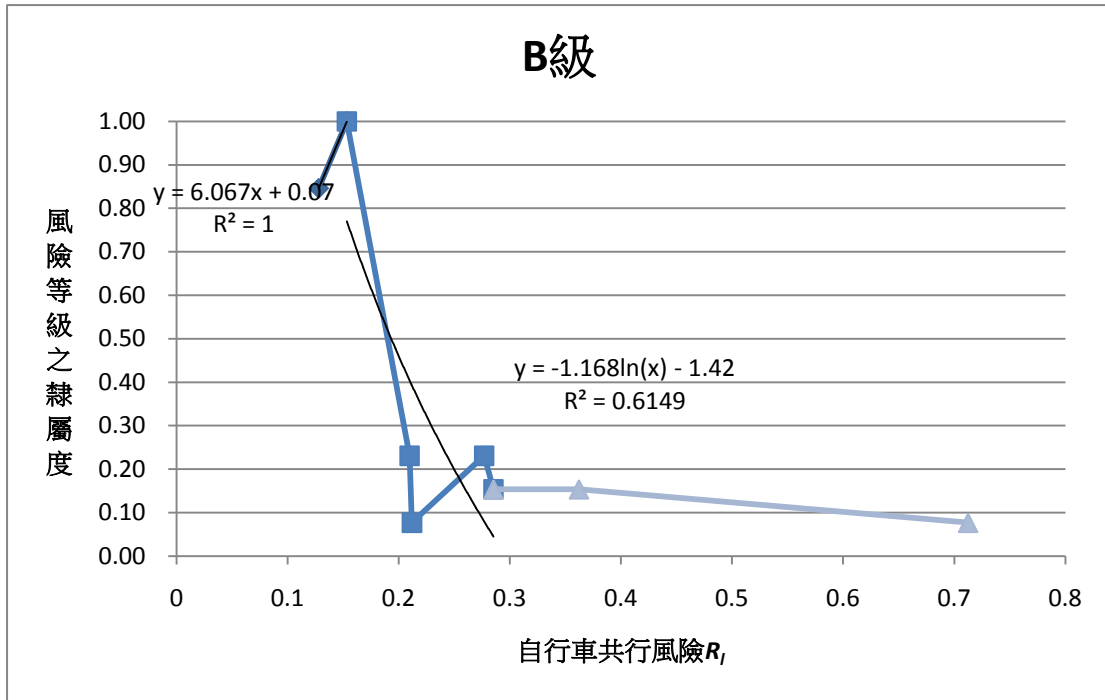


圖 4.26 外側車道共行風險 B 級隸屬函數圖

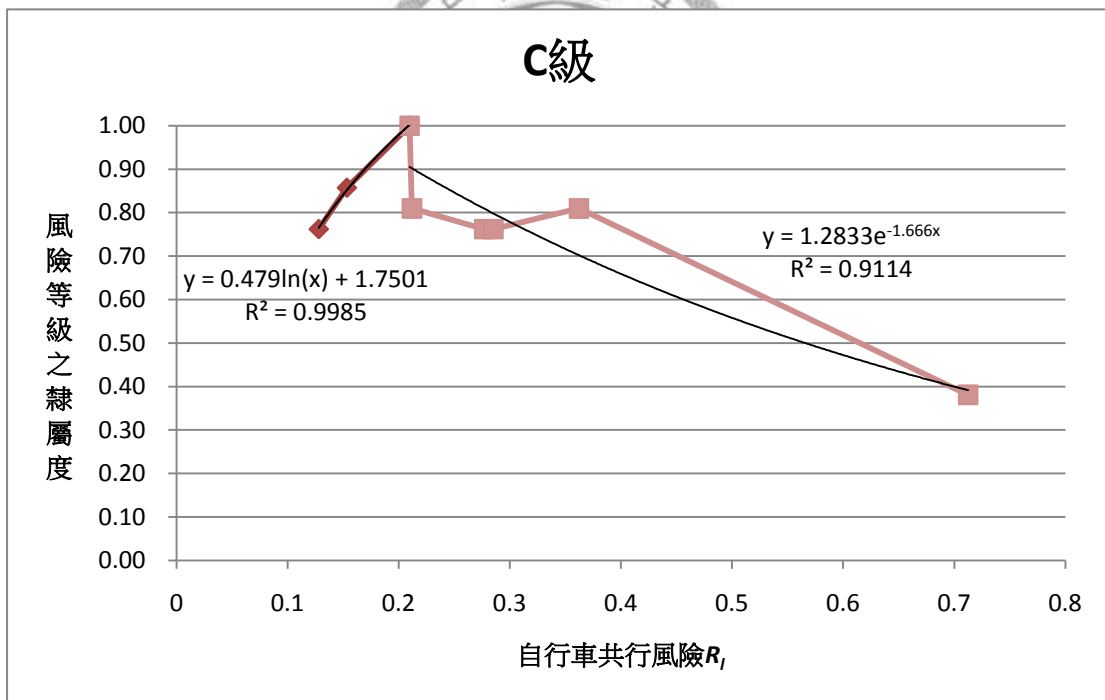


圖 4.27 外側車道共行風險 C 級隸屬函數圖

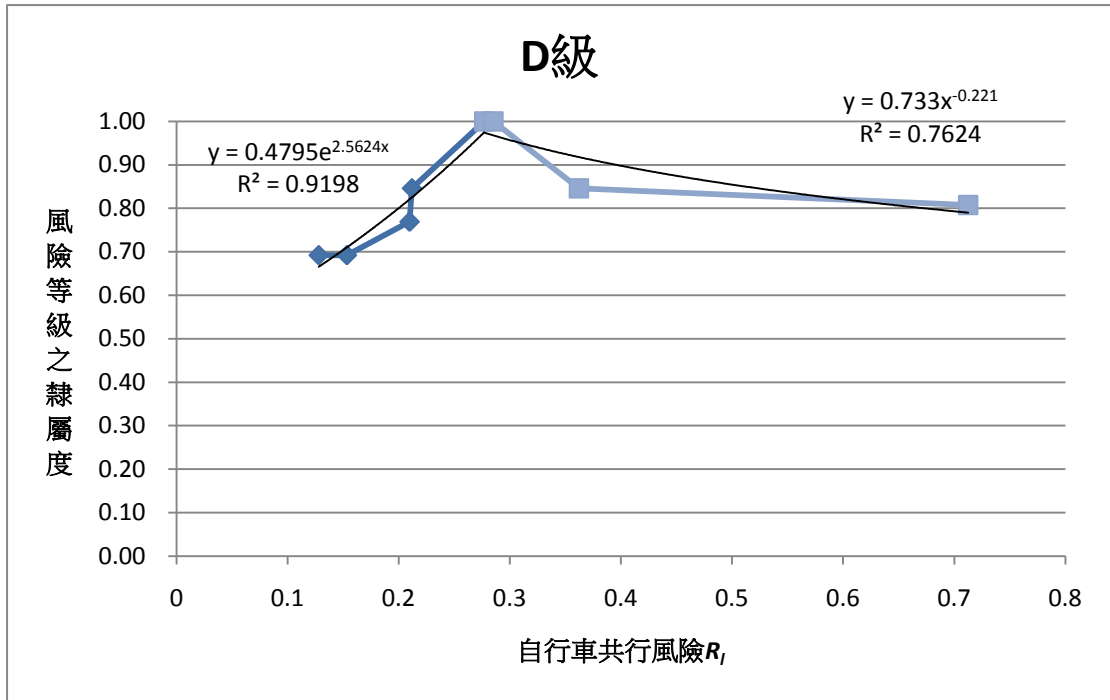


圖 4.28 外側車道共行風險 D 級隸屬函數圖

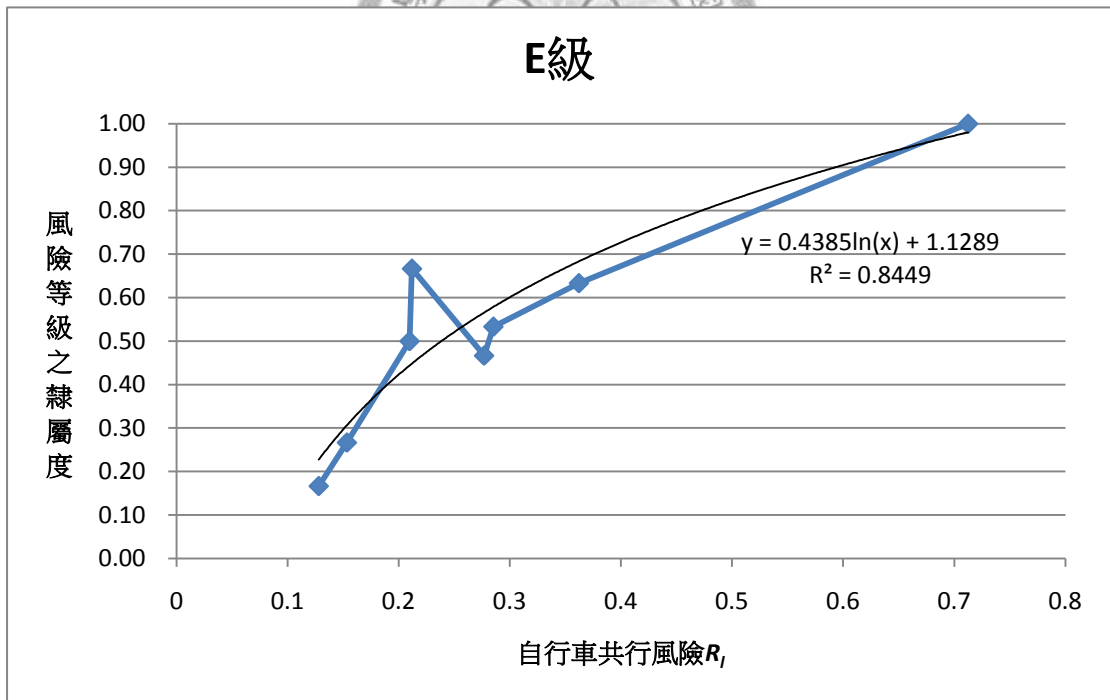


圖 4.29 外側車道共行風險 E 級隸屬函數圖

將上面各圖之等級隸屬函數級 R^2 整理如下表。

表 4.16 外側車道共行風險等級隸屬函數與 R² 值

外側車道共行風險等級	隸屬函數	R ²
A	$y = -0.793\ln(x) - 0.9871$	0.63
B	$y = 6.067x + 0.07$	1
	$y = -1.168\ln(x) - 1.42$	0.61
C	$y = 0.479\ln(x) + 1.7501$	1
	$y = 1.2833e^{-1.666x}$	0.91
D	$y = 0.4795e^{2.5624x}$	0.92
	$y = 0.733x^{-0.221}$	0.76
E	$y = 0.4385\ln(x) + 1.1289$	0.85

接下來分別設定 α -截集之 $\lambda=0.7$ 、 $\lambda=0.8$ 、 $\lambda=0.9$ 及 $\lambda=1.0$ 對於各等級門檻值進行探討。

表 4.17 外側車道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.7$)

風險等級	A		B		C		D		E	
上下限邊界值	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
	-	0.1191	0.1038	0.1628	0.1117	0.3638	0.1476	1.2318	0.376	-
分級門檻值	0.1115		0.1372		0.2557		0.8039			

表 4.18 外側車道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.8$)

風險等級	A		B		C		D		E	
上下限邊界值	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
	-	0.105	0.1203	0.1495	0.1376	0.2837	0.1998	0.6732	0.4723	-
分級門檻值	0.1127		0.1435		0.2417		0.5727			

表 4.19 外側車道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=0.9$)

風險等級	A		B		C		D		E	
上下限邊界值	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
	-	0.0926	0.1368	0.1372	0.1695	0.213	0.2457	0.3951	0.5933	-
分級門檻值	0.1147		0.1534		0.2293		0.4942			

表 4.20 外側車道共行風險值等級劃分門檻值 ($\lambda=1.0$)

風險等級	A		B		C		D		E	
上下限邊界值	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
	-	0.0816	0.1533	0.1259	0.2089	0.1497	0.2868	0.2453	0.7453	-
分級門檻值	0.1174		0.1674		0.2183		0.4953			

採用 $\lambda=0.9$ 作為等級劃分。各等級區間分別為：A 級： $R_i < 0.1147$ ；B 級： $0.1147 < R_i < 0.1534$ ；C 級： $0.1534 < R_i < 0.2293$ ；D 級： $0.2293 < R_i < 0.4942$ ；E 級： $R_i > 0.4942$ 。

4.3 小結

藉由自行車騎士感受問卷及模糊理論建立之人行道及外側車道風險值等級如下所示：

表 4.21 人行道自行車風險等級

等級	風險值
A (很安全)	$R_s < 0.0332$
B (安全)	$0.0332 < R_s < 0.0759$
C (普通)	$0.0759 < R_s < 0.1358$
D (不安全)	$0.1358 < R_s < 0.1856$
E (很不安全)	$R_s > 0.1856$

表 4.22 外側車道自行車風險等級

等級	風險值
A (很安全)	$R_1 < 0.1147$
B (安全)	$0.1147 < R_1 < 0.1534$
C (普通)	$0.1534 < R_1 < 0.2293$
D (不安全)	$0.2293 < R_1 < 0.4942$
E (很不安全)	$R_1 > 0.4942$

本研究將在第五章結合此風險指標等級與公路容量手冊中人行道與路段服務水準共同構建自行車道型式規劃設計決策支援系統。



第五章 自行車道規劃與設計型式決策支援系統建立

由於自行車道依照路權分隔型式與設置位置不同，規劃者設計自行車道時，可存在許多設計方案，本研究期望能夠同時比較各方案對於自行車以及其他用路人之影響以幫助規劃設計者進行決策，有鑑於此，本章將建立一套自行車道規劃與設計型式決策支援系統，系統將能對道路現況以及各方案道路規劃資料進行分析比較提供規劃設計者決策參考以選擇較佳之方案。

