

## 國中生腳踏車通學環境之安全評估指標建立

張建彥 Chien-Yen Chang<sup>1</sup>

卓裕仁 Yuh-Jen Cho<sup>2</sup>

陳世勳 Shih-Hsun Chen<sup>3</sup>

### 摘 要

腳踏車為臺灣地區國中生通學之主要交通工具，依據教育部校安中心統計，民國 93 至 95 年間，校園安全事件通報中，交通意外連續三年高居第一位。另外，從臺灣地區腳踏車頭部外傷患者年齡分析可知，10~19 歲年齡層的腳踏車頭部外傷患者比例最高，達 35.2%，進一步分析發現，13~15 歲國中生年齡層患者占 10~19 歲患者比例高達 45%，顯示腳踏車意外傷害已對國中生通學安全造成莫大的影響。鑒於目前國內對於腳踏車安全分析或腳踏車環境規劃之相關研究，大多仍集中在旅遊景點或遊憩性質之腳踏車道，對於學生通學環境之腳踏車安全研究則甚少著墨。再者教育及交通資源有限，要改善校園通學環境，不可能也不宜採齊頭式平等給予相同補助，必須針對急迫性且必要性之學校進行優先改善，因此有必須先建立一公正客觀的評比標準。綜上所述，本研究乃透過德爾菲專家法及層級分析法，設計問卷進行調查分析，建立國中生腳踏車通學環境之安全評估指標及相對權重。研究結果發現，第一層級五大構面依權重重要性由高至低排序，分別為「交通狀況」、「導護人員」、「標誌、標線、反射鏡」、「道路幾何結構」、「照明、反光設施」，相對權重分別為 0.257、0.211、0.197、0.188、0.147。在第二層整體 18 個指標中，則以「警察與義交指揮交通」權重最高，為 0.168。本研究結果可供教育及交通相關單位建立國中生腳踏車通學環境安全評估體系之參考。

**關鍵詞：**腳踏車、國中、安全評估指標、德爾菲法、層級分析法

### 一、前 言

目前臺灣國中小學生通學方式，大致分為步行、自行車、家長接送、校車接送等類型。依據教育部統計，校園意外事故類型中，以校外交通安全事故所佔比例最高，達到 46.72%（教育部，2009）。依據表 1 資料顯示，民國 93 年至 95 年，交通意外為校安通報件數最多的類別（教育部，2006）。因此，交通意外事故是青少年最常發生的意外傷害，而發生意外的時間，大多數集中在通學時間，故教育單位應該重視學生通學的交通環境問題。鑒於目前腳踏車仍為國中生通學之主要交通工具，因此改善國中生騎腳踏車通學的環境安全，以降低事故發生的機率，為重要的課題之一。

<sup>1</sup> 中華大學運輸科技與物流管理學系副教授（聯絡地址：新竹市香山區五福路二段 707 號，電話：03-5186085，E-mail: axle@chu.edu.tw）。

<sup>2</sup> 中華大學運輸科技與物流管理學系副教授。

<sup>3</sup> 中華大學運輸科技與物流管理學系研究所碩士。

表 1 民國 93 年至 95 年校園安全事件通報件數統計表

項目 年	交通 意外	法定 疾病	性侵害、猥 褻及性騷擾	校園 鬥毆	自傷(殺)	其他	總計(件)
93 年	4249 (38.4%)	884 (8.0%)	176 (1.6%)	356 (3.2%)	212 (1.9%)	5197 (46.9%)	11074
94 年	3963 (36.0%)	3028 (27.5%)	578 (5.3%)	339 (3.1%)	275 (1.5%)	2823 (25.6%)	11006
95 年	3420 (30.5%)	1681 (15.0%)	897 (8.0%)	732 (6.5%)	251 (2.2%)	4231 (37.7%)	11212