5.1 決策支援系統簡介

決策支援系統 (Decision Support System, DSS) 是一個將特定決策相關資料加以蒐集並利用適當模式分析產生決策制定參考資訊的電腦軟體系統，決策支援系統最早追溯自 Michael S. Scott Morton 於 1970 年出版的《管理決策系統》，應用於非結構性及半結構性的決策狀況。1977 年 David、Keen 與 Scott Morton 指出「決策支援系統是輔助而非取代決策的系統」，1977 年 Alter 提出「凡事透過資訊系統輔助決策制定，這些輔助的資訊系統即是所謂決策支援系統」。1982 年 Gintzberg 認為「決策支援系統是一種以計算機為主的系統，用在決策過程無法全部自動化的情況下，輔助決策者制定有效的決策」，另外，梁定澎在其書中【16】提到決策支援系統的特性與定義為「DSS 主要是針對特定的決策制定工作提供分析與計算工具與模式，使決策者可以透過對話系統來利用資料庫與模式庫的能力提高決策的效能」。

決策支援系統依照 Power 【44】的定義，可根據系統核心運作方式的不同分為五個種類，分別為模式驅動決策支援系統 (Model-driven DSS)、資料驅動決策支援系統 (Data-driven DSS)、通訊驅動決策支援系統 (Communication-driven DSS)、文件驅動決策支援系統 (Document-driven DSS)、知識驅動決策支援系統 (Knowledge-driven DSS)。由於本研究所構建的決策支援系統乃藉由自行車共行

風險、路段服務水準及人行道服務水準三種模式所組成整體系統架構邏輯，因此應屬於模式驅動決策支援系統。

回顧過去對於決策支援系統的描述及定義，可以歸納出決策支援系統具有主要幾項特色，分別為：

1. 支援決策者而非取代決策者
2. 提升決策的效果而非效率
3. 可支援半結構化決策
4. 系統應具有彈性可配合不同使用者的決策方式進行變更
5. 必須透過人機合作來構成完整系統，人對於決策仍掌有控制權

決策支援系統一般主要可由三個子系統構成：對話子系統、資料庫子系統及模式庫子系統，此三個子系統便可提供表達、作業、記憶與控制等基本功能。對於三個子系統分別簡述其負責功能：

1. 對話子系統主要負責人機界面的溝通、資料的輸入輸出等等，通常也稱為使用者介面（User Interface）。
2. 資料庫子系統負責維護資料，例如：資料的更新、存取、刪除及修復等，依照決策的需求不同，有時資料庫又可分為內部資料庫及外部資料庫。如果資料過於龐大，資料庫的存在可以降低決策支援系統本身的系統工作負擔，使系統僅需負責由資料庫存取，而不需負責資料的儲存與維護。
3. 模式庫子系統則負責將資料進行運算分析，藉由模式運算可將資料依問題所需進行處理分析，進而產生建議及較可行方案。因此可將資料庫視為蒐集情報的行為，而模式庫則為處理情報的行為。

藉由以上的定義，因此可將這三個子系統與使用者的相互關係可利用下圖表示。

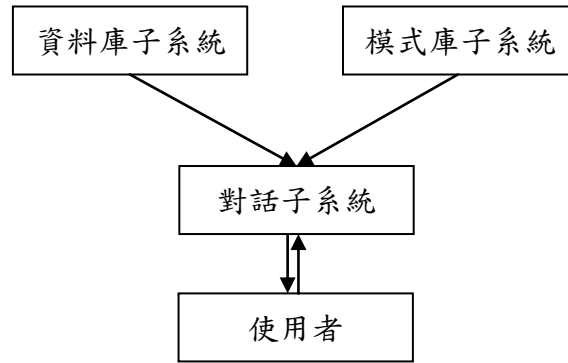


圖 5.1 決策支援系統架構圖【19】

5.2 自行車道規劃與設計型式決策支援系統建立

依照上述決策支援系統架構，將依照本研究需求建構決策支援系統系統運作邏輯。以下將先介紹系統用以評估人行道及道路路段服務水準的評估準則，再將此兩項評估準則結合前述之自行車共行衝突風險組成系統架構邏輯，最後，介紹系統設計介面及系統操作流程。

5.2.1 人行道與路段服務水準評估準則

自行車共行風險指標建立後，可藉此評估自行車騎乘於車道或人行道上之安全性，建置自行車道除了評估自行車騎乘安全性外，由於建設自行車道勢必減少其他用路人的使用空間，因此尚須考量建設後對於行人或機動車輛服務水準，藉此方可評估自行車道建設後所產生之交通衝擊程度。本研究在此引用公路容量手冊對於服務水準之計算方式作為人行道與路段的評估準則。

(一) 人行道服務水準

2001 年台灣公路容量手冊第十九章針對行人設施依照行人平均佔有面積、行人流率、平均密度以及平均速率訂定其服務水準等級。可分為六級，各及定義分別如下所述：

- A 級：可自由地選擇步行的速率，可穿越慢行的人，且不會產生衝突，可任意改變方向。
- B 級：尚可選擇自由的步行速率，穿越時會產生輕微的衝突，可以超越前方的行人但會產生干擾。
- C 級：選擇自由的步行速率的能力受到限制，穿越時有較高的衝突可能性，略有可能超越前方行人。
- D 級：正常的步行速率受到限制，穿越或超越他人的可能性低，改變方向困難。
- E 級：行人接著前方的人群移動，步行速率受限於他人，穿越或超越他人的行動很困難，無法避免與他人產生衝突。
- F 級：行人的步行狀態為拖者腳走，穿越或超越他人的行動很不可能，與他人產生身體的接觸，反向行走很不可能。

依照此定義下該手冊利用相關行人交通流關係式訂定行人交通設施服務水準等級，如下表：

表 5.1 人行道服務水準

類		分 項 目	行人平均佔 有 面 積 (平方公尺/人)	流 率 (人/分·公尺)	平均密度 (人/平方公尺)	平均速率 (公尺/分)
A	水平 步道	商業區	≥ 3.13	≤ 22	≤ 0.32	<67
		通勤區	≥ 3.13	≤ 23	≤ 0.32	>72
B	水平 步道	商業區	2.08-3.12	23-30	0.33-0.48	63-67
		通勤區	2.08-3.12	24-33	0.33-0.48	69-72
C	水平 步道	商業區	1.28-2.07	31-48	0.49-0.78	58-63
		通勤區	1.28-2.07	34-49	0.49-0.78	63-69
D	水平 步道	商業區	0.85-1.27	49-59	0.79-1.18	50-58
		通勤區	0.85-1.27	50-66	0.79-1.18	56-63
E	水平 步道	商業區	0.84-0.84	60-72	1.19-2.10	35-50
		通勤區	0.84-0.84	67-80	1.19-2.10	38-56
F	水平 步道	商業區	< 0.48	> 72	> 2.10	< 35
		通勤區	<0.48	> 80	> 2.10	< 38

資料來源：【5】

由上表可知，評估行人設施服務水準的方法有四種，鑒於調查及使用方便性，本研究將採用流率作為人行道服務水準評估準則。此外，由於本研究所評估的行人設施為人行道，較不屬於手冊中所定義之通勤區之水平步道，因此本研究將採用商業區之規範資料作為評估準則。

(二) 路段服務水準

由於本研究的研究對象為市區內自行車道，因此對於路段服務水準的評估也應選擇對市區道路評估方式。在公路容量手冊中，市區幹道服務水準乃是利用平均旅行速率劃分，但由於平均旅行速率需考量號誌時制設計以及分割幹道之區隔長度，評估方式較難以與本研究整合，因此不採用平均旅行速率做為路段服務水準評估指標。觀察市區幹道服務水準的計算過程之中，可發現流量容量比(v/c)對於市區幹道服務水準有所影響，因此本研究將以流容比做為路段服務水準的評估準則。道路容量的推估乃以臺北市政府交通局出版的「市區道路交通工程管理策略之研究」【20】為主，其公式如下：

$$C = F \times N \times 1000 + (W - P) \times 200$$

其中，

C：路段容量 (PCU)

F：路型修正係數 (如表 5.1)

N：快車道數

W：慢車道寬度 (公尺)

P：停車位寬度 (公尺)



表 5.2 路型修正係數

路型因素	路型修正係數
中央與快慢分隔	1.3
快慢分隔	1.1
中央分隔	1.0
中央標線分隔	0.8
無標線	0.6

資料來源：【20】

而各服務水準下之流容比在「公路容量手冊」中已有定義，如表 5.3 所示。在需求流率的計算上，本研究參考「公路容量手冊」對於各車種路段小客車當量 (PCU) 的設定為：機車 0.3、小型車 1、大型車 2。

表 5.3 流容比與服務水準分級關係

服務水準	需求流率/容量比 (v/c)
A	0.00~0.37
B	0.38~0.62
C	0.63~0.79
D	0.80~0.91
E	0.92~1.00
F	>1.00

資料來源：【5】

5.2.2 決策支援系統評估流程架構

圖 5.2 為本研究擬定之決策支援系統之系統架構，系統規劃流程主要可分為兩階段，第一階段為現況評估，使用者將被要求輸入現況資料，輸入的資料包含了各用路人的速率及各用路人外側車道或人行道上的交通量、自行車流率、路邊停車周轉率、道路的分隔型式、外側車道寬度以及人行道寬度，此部分資料可用以計算自行車共行衝突風險，而輸入尖峰小時交通量、道路的快慢車道數、道路分隔型式以及慢車道寬度資料可用來推估道路容量，藉此計算路段服務水準，人行道寬度以及行人流量資料除了計算自行車衝突風險外，也可以用來計算人行道服務水準。

輸入現況資料後，系統將評估自行車騎乘於現有人行道及外側車道上之風險值及其等級，並提供人行道及車道現況服務水準供規劃者參考。如果規劃者選擇維持現狀，代表將不對道路幾何配置做任何更改，因此自行車道型式為「與機動

車輛共用外側車道」或「與行人共用人行道」，系統將比較人行道與車道風險等級，選擇較適合自行車行駛的位置（人行道或外側車道）。如果規劃者選擇重新規劃道路配置，則進入第二階段。

第二階段為自行車道建設方案評估，系統將要求使用者輸入各方案道路配置規劃資料，包括：自行車道型式、自行車道寬度、人行道寬度、快慢車道數、外側車道寬度、慢車道淨寬以及是否允許路邊停車等資料，依照使用者所輸入的各方案資料以及道路現況（零方案），進行自行車騎乘風險、人行道服務水準以及路段服務水準評估。系統將先計算各方案車道及人行道服務水準，如果該方案設計型式為標線分隔型式的自行車專用車道，但車道或人行道的服務水準低於 C 級時，代表部分機動車輛或行人可能侵入自行車專用車道，此情況下系統將計算該方案之自行車共行風險。如果自行車道型式為實體分隔型式的自行車專用車道或自行車專用車道雖採標線分隔但車道或人行道服務水準達 C 級以上，系統將自行將自行車共行風險值計算為零。最後，各方案的自行車道設計型式以及三個評估值將會分別顯示於系統頁面上，提供使用者進行方案比較，如果使用者不滿意目前的方案結果選擇重新擬定方案，系統則將會返回方案資料輸入頁面，讓使用者重新輸入方案規劃資料。如果使用者確定方案後，系統將儲存該方案資料，完成規劃流程。

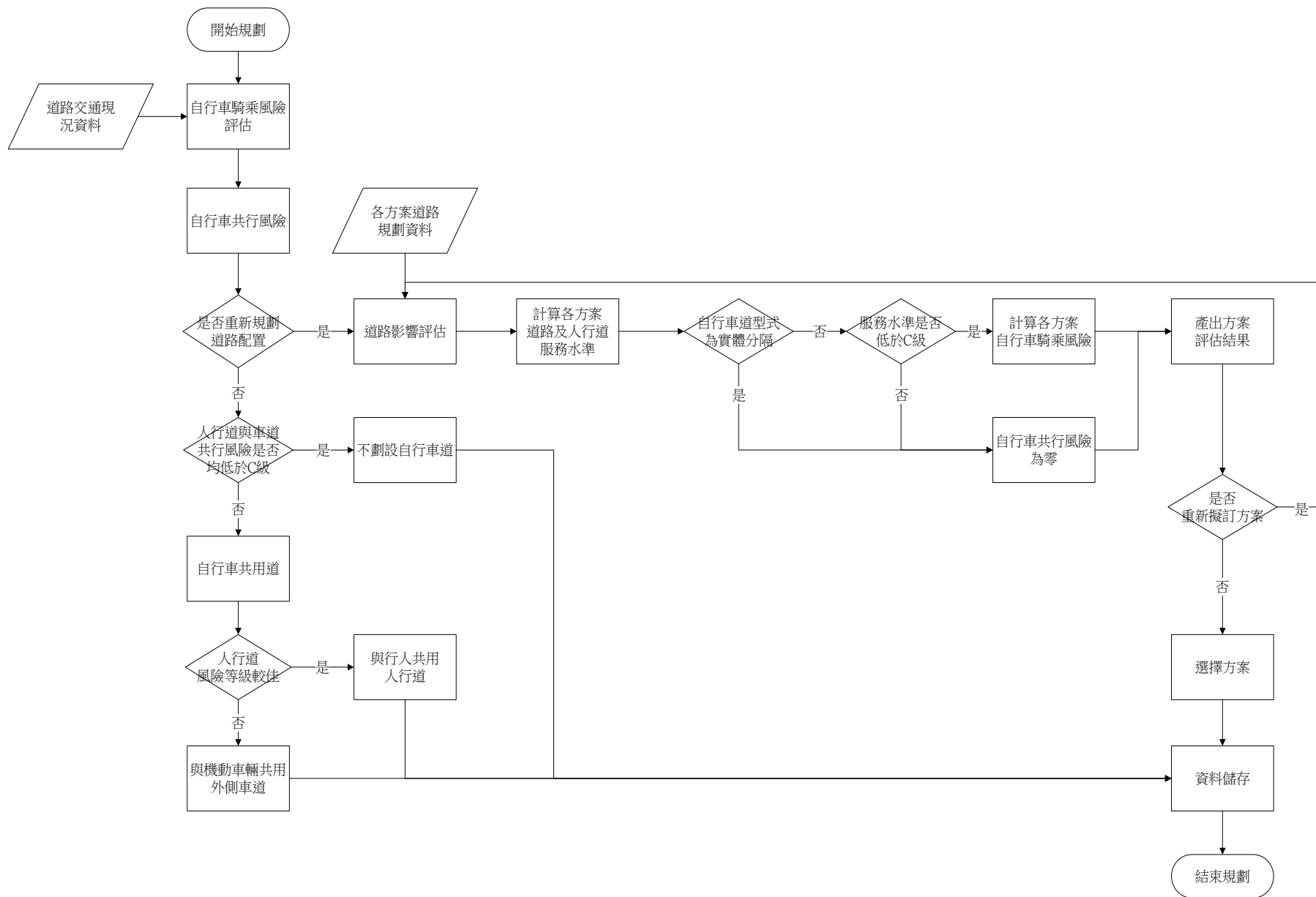


圖 5.2 自行車道規劃與設計型式決策支援系統評估流程圖

5.2.3 系統使用介面設計及操作流程簡介

本研究將以 VBA 撰寫決策支援系統，方便使用者在規劃完成過後，可以直接將規劃資料儲存於 Microsoft Office Excel 中的工作表內，以利於未來資料後續處理。以下將簡介本系統使用介面以及系統操作流程

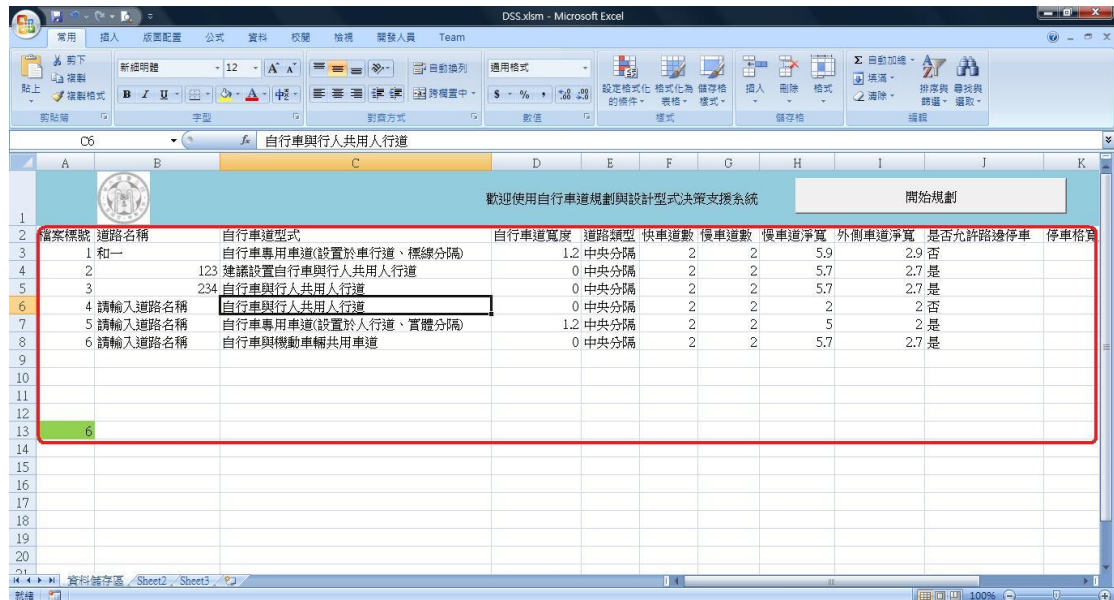


圖 5.3 系統初始介面

上圖紅色線條所圈選區域為規劃完成後資料的儲存區，點選上方「開始規劃」之按鈕便可開始進入系統規劃程序，如圖 5.4



圖 5.4 自行車共行風險評估

步驟一：輸入現況資料

在圖 5.4 中系統將要求使用者輸入目前車道及人行道現況用以進行自行車共行風險評估計算，同時也提供後續方案比較時，作為零方案評估的輸入值，點選「自行車共行風險分析」按鈕後，系統即自動計算風險值並顯示結果，如圖 5.5。

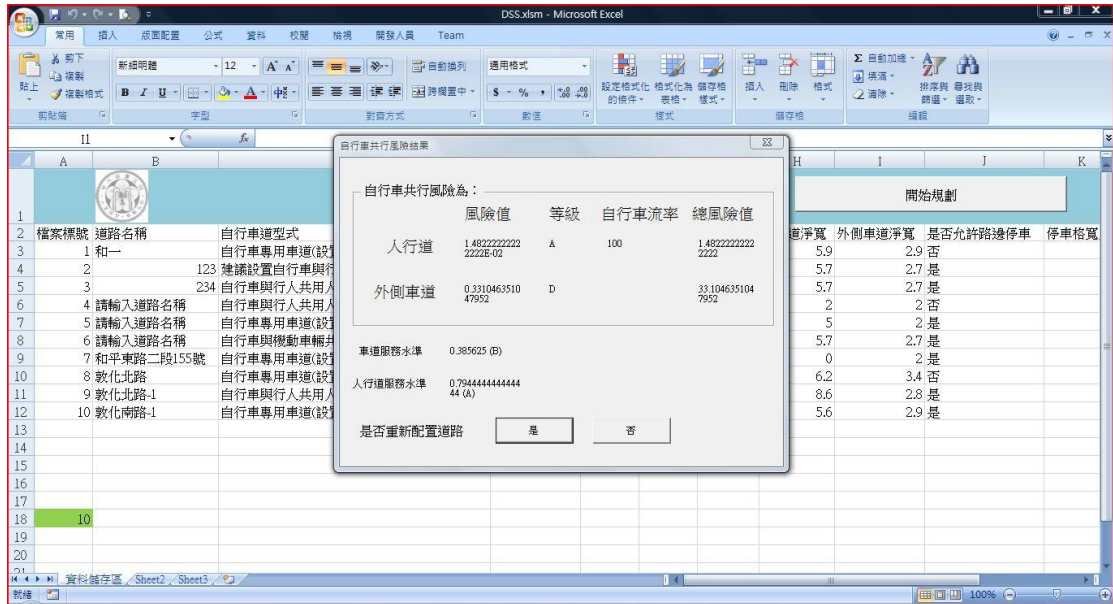


圖 5.5 自行車共行風險評估結果

步驟二：選擇是否重新配置道路

如果使用者選擇不重新配置道路，將會進入圖 5.6 之畫面，系統將會告訴使用者自行車共用道建議設置的位置（人行道或外側車道），如果兩項風險等級均低於 C 級時，則會顯示不建議劃設自行車道。如果使用者選擇重新配置道路，則會進入圖 5.7 之畫面。

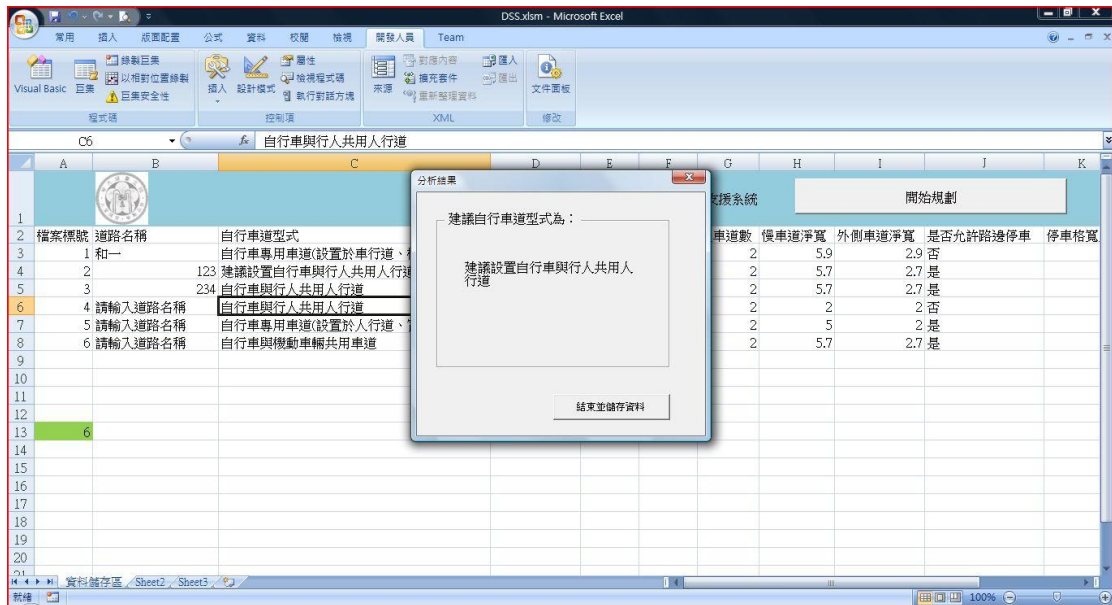


圖 5.6 自行車共用道建議設置位置

步驟三：輸入各方案道路配置資料

如圖 5.7 所示，使用者可在此輸入各方案的道路幾何配置資料。如要新增方案則點選「新增方案」鍵，如所有方案均輸入完成後點選「開始分析」。

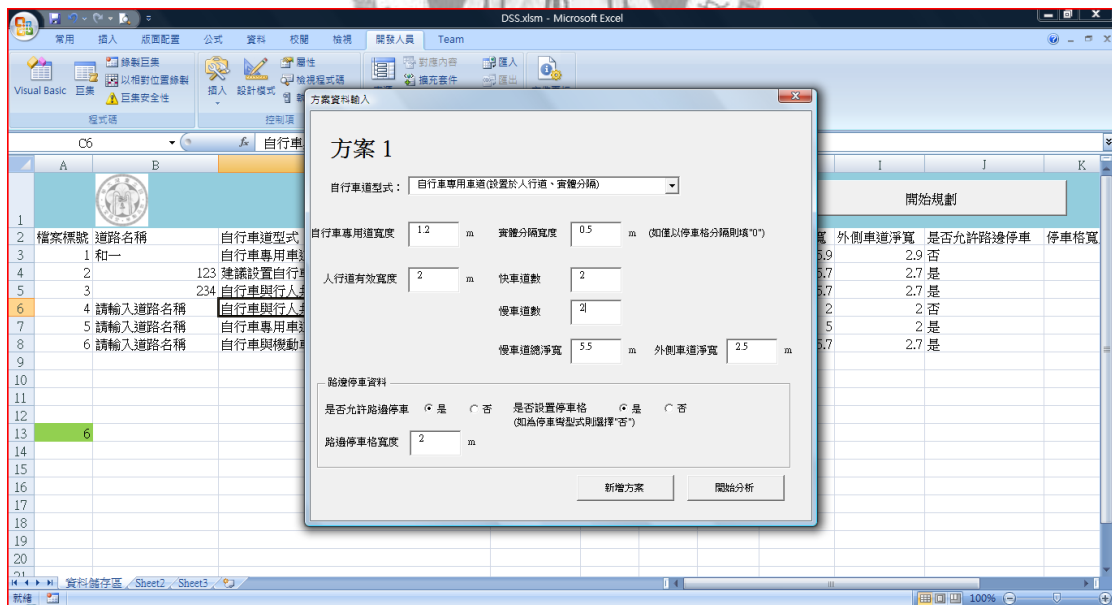


圖 5.7 各方案資料輸入畫面

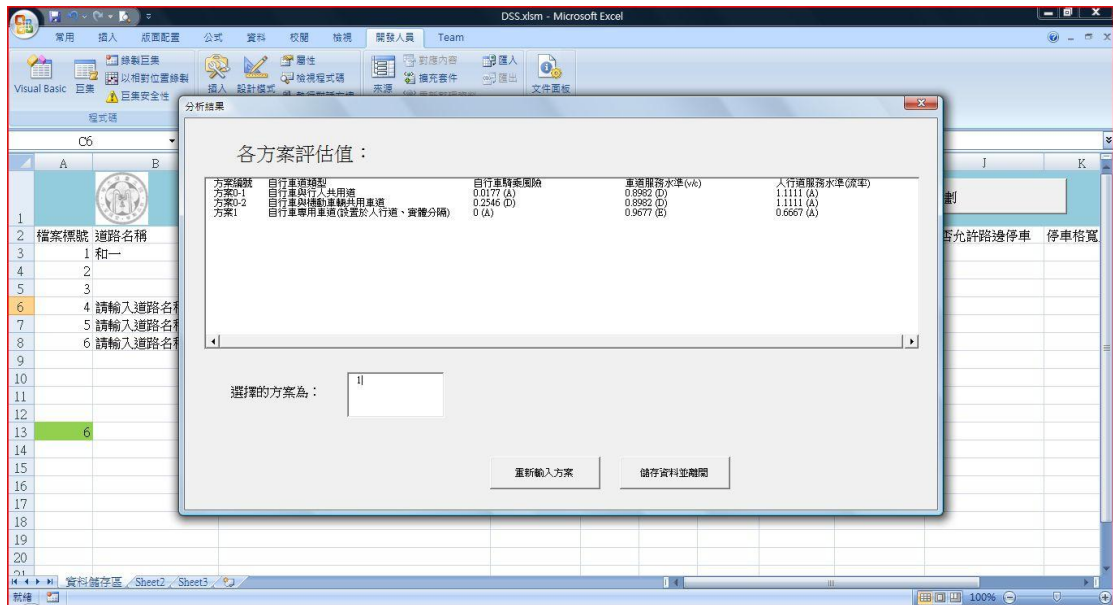


圖 5.8 分析結果畫面

步驟四：方案分析結果顯示及儲存資料

點選「開始分析」後，將出現圖 5.8 之畫面，在此可比較各方案規劃下，自行車共行風險、路段服務水準以及人行道服務水準，使用者可依需求選取欲實行之方案，點選「儲存資料並離開」便可將使用者選取之方案資料儲存至圖 5.3 中紅線圈選區域的工作表內完成規劃流程。如期望重新規劃則點選「重新輸入方案」回到圖 5.7 之畫面輸入新方案規劃資料重新進行評估。