資料來源：教育部(2006)。

根據我國道路交通管理處罰條例規定，自行車屬於慢車，又分為「腳踏自行車、電動輔助自行車、電動自行車」。其中「腳踏自行車」(以下簡稱腳踏車)，為本研究主要探討的交通工具。國內學生騎乘腳踏車通學非常普遍，然而國內對於腳踏車騎乘環境卻甚少關注。而綠色環保是未來交通的主流，腳踏車更是實踐綠色環保的最佳交通工具，故如何確保腳踏車騎士的安全，實是一項重要的議題。依據相關研究指出，民國 95 年至 97 年間，臺中市腳踏車傷亡人數比例，以 11~18 歲最高，佔 31%，肇事位置以交叉路口比例最高，為 56% (黃碧芬, 2010)。另外，臺灣地區腳踏車頭部外傷人數中，10~19 歲頭部外傷比例最高，佔 35.2%，其中 13~15 歲國中階段佔 10~19 歲頭部外傷比例更高達 45.1%。而 10~19 歲頭部外傷引發中重度傷害、以及預後死亡比例也最高 (黃純凰, 2003)。以上數據皆顯示目前青少年腳踏車意外事故問題之嚴重性，必須提出有效的改善計畫，以降低青少年腳踏車意外事故。

以往國內有關腳踏車安全之研究，大都集中在旅遊景點的自行車道環境，或是腳踏車使用者的外顯行為，鮮少針對國中生騎腳踏車通學的環境安全進行研究。國中生是我們未來的主人翁，倘若因交通意外而失去寶貴的生命，對社會或家庭都是無可彌補的損失。改善校園周邊通學環境之安全涉及範圍甚廣，內容也較複雜，加上教育與交通資源有限，因此必須先針對通學環境之安全程度較差的學校優先進行改善，而要決定各學校之通學環境安全程度，則應先建立一套客觀的評估指標與分析方法。

綜上所述，本研究乃透過德爾菲(Delphi)專家法及層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)，設計問卷進行調查分析，建立一套國中生腳踏車通學環境之安全評估指標及相對權重，並藉由實例說明指標權重之應用。

## 二、文獻回顧

過去腳踏車研究大多針對車體結構、煞車安全，或是騎乘腳踏車行為及認知態度等方面進行分析，本研究蒐集相關文獻並加以整理，說明如後。

1. 陳志豪(2000)研究指出腳踏車和其他車種設計不同，既沒有汽車穩定的車體結構，也不像機車利用機械動力輸出以輔助車身穩定方向，腳踏車必須和騎乘者配合無間，才能達到穩定的控制。
2. 賴大渭(2009)研究發現腳踏車穩定和煞車及車體結構有密切關連，腳踏車的

車身剛性必須和避震、煞車配合好，才能達到穩定效果。而腳踏車煞車時，主要和前後輪的荷重狀態和煞車力有關；腳踏車在下坡或高速行駛下，騎乘者重心必須往後才能提高穩定性；腳踏車之發生失控狀況，大都肇因於輪胎鎖死，也就是俗稱的「甩尾」；下坡時，後輪煞車力道會降低，故後輪煞車力道太大會導致打滑，而前輪煞車力道過大會導致翻車。若前後輪施以相同的煞車夾力，一般來說後輪會先鎖死，因此腳踏車的煞車設計中，後輪煞車夾力必須小於前輪。腳踏車高速行駛時，傾斜角度必須相對增加才能順利過彎，但最大傾斜角度不能超過 45 度才能順利過彎。