5.3 實例應用及分析

本節將利用臺北市實際道路情況做為系統應用對象，依照道路路型擬定六個方案，各方案為不同的自行車道佈設型式，操作本系統分別對道路現況以及六個方案進行分析比較，並選取最適方案。

5.3.1 路段選取

本研究考慮臺北市市區自行車道路網尚需連結處作為實例應用對象，由臺北市公告之自行車地圖中（如圖 5.9），可發現和平東路二段（建國南路以東，復興南路以西）北側雖未設置自行車道，仍為臺北市政府公告之自行車建議路線，其鄰近路段大多已完成自行車道設置，其中大安森林公園周邊的自行車道使用率高，在此設置自行車道可幫助連接捷運科技大樓站與大安森林公園，因此本研究選取和平東路二段北側（建國南路以東，復興南路以西）作為實例應用分析路段。

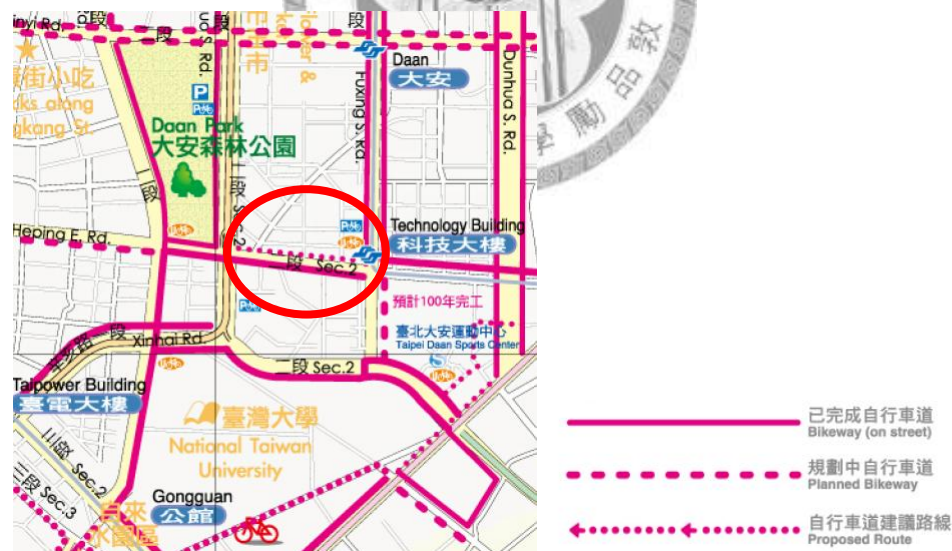


圖 5.9 臺北市自行車地圖

選取路段調查地點及相關交通流量與道路幾何資料如圖 5.10、圖 5.11、表 5.4 所示



圖 5.10 實例應用調查地點圖



圖 5.11 選取路段道路現況圖

表 5.4 選取路段相關資料

道路類型	中央分隔
快車道數	4
慢車道數	0
外側兩車道總寬	7.1 m
外側車道寬	4.1 m
停車格寬	2 m
交通流量	2719 pcu/hr
人行道淨寬度	2.5 m
街道傢俱寬度	2.2m
行人流量	146 人/hr

5.3.2 方案擬定

本研究將擬定六個方案與零方案分別利用系統進行評估，以下將分別介紹各方案自行車道型式及道路配置情形。

(一) 零方案 (現況)

此方案為不更動目前道路幾何配置，分別評估自行車騎乘於人行道及外側車道之風險。道路現況如圖 5.12，人行道寬為 2.5 公尺，現有人行道植栽及機車停車彎寬度為 2.2 公尺，路邊汽車停車格包含 0.6 公尺的 L 型溝蓋共 2.0 公尺，最外側兩條車道寬度分別為 3 公尺及 4.1 公尺（外側車道寬度包含路邊汽車停車格但不包含 L 型溝蓋，淨寬度為 2.1 公尺）。

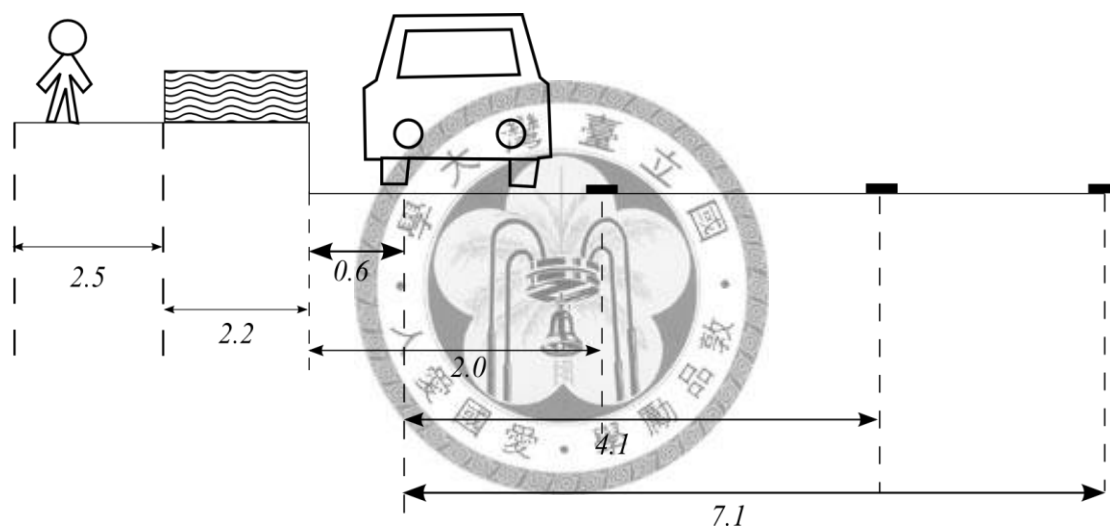


圖 5.12 道路配置現況

(二) 方案一

此方案為在人行道上利用標線劃設自行車專用車道，回顧過去自行車道相關設計規劃手冊【1】【6】【26】，大多建議自行車專用車道最小寬度為 1.2 公尺，在此便以 1.2 公尺進行設計，劃設自行車專用車道後，人行道寬度將縮小為 1.3 公尺，如圖所示。

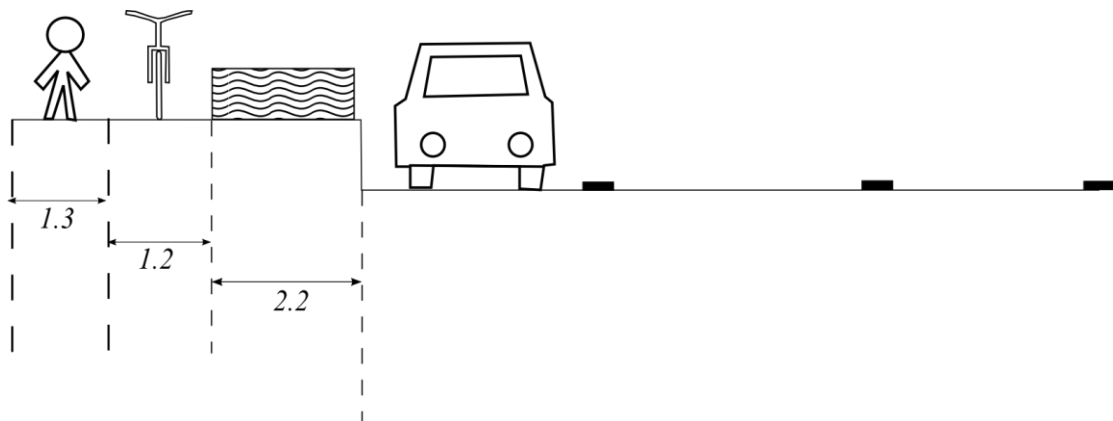


圖 5.13 方案一道路配置圖

(三) 方案二

方案二採用實體分隔來區隔自行車專用車道及人行道，考量行人如要橫向穿越自行專用車道可能短暫停留於實體分隔區域，為保留足夠空間提供行人站立，因此將實體分隔的寬度設定為 0.5 公尺。由圖 5.14 中可見，人行道寬度將縮減至 0.8 公尺，依照「市區道路及附屬工程設計規範」內之規定人行道寬度「一般情況不得小於 1.5 公尺，如因局部路段空間受限時，不得小於 0.9 公尺」，此設計方案將導致人行道寬度低於規範值，因此調整道路配置，拓寬人行道 0.4 公尺，縮減外側車道寬度以符合規範，方案二修正過後之道路配置情形如圖 5.15。

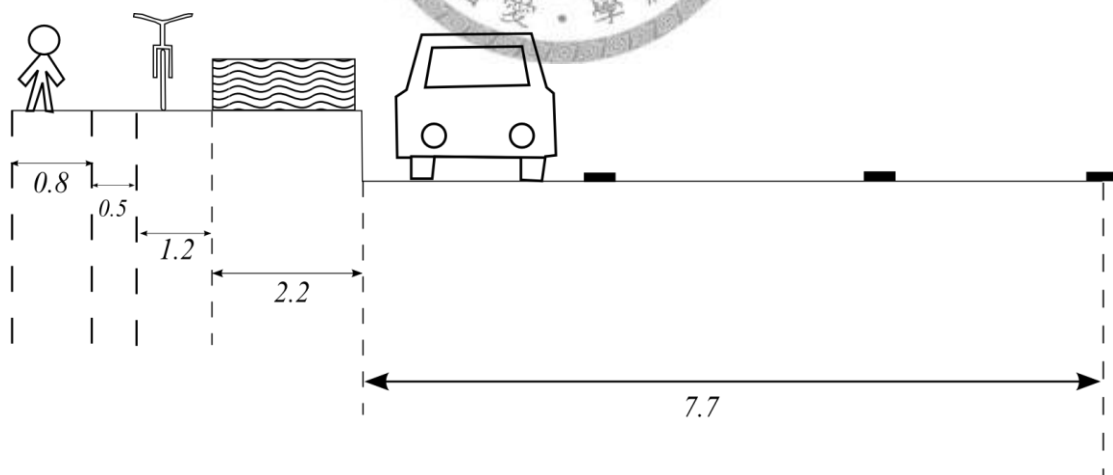


圖 5.14 方案二道路配置圖

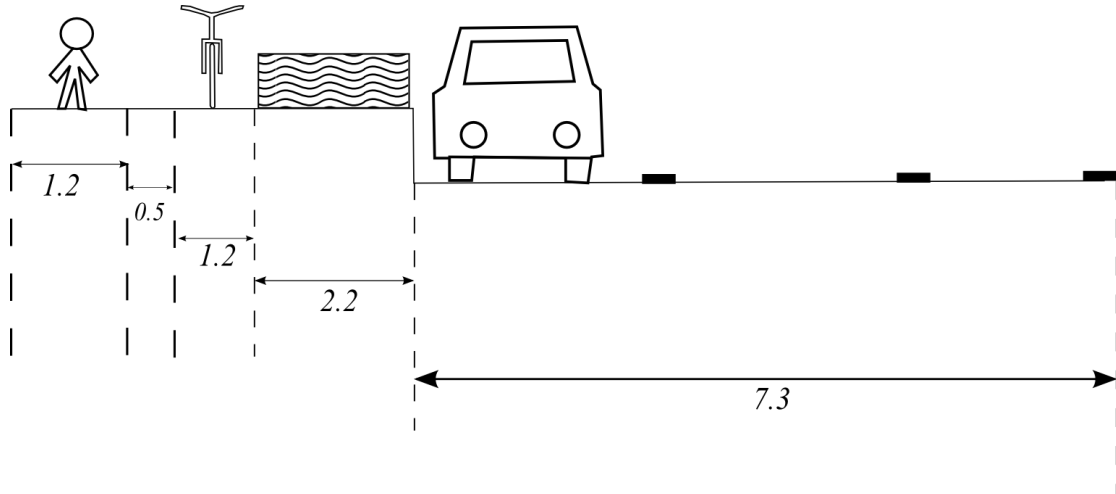


圖 5.15 方案二道路配置修正圖

(四) 方案三

方案三為設置於車道的自行車專用車道，乃將自行車專用車道設置於停車格與 L 型溝蓋之間，利用標線分隔自行車專用車道與停車格，由於路邊停車格可分隔車道上機動車輛與自行車專用車道上之自行車，因此歸類於實體分隔型式的自行車專用車道。為了避免路邊停車車門開啟影響自行車通行空間及通行安全，因此將停車格寬度增加為 2.4 公尺【47】，另因 L 型溝蓋並不適合自行車騎乘於上，因此自行車專用車道未將 L 型溝蓋空間納入。此方案設計下，快車道數減少一條，最外側車道寬度為 3.5 公尺。

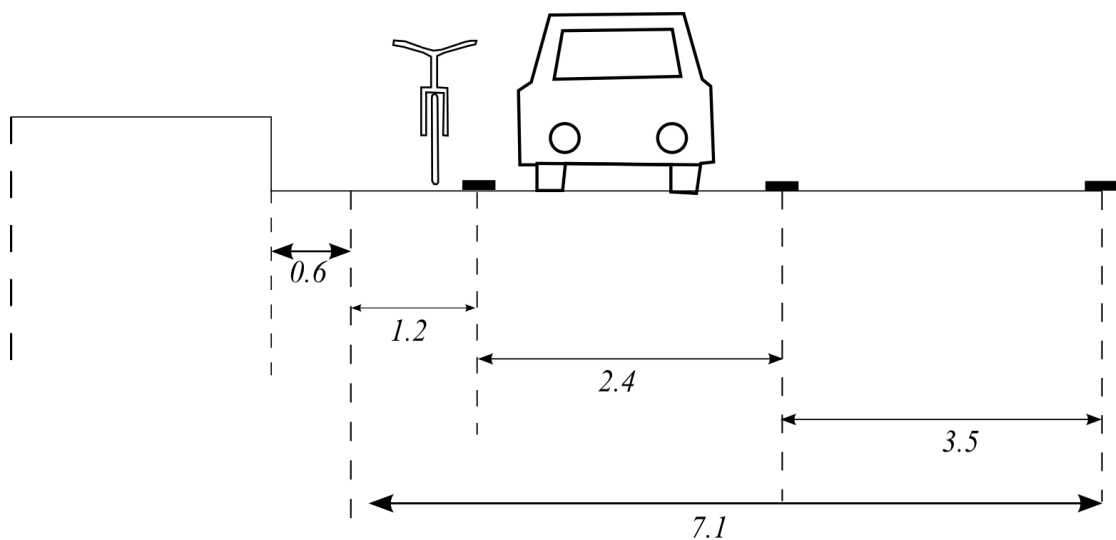


圖 5.16 方案三道路配置圖

(五) 方案四

方案四與方案三均為設置於車道上的自行車專用車道，但將停車格移至自行車專用車道右側，停車格寬度仍維持 2.4 公尺但包含 L 型溝蓋空間，快車道數減少一條，最外側車道寬度為 4.1 公尺。

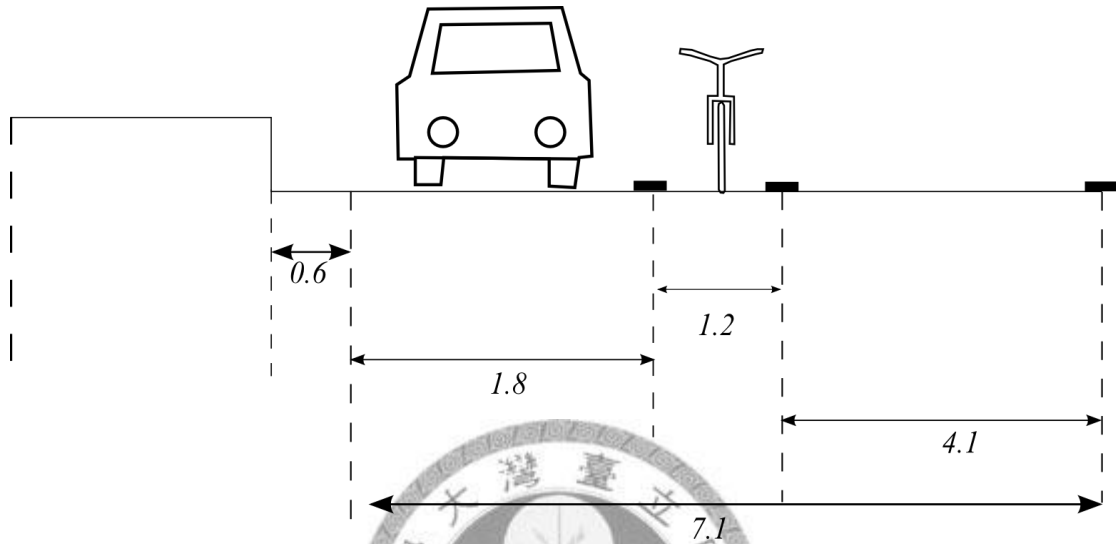


圖 5.17 方案四道路配置圖

(六) 方案五

本方案取消路邊停車，利用標線分隔外側車道與自行車專用車道，自行車專用車道寬度為 1.2 公尺。快車道數仍為四條，最外側車道寬度增加為 2.9 公尺。

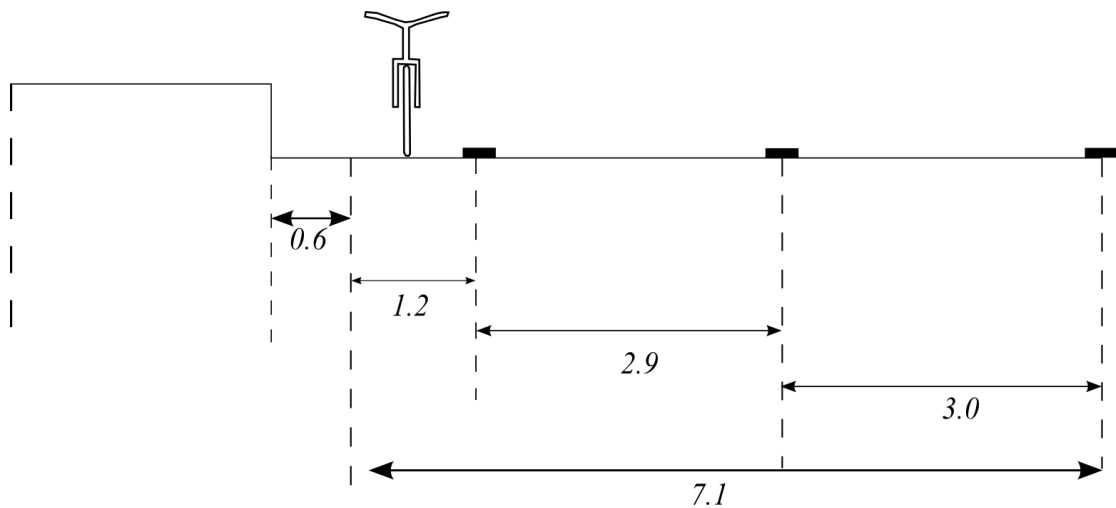


圖 5.18 方案五道路配置圖

(七) 方案六

本方案之自行車道設計型式可歸類於設置於人行道之實體分隔型自行車專用車道，本方案將人行道拓寬 0.7 公尺，同時將人行道淨寬縮減為 1.5 公尺，利用街道傢俱 2.2 公尺寬做為人行道與自行車專用車道之間的實體分隔，剩餘之空間用來劃設自行車專用車道及在自行車專用車道外側設置 0.5 公尺實體分隔區以提供路邊停車上下車民眾站立空間。此方案路邊停車格寬度與現況相同為 2 公尺，快車道數目仍為四條，但外側車道淨寬度縮減為 2 公尺

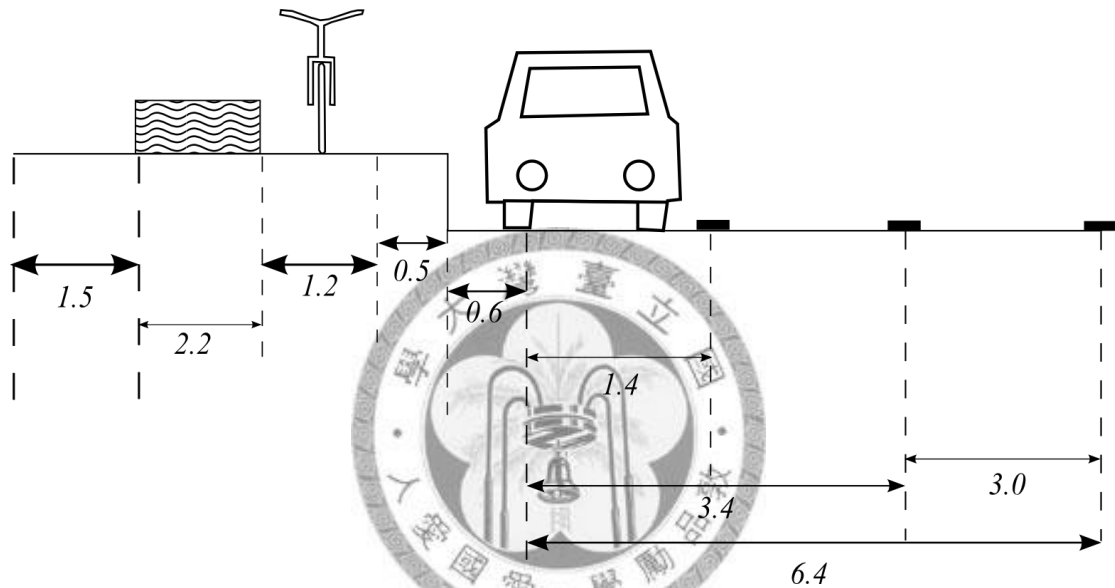


圖 5.19 方案六道路配置圖

5.3.3 方案分析結果

在此利用先前建立之決策支援系統進行實例應用，首先輸入道路現況，如圖 5.20 所示，由圖 5.21 的分析結果可知目前自行車騎乘於人行道及外側車道的風險值為 0.0149 及 0.224，分別為 A 級與 C 級，代表騎乘於人行道上很安全，而外側車道的自行車騎乘環境則為普通。另外，人行道的服務水準為 A 級，而路段服務水準則為 D 級。

自行車騎乘共行風險評估

請輸入現況資料

道路名稱 自行車騎乘速率 km/hr 自行車流率 bike/hr

道路基本資料

道路類型：
 中央與快慢分隔
 快慢分隔
 中央分隔
 中央標線分隔
 無標線

尖峰小時交通量 PHV pcw/hr
 快車道數
 慢車道數 慢車道總淨寬 m (不含停車格寬度)

外側車道資料

外側車道淨寬 m (不含停車格寬度)
 最外側兩車道淨寬 m (不含停車格寬度)

機車速率 km/hr 機車流率 veh/hr
 小型車速率 km/hr 小型車流率 veh/hr
 大型車速率 km/hr 大型車流率 veh/hr

是否允許路邊停車 是 否 機車路邊停車周轉率 veh/hr
 停車格寬度 小型車路邊停車周轉率 veh/hr
 (如為停車彎型式則填"0") 大型車路邊停車周轉率 veh/hr

人行道資料

人行道寬度 m
 行人流率(同向) ped/hr
 行人流率(逆向) ped/hr
 行人行走速率 km/hr

自行車共行風險分析

圖 5.20 實例應用道路現況資料輸入

自行車共行風險結果

自行車共行風險為：

	風險值	等級	自行車流率	總風險值
人行道	1.4925333333333333E-02	A	72	1.074624
外側車道	0.223780372186697	C		16.1121867974422

車道服務水準 0.67975 (C)
 人行道服務水準 0.9733333333333333 (A)

是否重新配置道路 是 否

圖 5.21 現況自行車共行風險與車道及人行道服務水準

由於本研究實例應用目的乃期望為該路段尋找可能的自行車道佈設型式，因此將選擇重新配置道路進行各方案資料輸入分析。各方案路段服務水準、人行道

服務水準以及自行車衝突風險值計算結果則如圖 5.23 所示。

<p>方案一</p>	<p>方案二</p>
<p>方案三</p>	<p>方案四</p>
<p>方案五</p>	<p>方案六</p>

圖 5.22 各方案道路規劃資料輸入

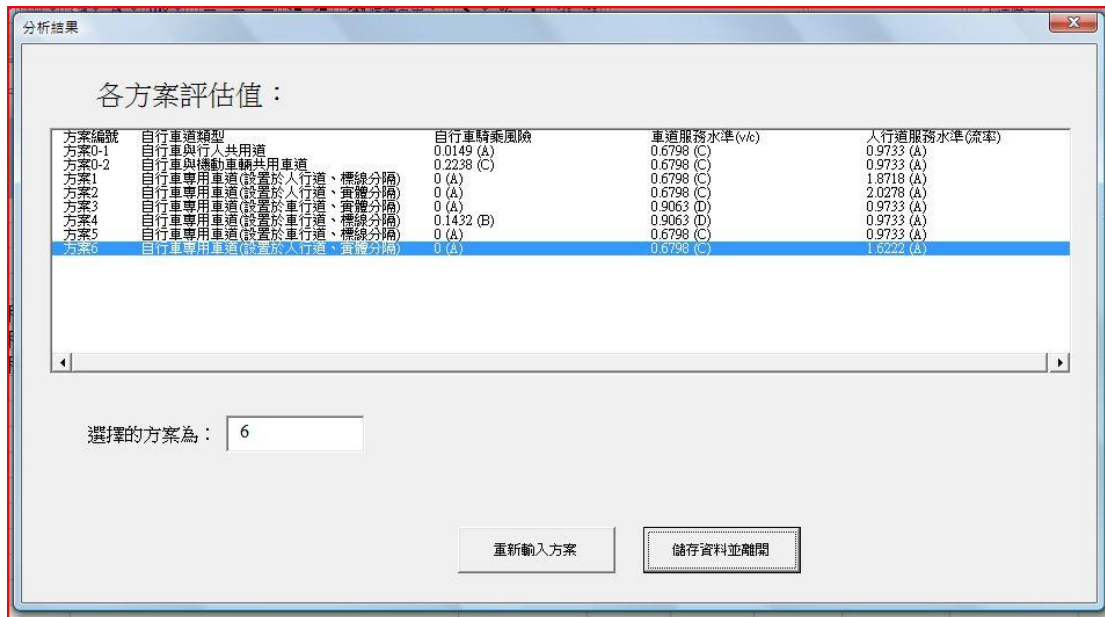


圖 5.23 方案評估結果系統圖

表 5.5 方案評估結果整理表

方案編號	自行車騎乘風險	路段服務水準	人行道服務水準
0-1	0.0149(A)	0.6798(C)	0.9733(A)
0-2	0.2238(C)	0.6798(C)	0.9733(A)
1	0(A)	0.6798(C)	1.8718(A)
2	0(A)	0.6798(C)	2.0278(A)
3	0(A)	0.9063(D)	0.9733(A)
4	0.1432(B)	0.9063(D)	0.9733(A)
5	0(A)	0.6798(C)	0.9733(A)
6	0(A)	0.6798(C)	1.6222(A)