3. 黃碧芬(2010)在臺中市腳踏車事故研究中指出，國內青少年常使用腳踏車當作通學的主要方式，然而腳踏車的安全性和其他交通工具相比之下相對危險。11~18 歲年齡層佔全體腳踏車事故比例最高，達 31%。而腳踏車事故最多的地點為交叉路口。在臺灣地區腳踏車頭部外傷研究中也有類似的發現，腳踏車頭部外傷患者中，10~19 歲年齡層佔全部傷患的 35.2%，比例最高。而進一步分析 10~19 歲受傷患者中，屬於國中階段 13~15 歲的患者比例更高達 45.1%。而腳踏車頭部外傷患者，10~19 歲引發中重度傷害及預後死亡比例最高。兩者的研究都指出，近九成的腳踏車事故中，腳踏車騎士都未戴安全帽。肇事車輛分析中，汽車和機車是造成腳踏車事故最多的碰撞者，腳踏車和他車碰撞中，在他車未違規的情況下，腳踏車本身違規的比例為 49%，說明腳踏車未遵守交通規則而肇事比例頗高。綜觀上述研究，腳踏車的穩定度沒有汽機車高，騎乘者很容易受外力及操控不當而發生事故。研究也指出，腳踏車事故絕大多數都是和汽、機車發生碰撞，這和國內目前道路規劃中，腳踏車和汽、機車未落實分道有關。
4. 馮彥平(2010)針對高雄市國中生騎腳踏車騎乘行為研究發現，男學生較女學生有更多的危險行為。多數學生不認為『未戴安全帽、雙載、單手騎車』是危險行為，且多數學生曾經有過「騎車停音樂」、「不行駛在慢車道」、「轉彎不減速也不看有無來車」等危險行為，而學生對於交通號誌、標誌、標線滿意度不到三成。只有不到一半的學生會利用腳踏車專用道；老師在學校很少叮嚀學生行車安全；學生有基本的交通安全知識，但對於腳踏車的機械常識和操作卻不熟練。
5. 林志坤(2009)在臺北市國中生騎乘腳踏車參與動機與阻礙因素中發現，國中生騎乘腳踏車的阻礙因素包括「場地設施」、「安全問題」、「客觀因素」三個層面。研究結果顯示，造成騎乘腳踏車的阻礙因素中，以「客觀因素」的認同最多，包括天候、交通安全等，都會造成學生心生畏懼，導致沒有意願騎乘腳踏車。
6. 張家銘(2009)在國中生騎腳踏車的交通安全認知與態度中發現，國中生對於交通安全的認知和表現出的行為態度有正相關，交通安全認知越好，表現出的交通行為態度也越好；另外，國中生對於遵守交通法規以及腳踏車的使用認識上得分普遍低落，且國中生對於交通危險行為的知覺，以及相關課程的學習，有較低的分數。至於個人不同的背景因素，對於學生交通安全的認知和態度則有明顯差異，而實施腳踏車考照制度，可以增加學生騎乘腳踏車的安全和操作知識。

## 三、指標架構建立

### 3.1 指標選取

本研究參考「自行車專用道安全性評估指標體系之研究」(陳彥儒, 2008)、「臺北市國中生騎乘腳踏車參與動機與阻礙因素」(林志坤, 2009)、「分析臺中市腳踏車事故的肇事原因及基本資料」(黃碧芬, 2010)等研究, 初步將評估準則分為五大層級, 分別為「道路幾何結構」、「交通狀況」、「標誌、標線、反射鏡」、「照明、反光設施」、「導護人員」。

五大層級下的評估指標選取, 除參酌上述研究結果外, 並考量現今國中生騎腳踏車通學安全面臨之實際狀況而訂定。說明如下: 腳踏車和汽、機車發生碰撞事故最多(黃碧芬, 2010), 因此道路車道數和車道寬度會影響腳踏車和汽、機車並行時的安全距離; 道路坡度落差越大, 對腳踏車煞車有不利影響(賴大涓, 2009); 道路鋪面平整度越好, 越能提升腳踏車行駛之舒適性及安全性(陳彥儒, 2008); 汽機車平均流量和平均車速, 也會影響行人和腳踏車在道路的安全性(FHWA, 2011); 國中生會因交通設施、道路狀況等因素影響騎乘腳踏車(林志坤, 2009), 因此增設腳踏車專用道標線、腳踏車警告標誌等評估指標; 另外腳踏車最常發生碰撞事故的地點大多在交叉路口(黃碧芬, 2010), 因此將交叉路口反射鏡及校門出入口反射鏡列入評估指標, 而機慢車兩段式待轉區設置也可以避免腳踏車在轉彎時和其他車輛碰撞, 故也列入評估指標; 目前國中生放學時間大多在下午五點至六點之間, 此時夜間照明對學生安全有直接影響, 因此將路燈亮度、路燈間距、路面標線反光、交通標誌反光列入評估指標。通學時間校門出入口總是有大量人、車交會, 若是能在校門出入口進行良好動線規劃並增設反射鏡, 將可以增加此區域之用路人之安全性。而導護人員部分, 警察或受過專業交通訓練之義交指揮交通, 可以有效提升交通安全, 若警力不足, 大多數學校也有導護老師搭配志工媽媽指導學生通學安全, 惟替代役受限法律規定不能擔任主要導護人員, 保全人員也非多數學校經費所能負擔, 故替代役人員與保全人員則不列入評估指標項目。