由上表中可看出，各方案人行道服務水準均屬於 A 級。方案三及方案四由於利用減少外側車道寬度來劃設自行車專用車道，因此導致路段服務水準由原先的 C 級降低至 D 級；方案二及方案六雖也有拓寬人行道，但因車道數目不變，因此路段服務水準仍維持 D 級，而方案五路段服務水準也維持 C 級不變。自行車共行風險值方面，由於人行道服務水準為 A 級，因此自行車專用車道設置於

人行道時，即便使用標線分隔型式，行人也較不會侵入自行車專用車道，因此風險值均為零。而採用標線分隔型式的方案四及方案五，方案五因服務水準仍維 C 級，機動車輛較不會侵入自行車專用車道，因此風險值為零，而方案四路段服務水準為 D 級，已低於 C 級，因此機動車輛可能侵入自行車專用車道，其風險值為 0.1432，B 級，代表仍屬安全。綜合比較各方案三項評估值，雖然方案五在整體表現為最佳，但由於取消路邊停車較易產生民眾反彈，因此考量路段服務水準同為 C 級下，且人行道服務水準流率較低以及風險值較低的方案六做為此路段劃設自行車道的設計型式。點選「儲存資料並離開」便可將方案六的道路規劃資料加入 Excel 的工作表中，如圖 5.24 紅線所圈選區域。

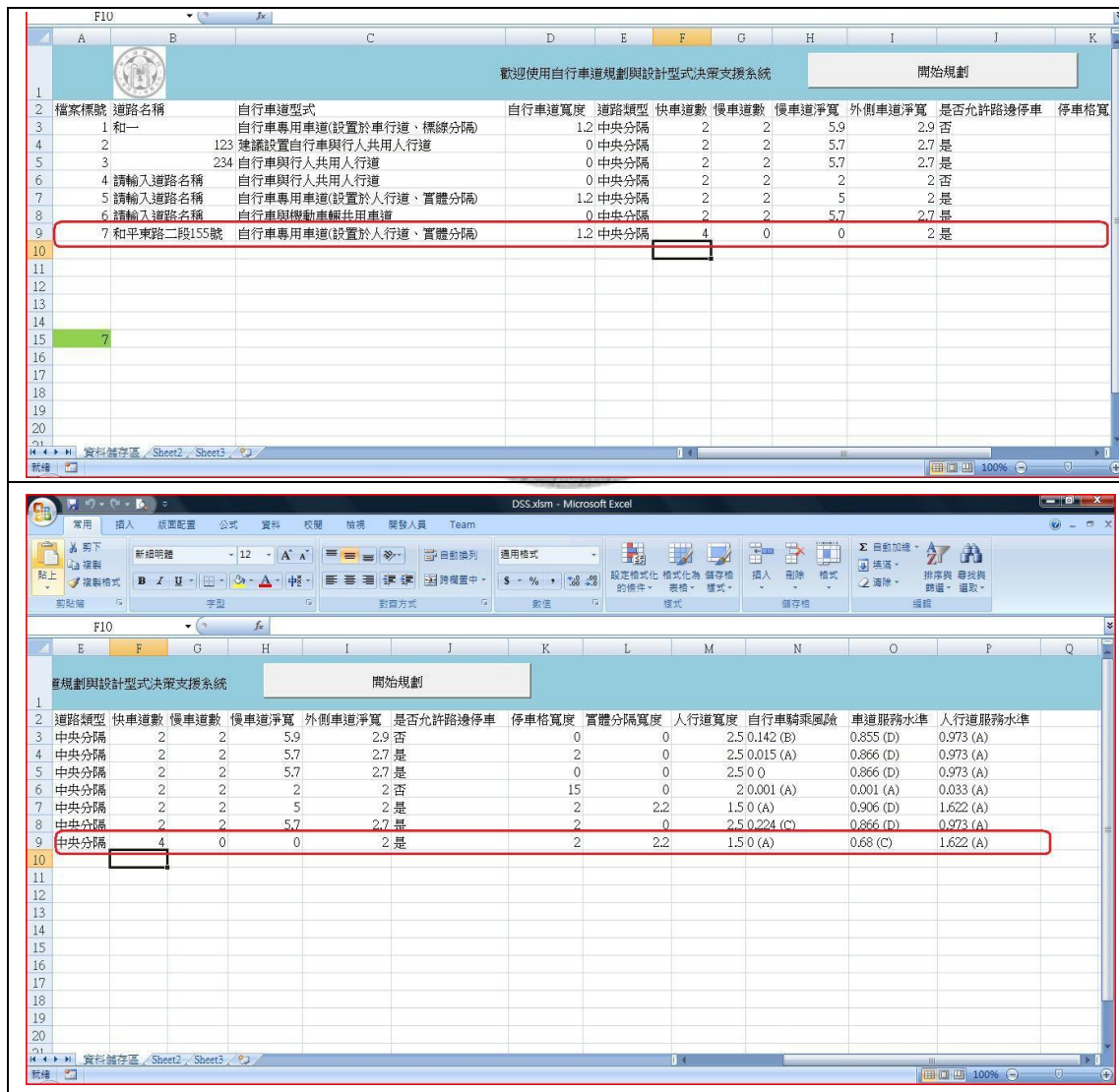


圖 5.24 方案資料儲存

將本系統實例應用之結果與第二章所介紹的運研所及臺北市交通局自行車道規劃流程圖（圖 2.3 及圖 2.4）進行規劃進行結果比較。圖 2.3 中，由於該地區人行道服務水準大於 C 級，人行道淨寬小於 3.5 公尺、大於 2.0 公尺，因此規劃形式為自行車與行人共用人行道。而由圖 2.4 的規劃流程，人行道寬度 2.5 公尺已大於單一腳踏車與單一人行空間的基本寬度 2.0 公尺，故規劃結果為於人行道設置自行車專用車道。由結果來看，臺北市交通局的規劃結果與本研究較為相近，而本研究之優點在於能夠更詳細分析規劃詳細道路規劃資料，例如自行車專用車道寬度、分隔型式、人行道寬度以及車道配置等，因此與此二規劃流程相比，能提供規劃者更詳細的資訊。

5.4 現況實例分析與系統檢討

本節將以敦化南北路自行車道為例，利用本系統分析現有自行車道型式下三項決策指標之等級，並與民眾反映之問題現況進行比較分析，藉此了解系統之應用範圍及限制。

5.4.1 敦化南北路自行車道簡介

敦化南北路自行車道北至民權東路，南至基隆路，全長共 4.6 公里，於民國 98 年 10 月正式全線通車，利用標線將自行車專用車道與慢車道進行分隔，如圖 5.25 所示。在允許路邊臨時停車的路段，則縮減自行車專用車道寬度並以槽化線分隔自行車道與汽車停車格，如圖 5.25。



圖 5.25 敦化南北路自行車道型式

資料來源：臺北市交通局

啟用後卻遭遇民眾強烈反彈，因此於民國 99 年 4 月改為僅於假日為自行車專用車道，一般日則恢復一般道路行駛。本研究以下將於敦化南路及敦化北路各選取一路段進行分析，了解自行車道設置前後對機動車輛之影響。

5.4.2 分析路段概況

本研究於敦化南路及敦化北路各選取一路段作為分析對象，敦化北路選取路段為南京東路至長春路之間，而敦化南路選取路段則為安和路二段 171 巷至四維路 154 巷之間。兩路段主要差異於敦化南路該路段為商業區，路邊停車頻繁，且多為臨時停車，而敦化北路所選路段則路邊停車數量較少。兩路段詳細資料如表 5.5 及表 5.6 所示。其道路幾何配置為未設置自行車道前之配置資料。由於兩選取路段中均可再細分為兩種路段，一為存在騎樓，一為不存在騎樓，因此表格中均包含兩種人行道寬度及行人流量

表 5.6 敦化北路分析路段資料

道路類型	快慢分隔	
快車道數	2	
慢車道數	3	
外側兩車道總寬	5.8 m	
外側車道總寬	2.8 m	
停車格寬	0 m	
交通流量	2391 pcu/hr	
人行道淨寬度	4.5 m	2.4m
行人流量	972 人/hr	336 人/hr

表 5.7 敦化南路分析路段資料

道路類型	快慢分隔	
快車道數	2	
慢車道數	2	
外側兩車道總寬	9.2 m	
外側車道總寬	6.5 m	
停車格寬	2 m	
交通流量	2935 pcu/hr	
人行道淨寬度	6.4 m	2.7m
行人流量	1024 人/hr	680 人/hr

5.4.3 分析結果與檢討

(一) 敦化北路

依照道路配置以及交通資料輸入系統之中，如圖 5.26 至圖 5.29 所示，其中方案一為禁止路邊停車之自行車道設計，方案二為目前允許臨時路邊停車且設有臨停區之設計。

自行車騎乘共行風險評估

請輸入現況資料

道路名稱 自行車騎乘速率 km/hr 自行車流率 bike/hr

道路基本資料

道路類型：
 中央與快慢分隔
 快慢分隔
 中央分隔
 中央標線分隔
 無標線

尖峰小時交通量 PHV pcu/hr

快車道數

慢車道數 慢車道總淨寬 m (不含停車格寬度)

外側車道資料

外側車道淨寬 m (不含停車格寬度)

最外側兩車道淨寬 m (不含停車格寬度)

機車速率 km/hr 機車流率 veh/hr

小型車速率 km/hr 小型車流率 veh/hr

大型車速率 km/hr 大型車流率 veh/hr

是否允許路邊停車 是 否 機車路邊停車周轉率 veh/hr

停車格寬度 小型車路邊停車周轉率 veh/hr
(如為停車彎型式則填"0") 大型車路邊停車周轉率 veh/hr

人行道資料

人行道寬度 m

行人流率(同向) ped/hr

行人流率(逆向) ped/hr

行人行走速率 km/hr

自行車共行風險分析

圖 5.26 敦化北路分析路段資料輸入

方案資料輸入

方案 1

自行車道型式：

自行車專用道寬度 m

人行道有效寬度 m 快車道數

慢車道數

慢車道總淨寬 m 外側車道淨寬 m

路邊停車資料

是否允許路邊停車 是 否 是否設置停車格 是 否
(如為停車彎型式則選擇"否")

新增方案 開始分析

方案資料輸入

方案 2

自行車道型式：

自行車專用道寬度 m 實體分隔寬度 m (如僅以停車格分隔則填"0")

人行道有效寬度 m 快車道數

慢車道數

慢車道總淨寬 m 外側車道淨寬 m

路邊停車資料

是否允許路邊停車 是 否 是否設置停車格 是 否
(如為停車彎型式則選擇"否")

路邊停車格寬度 m

新增方案 開始分析

圖 5.27 敦化北路分析路段現有自行車道型式資料輸入

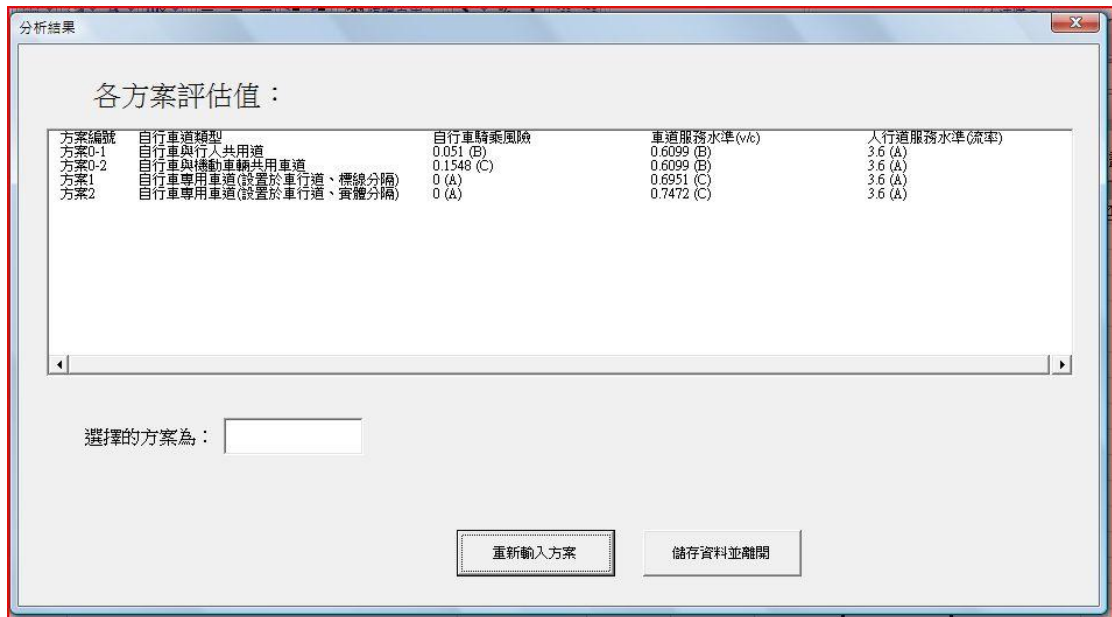


圖 5.28 敦化北路分析路段分析結果（未存在騎樓路段）

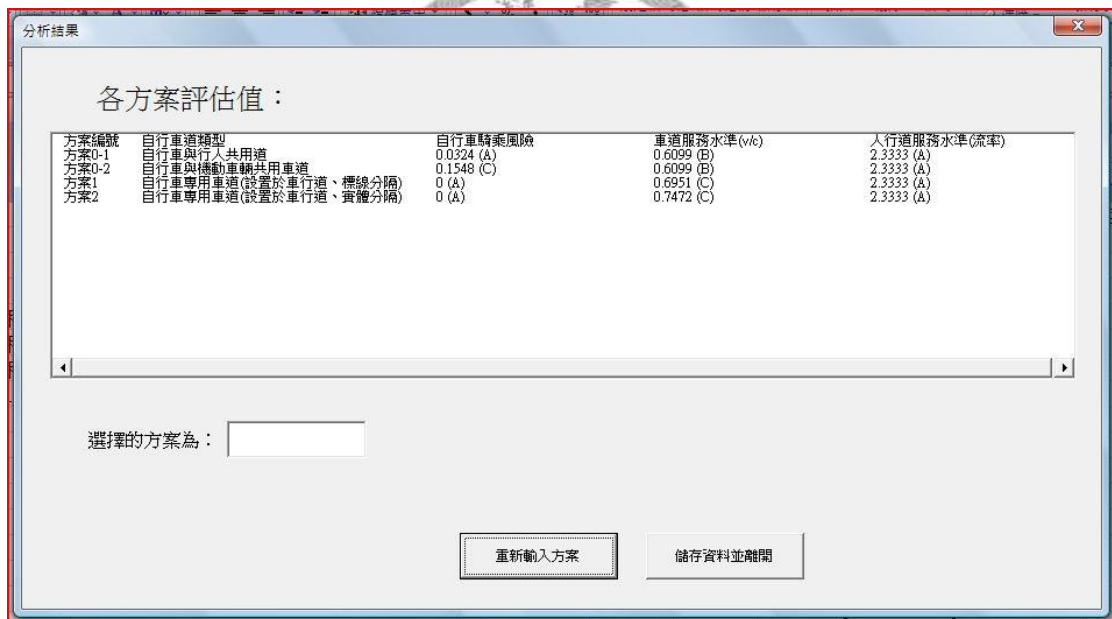


圖 5.29 敦化北路分析路段分析結果（存在騎樓路段）

表 5.8 敦化北路分析結果整理

方案編號	自行車騎乘風險	路段服務水準	人行道服務水準
未存在騎樓路段			
方案 0-1	0.051(A)	0.6099(B)	3.6(A)
方案 0-2	0.1548(C)	0.6099(B)	3.6(A)
方案 1	0(A)	0.6951(C)	3.6(A)
方案 2	0(A)	0.7472(C)	3.6(A)
存在騎樓路段			
方案 0-1	0.0324(A)	0.6099(B)	2.33(A)
方案 0-2	0.1548(C)	0.6099(B)	2.33(A)
方案 1	0(A)	0.6951(C)	2.33(A)
方案 2	0(A)	0.7472(C)	2.33(A)

圖 5.28 為未存在騎樓之路段分析結果，圖 5.29 為有騎樓之路段分析結果。雖然在設有騎樓的路段人行道寬度較小，但由於人行道上的行人流率也較低，因此自行車騎乘於人行道上的風險值較低。由分析結果可看出自行車道的設置使路段的服務水準由 B 級降至 C 級，由於尚未低於 C 級，因此假定機動車輛不會侵入自行車專用車道，風險值為零。此外，由分析結果顯示尚未設置自行車專用道之前，自行車無論騎乘於人行道或外側車道上均有 C 級以上的水準，顯示原先的道路設計對於自行車騎士騎乘安全尚可接受。

(二) 敦化南路

敦化南路分析路段資料輸入如圖 5.30 至 5.33 所示，另由於此路段主要均設有臨停區，因此僅以此型式作為分析方案。

自行車騎乘共行風險評估

請輸入現況資料

道路名稱 自行車騎乘速率 km/hr 自行車流率 bike/hr

道路基本資料

道路類型：
 中央與快慢分隔
 快慢分隔
 中央分隔
 中央標線分隔
 無標線

尖峰小時交通量 PHV pcu/hr
 快車道數
 慢車道數 慢車道總淨寬 m (不含停車格寬度)

外側車道資料

外側車道淨寬 m (不含停車格寬度)
 最外側兩車道淨寬 m (不含停車格寬度)

機車速率 km/hr 機車流率 veh/hr
 小型車速率 km/hr 小型車流率 veh/hr
 大型車速率 km/hr 大型車流率 veh/hr

是否允許路邊停車 是 否 機車路邊停車周轉率 veh/hr
 停車格寬度 小型車路邊停車周轉率 veh/hr
 (如為停車彎型式則填"0") 大型車路邊停車周轉率 veh/hr

人行道資料

人行道寬度 m
 行人流率(同向) ped/hr
 行人流率(逆向) ped/hr
 行人行走速率 km/hr

自行車共行風險分析

圖 5.30 敦化南路分析路段資料輸入

方案資料輸入

方案 1

自行車道型式：

自行車專用道寬度 m 實體分隔寬度 m (如僅以停車格分隔則填"0")

人行道有效寬度 m 快車道數
 慢車道數
 慢車道總淨寬 m 外側車道淨寬 m

路邊停車資料

是否允許路邊停車 是 否 是否設置停車格 是 否
 (如為停車彎型式則選擇"否")
 路邊停車格寬度 m

新增方案 開始分析

圖 5.31 敦化南路分析路段現有自行車道型式資料輸入

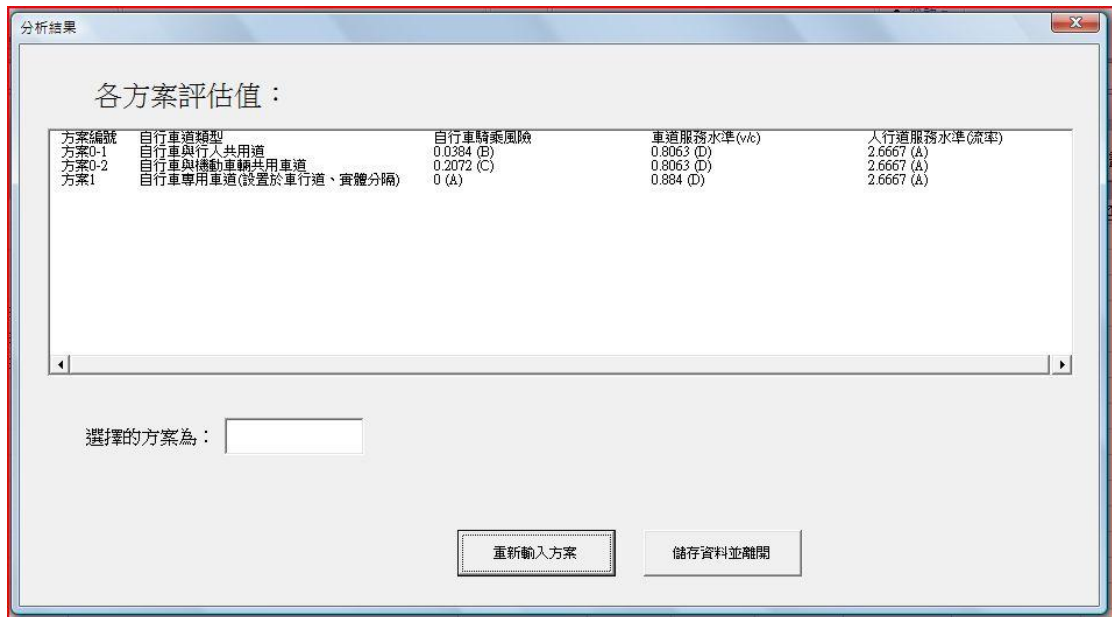


圖 5.32 敦化南路分析路段分析結果（未存在騎樓路段）

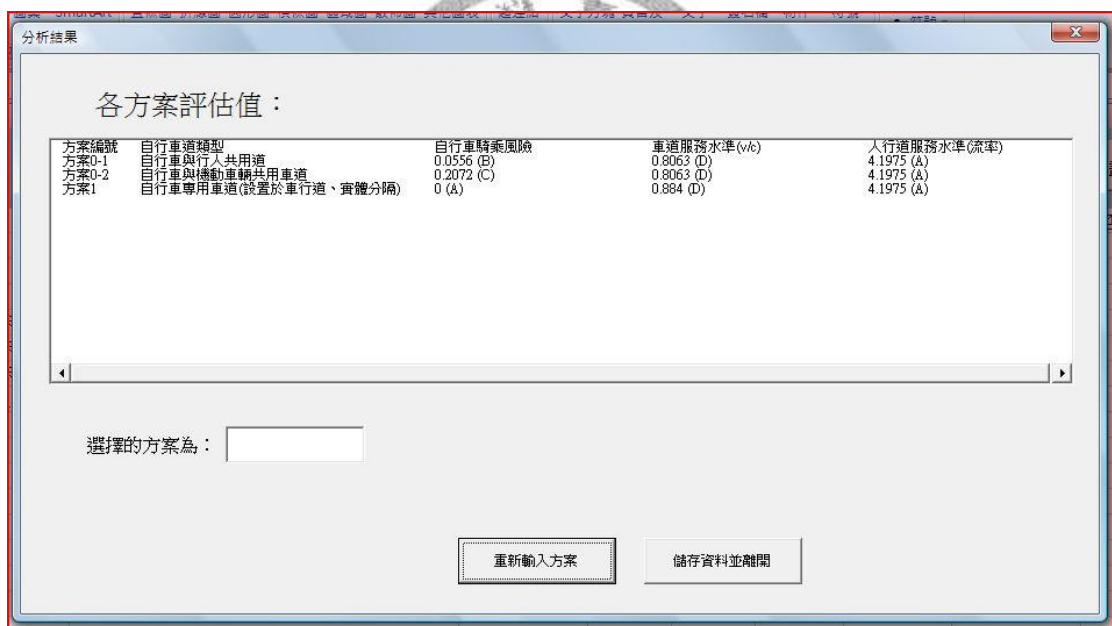


圖 5.33 敦化南路分析路段分析結果（存在騎樓路段）

表 5.9 敦化南路分析結果整理

方案編號	自行車騎乘風險	路段服務水準	人行道服務水準
未存在騎樓路段			
方案 0-1	0.0384(B)	0.8063(D)	2.6667(A)
方案 0-2	0.2072(C)	0.8063(D)	2.6667(A)
方案 1	0(A)	0.884(D)	2.6667(A)
存在騎樓路段			
方案 0-1	0.0556(B)	0.8063(D)	4.1975(A)
方案 0-2	0.2072(C)	0.8063(D)	4.1975(A)
方案 1	0(A)	0.884(D)	4.1975(A)

由於設有停車格且交通量較大，此路段服務水準為 D 級，因自行車道型式為實體分隔型，因此自行車騎乘風險值為零。此外，由分析結果可看出未設置自行車專用道之前，自行車騎乘風險為分別為 B 級與 C 級，顯示原先的道路設計及交通狀況下騎士可安全地騎乘於人行道，而騎乘外側車道的安全性則為普通。

(三) 系統檢討

由此系統所分析的結果均顯示自行車騎乘敦化南北路自行車專用道的風險為零，此結果與現況有所出入，藉由實際觀察敦化南北路自行車道目前狀況，可發現常有機動車輛侵入自行車專用車道，且大部分為路邊停車之車輛，行駛中之車輛則較少。造成此一差異之原因為系統假設車輛均為正確停放於停車格上，然而實際上駕駛人大多均將車輛停靠於自行車專用車道上，詳細檢視其原因可發現，如圖 5.27 及圖 5.31 中所示，設置停車格後外側車道淨寬度均小於 3 公尺，此一寬度以小於機車與汽車兩車動態寬度相加，也因此車輛出入停車格時對於外側車道易產生較大的衝擊，駕駛人為保持安全距離故將車輛停靠於自行車專用車道上。由於自行車專用車道常被路邊停車車輛阻擋，因此大多數自行車騎士便行駛共行風險等級較低之人行道。由於尚無法得知外側車道寬度、路邊停車周轉率以及外側車道交通量三者與路邊停車侵入設置於停車格右側之自行車專用車道的比率，本系統尚無法處理此一情形，但系統使用者仍可藉由比較各方案中外側車道寬度

來選擇較佳方案。

此外，如果一地區尖峰與離峰交通狀況差異極大時，同時分析兩種狀況可能產生不同的適合規劃方案，此部分則需使用者自行判斷，可制定時段性政策來處理此一狀況，舉例來說，尖峰時刻的交通狀況可能並不適合設置自行車專用車道，而離峰的時候則適合，此時便需制定時段性的政策，例如尖峰時間自行車道回歸機動車輛使用而自行車行駛替代路徑，離峰時則恢復自行車專用。

最後，此系統乃適用於選擇各路段適合的自行車規劃方案，而各路段間自行車道型式的串連性則需依賴規劃設計者進行彈性調整，由於系統會將過去規劃的資料儲存於工作表中，因此使用者也可參考工作表中相鄰路段的自行車型式，選擇與相鄰路段型式較為相近且三項系統評估指標評估結果較佳的方案，以方便各路段自行車道的串連。

由以上介紹檢討可歸納得知，本系統可考量自行車騎乘安全性以及機動車輛與行人的使用空間服務品質，但仍有所限制，例如：機動車輛違規侵入自行車專用車道的行為及原因尚無法完全描述，此外，本系統主要考量的自行車道型式為路段中，路段之間的銜接性以及路口的型式為本系統尚未處理的部分。