### 3.2 指標層級架構

本研究所建立之層級架構, 共分為三大層級、五大構面、十八項評估指標, 如圖 1 所示, 本研究後續則依據此一架構設計德爾菲專家問卷及 AHP 層級分析法問卷, 進行分析探討。至於各層級構面及指標內涵, 則說明如下:

#### 1. 道路幾何結構

道路設計和行車安全密切相關, 良好的道路設計可以確保行車安全。本研究針對「道路幾何結構」分為四項指標, 分別為:

- (1) 道路車道數: 道路車道數目越多, 可容納越多汽、機車, 汽車可方便行駛於快車道, 較不易和慢車共用慢車道, 對於腳踏車騎士安全較有保障。

(2)道路車道寬度：車道寬度直接影響並行車輛間的安全距離，車道越寬代表慢車和快車並行時有較大的安全距離。

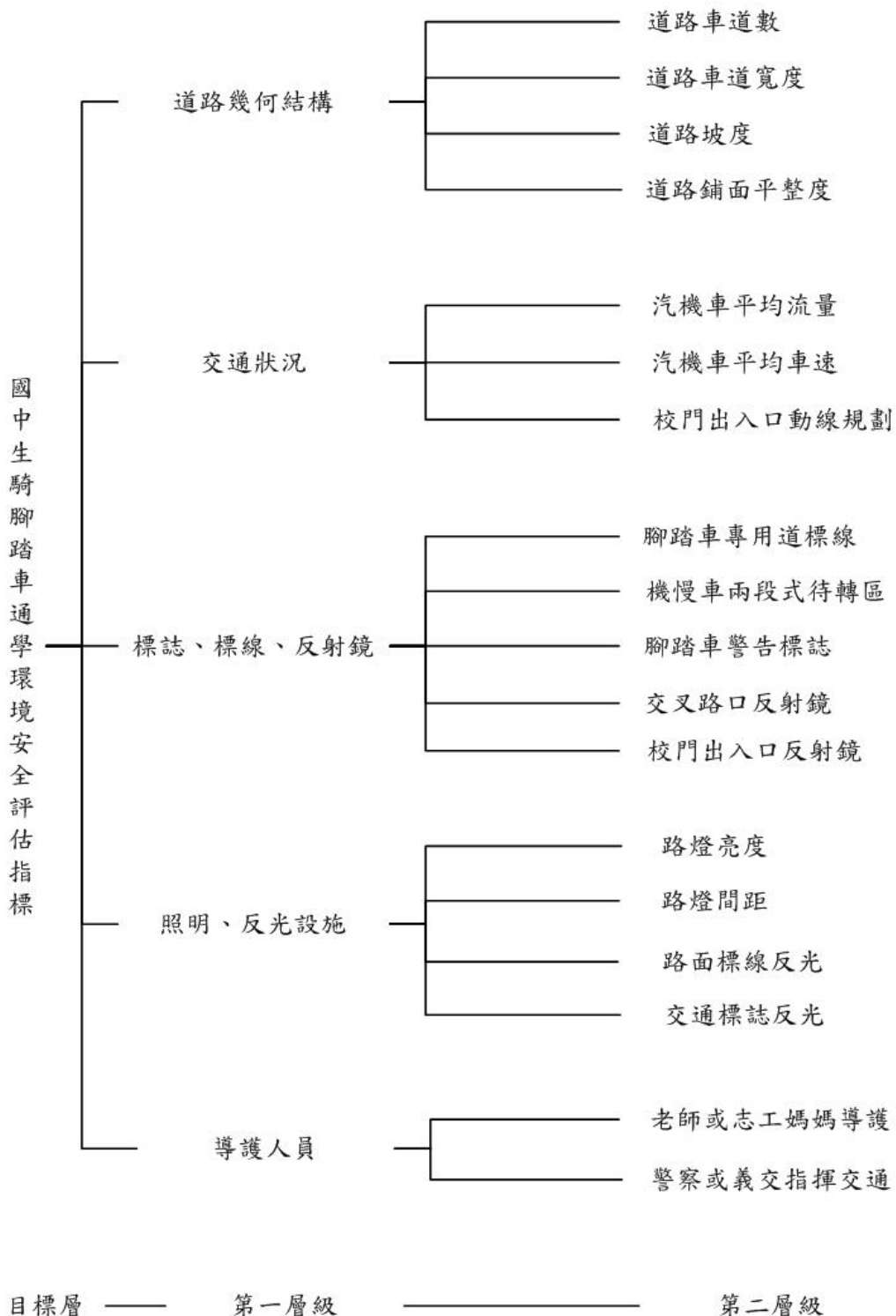


圖 1 國中生騎腳踏車通學環境安全評估層級架構圖

(3)道路坡度：道路坡度越陡，腳踏車在下坡時容易車速過快，導致煞車失靈或煞力過大而發生意外，故道路坡度落差不宜太大。

- (4)道路鋪面平整度：道路鋪面平整度直接影響腳踏車騎乘的舒適度及安全性，過凸的水溝蓋、路面的坑洞落差過大等狀況，都會使腳踏車行車不穩定，增加車輛破胎及滑倒等危險性。

## 2.交通狀況

汽、機車和行人在道路上的行為會交互影響，良好的交通狀況會減少交通意外發生的機會，交通狀況構面共分為三個評估指標，分別為：

- (1)汽機車平均流量：道路車流量太大不但會造成交通壅塞，也代表車輛間的安全距離相對變小，更容易造成碰撞事故。