第六章 結論與建議

6.1 結論

1. 本研究利用自行車與行人或機動車輛衝突情況建立自行車共行衝突風險指標。以自行車與行人或與機動車輛的交會次數代表自行車暴露於危險環境時間的長短，以此作為曝光量指標，並因應道路寬度對衝突次數的影響，建立寬度修正因子，藉此修正曝光量指標。另考量事故發生時碰撞能量大小代表事故發生時的嚴重性，車輛動能的大小與車輛質量及碰撞時的速率有關，以此動能公式作為嚴重度指標。藉由二指標的乘積求得共行衝突風險。而對於自行車騎乘人行道的共行衝突風險，考量行人與自行車低速率特性及缺乏相關間距研究，因此自行車騎乘人行道的共行衝突風險僅使用曝光量指標，未包含嚴重度指標。
2. 車輛碰撞自行車時的碰撞速率與車輛間距相關，依照過去的研究資料，顯示車輛間距為伽瑪分佈，其機率密度函數中的 α 與 β 值與道路分隔型態有關，利用 K-S 檢定結果顯示：機車在中央分隔及快慢分隔型、中央分隔及無分隔道路下的 α 與 β 值分別為 1.5 與 0.6、1.8 與 0.7 及 1.7 與 1.2；汽車在此三種道路下的 α 與 β 值則為 1.9 與 1.6、2.2 與 1.5 及 2.2 與 1.8。
3. 本研究利用拍攝影片方式，進行自行車騎士安全感受問卷，由填答結果可發現對於目前臺北市人行道及外側車道的自行車騎乘環境，大部分使自行車騎士感到不安全，其次為普通，安全以及很安全比例較少。且相較於人行道，更少比例的民眾對於外側車道的自行車騎乘環境感到安全及很安全。顯示目前臺北市道路現況對於自行車與其他用路人共用的騎乘環境仍不友善。
4. 藉由自行車騎士感受問卷利用模糊隸屬函數，本研究對於人行道及外側車道自行車共行衝突風險進行等級劃分，共分為 A 至 E 級共五級。對於人行道

各等級風險值門檻為 A 級： $R_s < 0.0332$ ；B 級： $0.0332 < R_s < 0.0759$ ；C 級： $0.0759 < R_s < 0.1358$ ；D 級： $0.1358 < R_s < 0.1856$ ；E 級： $R_s > 0.1856$ 。對於外側車道各等級風險值門檻為 A 級： $R_l < 0.1147$ ；B 級： $0.1147 < R_l < 0.1534$ ；C 級： $0.1534 < R_l < 0.2293$ ；D 級： $0.2293 < R_l < 0.4942$ ；E 級： $R_l > 0.4942$ 。

5. 結合自行車共行衝突風險、路段服務水準及人行道服務水準建構自行車道規劃與設計型式決策支援系統，該系統可針對現況進行風險分析提供使用者建議共用道型式，也可依使用者輸入各方案道路規劃資料進行分析，提出分析結果提供使用者進行選擇，並儲存所選擇之方案規劃資料。
6. 本研究以和平東路二段(建國南路以東，復興南路以西)北側進行實例應用，該段道路現況於人行道騎乘自行車風險值為 A 級，而在騎乘於外側車道上則為 C 級。本研究擬定六個自行車道規劃方案，依系統分析結果，雖然方案五在整體表現為最佳，但考量取消路邊停車可能易產生民眾反彈，因此考量路段服務水準同為 D 級，且人行道服務水準流率較低的方案六做為此路段劃設自行車道的設計型式。
7. 本研究以敦化南北路自行車道進行分析，可發現本系統尚無法處理路邊停車侵入自行車道、尖峰離峰交通狀況差異較大以及路段間自行車道型式串連之情形，此部分仍需仰賴使用者自行進行調整。

6.2 建議

1. 本研究以自行車騎乘安全、路段服務水準以及人行道服務水準三項指標建構自行車道型式規劃設計決策支援系統，自行車道的興建除了考量上述三項指標外，仍須考量興建成本及預算限制、路線連貫性、土地使用以及景觀設計等相關因素，未來可將相關指標結合多準則決策分析方法建構更完整的自行車規劃設計決策支援系統。

2. 在發放騎士感受問卷時，可發現不同自行車族群對於人行道與車道安全感受程度也有所不同。使用自行車頻率高且經常使用自行車做為運動休閒活動用途的騎士族群，普遍認為人行道上騎乘自行車較危險，而一般民眾則大多認為騎乘自行車於車道較危險，對於兩類族群的差異以及民眾自行車騎乘位置的選擇行為需更多深入的研究來了解。
3. 本研究所擬定的寬度修正因子為利用各車種及行人的動態寬度相加而得基本安全寬度，並藉由基本安全寬度與車道（或人行道）寬度相除而得。而道路寬度對於車輛衝突的實際影響情形仍需後續研究進行探討，以產生更精確之寬度修正因子。
4. 回顧國外相關文獻，可發現對於車輛間距分佈型態已有些詳盡的研究，不同道路等級及型態或交通流量下，機率分佈的類型及機率密度函數的參數值也會有所不同，而國內尚缺乏針對此部份車流基本特性的研究，未來可針對此部分進行完整的資料蒐集及研究，以了解台灣道路交通特性下，車輛間距機率分佈的型態，並藉此使嚴重度指標的表現能力更為符合現實情形。
5. 本研究所探討的自行車道設計型式僅針對路段，路口自行車道型式及路口與路段型式之間的銜接對於自行車道的服務品質也有所影響，未來可針對此議題進行深入的探討，使系統更加完備。
6. 由實際觀察可發現路邊停車易侵入自行車道，此與外側車道寬度及交通量相關，但此一關係仍需更進一步之研究，可幫助未來規劃設自行車道時，提升自行車道使用的安全及效率。
7. 本研究在計算自行車騎乘於人行道上之自行車共行衝突風險時，將行人的行走方向簡化為順車行方向及逆車行方向兩類，但實際上行人的行走方向並非僅僅此兩類，可能包含橫向穿越、迴轉等等，這些行為均可能與自行車騎士產生衝突，此部分仍需後續研究更深入探討。

8. 本研究以各種用路人之流量及速率求得交會次數做為曝光量指標構建原理，未來也可使用密度作為模式構建依據，若行人或機動車輛密度越高，自行車行駛的交會次數勢必也越高。
9. 自行車流量的大小也會影響其他用路人的安全性，進而影響自行車道設置的決策過程，因此未來可針對自行車流量大小對於其他用路人的影響程度進行研究。



參考文獻

1. 內政部營建署，市區道路及附屬工程設計規範，民國 98 年。
2. 內政部營建署，都市人本交通規劃設計手冊，民國 98 年。
3. 中華顧問工程司委託、中華民國運輸學會辦理，機車專用道與腳踏車專用道設計準則之研究，民國 96 年。
4. 交通部，公路路線設計規範，民國 97 年。
5. 交通部運輸研究所，2001 年台灣公路容量手冊，民國 90 年。
6. 交通部運輸研究所，自行車道系統規劃設計參考手冊，民國 99 年。
7. 朱宸佐，透過熵參數建立行人流擾指標之研究，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 97 年。
8. 呂佳玲，都市中通勤型腳踏車道設置之研究，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 96 年。
9. 李明聰，地區性道路人車共存設施風險評估模式建立與應用，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 89 年。
10. 林依葶，都市自行車路徑評估與規劃之研究，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 99 年。
11. 林昭名，應用層級分析法於都會區既有自行車道改善評估之研究，逢甲大學交通工程與管理所碩士論文，民國 97 年。
12. 林禎家、游佳蓉，運輸型自行車道路網規劃模式，中華民國運輸學會 99 年學術論文國際研討會，民國 99 年。
13. 施養政，自行車生活小區之營造 — 以臺北市中心為例，淡江大學建築系碩士班碩士論文，民國 98 年。
14. 區奕勤、張先迪，模糊數學原理及應用，儒林圖書有限公司，民國 80 年。
15. 張新立，道路交通安全研究方法之剖析，交通運輸第九期，第 85~89 頁，民

國 76 年。

16. 梁定澎，決策支援系統與企業智慧，智勝出版社，1994。
17. 許添本，多車種組合式模組化車流模擬模型之研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，民國 83 年。
18. 許添本，整合機車流動特性之號誌設計方法與路口機車等候空間佈置方法之研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，民國 85 年。
19. 許淑禎，核能電廠管制單位電廠視察員風險顯著性決策支援系統之探討，中原大學資訊管理學系碩士論文，民國 95 年。
20. 許勝隆，道路服務水準限制下求取基地開發容積之方法研究，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 89 年。
21. 許義宏，巨觀混合車流模型構建之研究，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 96 年。
22. 陳泓宇，人行道行駛自行車服務水準評估，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 99 年。
23. 陳彥儒，自行車專用道安全性評估指標體系之研究，朝陽科技大學休閒事業管理系碩士班碩士論文，民國 97 年。
24. 陽家郡，都會區人行步道與自行車道共構之可行性研究，逢甲大學交通工程與管理所碩士論文，民國 98 年。
25. 詹詩姿，都市自行車道規劃設計使用後評估研究-以台北市信義計畫區為例，台北科技大學建築與都市設計研究所碩士論文，民國 98 年。
26. 臺北市交通管制工程處，臺北市腳踏車道設計手冊，民國 96 年。
27. 趙晉緯，人行空間綜合評估指標建立之研究，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 92 年。
28. 劉施敏，石門水庫集水區治理決策支援系統建置與策略研擬，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 97 年。
29. 蔡育倫，建立中運量大眾運具選擇之決策支援系統，台灣大學土木工程學研

- 究所碩士論文，民國 98 年。
30. 蘇少奕，巷道人車衝突評估指標與服務水準之建立與應用，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 91 年。
 31. 饒智平，號誌化交岔路口風險分析及安全檢核評估方法之研究，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 84 年。
 32. Al-Ghamdi, A.S., “Analysis of Time Headways on Urban Roads: A Case Study from Riyadh”, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 127, No. 4, pp. 289-294, 2001.
 33. American Association of State Highway and Transportation Officials, *Guide for the Development of Bicycle Facilities*, 1999.
 34. Baltimore Metropolitan Council, *Bicycle Level of Service Evaluation Update & Pedestrian Level of Service Evaluation*, 2004.
 35. Botma, H., “Method to Determine Level of Service for Bicycle Paths and Pedestrian-Bicycle Paths”, *Transportation Research Record*, No.1502, pp. 38-34, 1995.
 36. Centre for Research and Contract Standardization in Civil and Traffic Engineering-The Netherland, *Sign up for the bike; Design manual for a cycle-friendly infrastructure*. CROW Record 10, 1993.
 37. Chapman, R., “The Concept of Exposure”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 5, pp.95-110, 1973.
 38. Department for Transport, *Cycle Infrastructure Design*, 2008.
 39. Epperson, B., “Evaluating Suitability of Roadways for Bicycle Use: Toward a Cycling Level-of-Service Standard”, *Transportation Research Record*, No.1438, pp. 9-16, 1994.
 40. Harkey, D.L., Reinfurt, D.W., Knuiman, M., Stewart, J.R, and Sorton, A., *Development of the Bicycle Compatibility Index: A Level of Service Concept*

- Final Report, FHWA-RD-98-072, 1998.
41. Kwon, Y., Morichi, S., and Yai, T., “Analysis of Pedestrian Behavior and Planning Guidelines with Mixed Traffic for Narrow Urban Streets”, Transportation Research Record, No.1636, pp. 1169-123, 1998.
 42. Landis, B.W., “Bicycle Interaction Hazard Score: A Theoretical Model”, Transportation Research Record, No.1438, pp. 3-8, 1994.
 43. Landis, B.W., Vattikuti, V.R., and Brannick, M.T., “Real-Time Human Perceptions: Toward a Level of Service”, Transportation Research Record, No.1578, pp. 119-126, 1997.
 44. Power, D.J., “A Brief History of Decision Support Systems”, DSSResources.COM, World Wide Web, 2007, <http://dssresources.com/history/dsshistory.html>.
 45. Sorton, A., and Walsh, T., “Bicycle Stress Level as a Tool to Evaluate Urban and Suburban Bicycle Compatibility”, Transportation Research Record, No.1438, pp. 17-24, 1994.
 46. Turner, S.M., Shafer, C.S., and Stewart, W.P., “Bicycle Suitability Criteria for State Roadways in Texas,” Research Report 3988-S, Texas Transportation Institute, Texas Dept. of Transportation, 1997.
 47. Wisconsin Department of Transportation, Wisconsin Bicycle Facility Design Handbook, 2004.
 48. Zhang, G., Wang, Y., Wei, H., and Chen, Y., “Examining Headway Distribution Models with Urban Freeway Loop Event Data”, Transportation Research Record, No.1999, pp. 141-149, 2007.

附錄一 自行車騎乘安全感受問卷

這是一份關於自行車騎乘安全感受的問卷，請觀看影片後填答問卷，回答在影片的交通環境下，騎乘自行車所感受的安全程度。

本問卷將分為三部分：

第一部分為評估自行車騎乘於人行道上的程度

第二部分為評估自行車騎乘於外側車道上的安全程度

第三部分為填答者的基本資料

第一部分 騎乘於人行道的安全程度

在第一部分的問卷中，您將會看到十二個人行道影片(每段影片約 1 分鐘)

假設您在畫面中的人行道騎乘自行車，請依感受到的安全程度進行填答。

看完左邊影片請回答以下問題

影片 1-1 *

騎乘自行車於該人行道上讓您感覺

很安全 安全 普通 不安全 很不安全

第二部分 騎乘於外側車道的安全程度

在第二部分的問卷中，您將會看到八個道路影片(每段影片約 1 分鐘)

假設您在畫面中的外側車道騎乘自行車，請依感受到的安全程度進行填答。

看完左邊影片請回答以下問題

影片 2-1 *

騎乘於該車道讓您感覺

很安全 安全 普通 不安全 很不安全

第三部分 基本資料

請填寫您的基本資料

性別 *

男 女

年齡 *

10-19 20-29 30-39 40-49 50 以上

職業 *

學生 軍公教警 商 工 農林漁牧 服務業 家管 退休 其他

使用自行車的頻率 *

一週 3 次以上 一週 1~3 次 一個月 1~3 次 兩個月騎乘 1 次

三個月騎乘 1 次 三個月以上騎乘 1 次 不曾使用