- (2)汽機車平均車速：車輛行駛速度過快，容易造成意外發生，對於相對弱勢的腳踏車騎士更是如此，若車輛車速過快，所造成的風壓容易使腳踏車騎士行車不穩定。
- (3)校門出入口動線規劃：校門出入口在通學期間最為繁忙，進出者包括車輛、行人、腳踏車騎士，倘若校門口沒有良好的動線規劃，校門口易發生碰撞事故。

## 3.標誌、標線、反射鏡

標誌的設立，主要用以告知用路人依照指示行車；標線主要為增進用路人行進的便利性及路線連續性；反射鏡設置於複雜之交叉路口或出入口，可以提醒用路人注意對向來車並減少行車死角。本層級「標誌、標線、反射鏡」評估指標包括：

- (1)腳踏車專用道標線：腳踏車專用道標線或設置獨立的腳踏車專用道，皆可提升腳踏車騎士行使之安全性，並提醒其他車輛注意腳踏車的優先路權。
- (2)機慢車兩段式待轉區：大型或複雜的交叉路口應設置機慢車兩段式待轉區，腳踏車屬於慢車，也應該依規定於機慢車兩段式待轉區進行兩段式左轉。
- (3)腳踏車警告標誌：在腳踏車較為頻繁的路段增設腳踏車警告標誌，可以提醒其他用路人注意腳踏車並減速慢行，增加腳踏車騎士行車安全。
- (4)交叉路口反射鏡：根據統計，腳踏車在交叉路口發生碰撞意外的比例最高，因此在交叉路口設置反射鏡可以使腳踏車騎士及來車能注意到對方，減少碰撞意外。
- (5)校門出入口反射鏡：校門出入口在通學期間進出人員及車輛眾多，設置反射鏡可以使確保師生在進出校園時注意來車，避免碰撞。

## 4.照明、反光設施

目前國中生放學時間大約在下午5點，倘若加上課後輔導，放學時間將延長至晚上。針對夜歸的腳踏車通學學生，校園周邊應加強照明及反光設施，讓其他車輛仍更為清楚注意到腳踏車騎士，避免因視線不良而造成碰撞。本層級「照明、反光設施」評估指標包括：

- (1)路燈亮度：單盞路燈亮度越亮，對於提升行車視野有正面幫助，因此路燈亮度若不足或故障，將使腳踏車騎士無法清楚辨別路況，增加行車危險性。

- (2)路燈間距：路燈間距越密集，代表路燈照射範圍越密集，照明死角就越小。若路燈間距過大，路燈間將出現照射死角，用路人行駛於其中將不易辨別路況。
- (3)路面標線反光：道路路面標線使用反光材質，當光線照射時，可有效提醒用路人依指示行駛，對於光線不佳路段幫助甚大。配合主動式發光設施效果更佳。
- (4)交通標誌反光：交通標誌可提供用路人必要的行車資訊，若使用反光設施，可以在夜晚中提醒用路人注意道路狀況，若搭配主動式發光設備效果更佳。

#### 5. 導護人員

校園周邊交通，若能在通學期間有校園導護人員甚至是警察指揮交通，對於通學安全絕對有正面的幫助。本構面之評估指標包括：

- (1)老師或志工媽媽導護：許多學校都有志工媽媽幫忙在校園周邊進行交通導護，也會有導護老師在重要路口指揮或導護學生，雖然沒有公權力，但是可以使用路人更加注意通學學生的安全並減慢車速，對於提升學生交通安全有莫大的幫助。
- (2)警察或義交指揮交通：在校園周遭車流量複雜或大型路口，如果有警察或義交指揮交通，由於有公權力介入，將使用路人更為遵守交通規則，能大幅提昇交通安全。

## 四、德爾菲問卷調查與分析

本研究之德爾菲問卷內容設計採用李克特五點量表，針對各構面及指標之適合度，請專家從「非常同意」、「同意」、「沒意見」、「不同意」、「非常不同意」中勾選一項，作為其認同意見，若專家有其他建議，亦設計開放式的問項請其提供。

本研究範圍涵蓋交通、道路設計、教育等各層面，故問卷調查所挑選之受訪對象包含學術界、政府相關單位、民間團體共 12 位專家學者，其中學術界專家以國內大學從事交通相關領域為主，共有 10 位；政府單位包括臺北市停管處專家 1 位；民間團體則挑選靖娟兒童安全文教基金會專家 1 位。本研究問卷以郵寄掛號及電子郵件等方式發放，為求提高回收率，發放問卷前皆事前告知受訪者並取得受訪者同意後，再予以發放。問卷中除訂定預計回收期限提醒受訪者外，並以電子郵件確定問卷是否送達及對受訪者疑問回覆說明，並請受訪者準時寄回問卷。本研究第一次德爾菲問卷實施時間為 2011 年 12 月 23 日至 2011 年 1 月 6 日；第二次德爾菲問卷實施時間為 2012 年 1 月 13 日至 2012 年 1 月 27 日。

## 4.1 第一次德爾菲專家問卷分析結果

依據李克特五點量表之意義，本研究設定 5 分代表「非常同意」；4 分代表「同意」；3 分代表「沒意見」；2 分代表「不同意」；1 分代表非常「不同意」。依據每一項評估指標的專家勾選結果加總平均，平均數越高，代表專家對於此指標的認同程度越高。反之若指標平均得分越低，代表專家對於此指標的認同程度越低。指標平均數若低於 3 分（不包括 3 分），代表該指標重要程度較低，可以考慮刪除。另外為了判斷專家是否已達成共識，我們採用變異係數(Coefficient of Variance, CV)來衡量專家意見之差異。變異係數可將單位標準化，解決因不同單位而無法比較差異的問題，其公式為標準差除以平均數，如式(1)所示。

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (1)$$

其中， $\sigma$  為標準差， $\mu$  為平均數。

CV 值愈小時，表示專家意見之共識程度高。當  $CV \leq 0.3$  時，代表專家對於該指標有較高的一致性意見；若  $0.3 < CV < 0.5$  時，表示專家的意見雖未達高度一致性，但仍在可接受範圍內；若  $CV \geq 0.5$ ，代表專家意見較為分歧，需要解釋原因(Chang, 2002)。第一次德爾菲專家問卷調查結果，18 項指標中，有 17 項平均數大於 3 分，只有「道路車道寬度」指標平均數為 2.75，且變異係數為 0.41，考量該指標專家意見仍分歧，因此決定保留該指標，待第二次專家問卷分析後再決定是否保留或刪除。在變異係數部分，18 項指標中有 17 項指標  $CV \leq 0.3$ ，只有「道路車道寬度」指標 CV 值較高，但仍在可接受範圍內。另外透過 SPSS 軟體進行第一次問卷信度分析，得出信度 Cronbach's  $\alpha$  值為 0.794，大於 0.7 之檢驗標準（如表 2 所示），代表問卷結果之可信賴程度為「很可信」。

表 2 信度範圍標準表

	信度範圍	可信賴程度
1	Cronbach's $\alpha \leq 0.30$	不可信
2	$0.30 < \text{Cronbach's } \alpha \leq 0.40$	勉強可信
3	$0.40 < \text{Cronbach's } \alpha \leq 0.50$	尚可信
4	$0.50 < \text{Cronbach's } \alpha \leq 0.70$	可信
5	$0.70 < \text{Cronbach's } \alpha \leq 0.90$	很可信
6	Cronbach's $\alpha > 0.90$	十分可信

資料來源：吳統雄(1986)。

## 4.2 第二次德爾菲專家問卷分析結果

第二次德爾菲專家問卷結果顯示，18 項指標平均數都大於或等於 3 分，



至於變異係數部分，所有的指標都小於 0.3，代表所有指標皆可接受。利用 SPSS 軟體進行第二次問卷信度檢驗，得出信度 Cronbach's  $\alpha$  為 0.711，大於 0.7，代表問卷結果之可信賴程度為「很可信」。為了檢測兩次德爾菲問卷專家意見是否達到收斂，本研究進行兩次問卷指標標準差之差異分析，如表 3 所示。由表中可知，第二次問卷標準差均較第一次問卷標準差小，代表第二次問卷達到收斂效果，也證明專家問卷意見達到一致性。

表 3 兩次德爾菲專家問卷之差異分析表

層級	指標	第一次問卷(1)	第二次問卷(2)	差異(2)-(1)
		標準差	標準差	標準差
道路幾何結構	道路車道數	0.67	0.49	-0.18
	道路車道寬度	1.14	0.85	-0.29
	道路坡度	0.67	0.43	-0.24
	道路鋪面平整度	1.00	0.62	-0.38
交通狀況	汽機車平均流量	0.52	0.51	-0.01
	汽機車平均車速	0.45	0.29	-0.16
	校門出入口動線規劃	0.72	0.39	-0.33
標誌、標線、反射鏡	腳踏車專用道標線	0.90	0.49	-0.41
	機慢車兩段式待轉區	1.00	0.89	-0.11
	腳踏車警告標誌	0.85	0.65	-0.20
	交叉路口反射鏡	0.72	0.58	-0.14
	校門出入口反射鏡	0.75	0.62	-0.13
照明、反光設施	路燈亮度	0.67	0.65	-0.02
	路燈間距	0.79	0.51	-0.28
	路面標線反光	0.90	0.52	-0.38
	交通標誌反光	1.00	0.78	-0.22
導護人員	老師或志工媽媽導護	0.94	0.49	-0.45
	警察或義交指揮交通	0.98	0.52	-0.46

## 五、AHP 問卷調查與分析

依據德爾菲專家問卷結果確定層級架構與指標後，本研究乃設計 AHP 問卷，採用 9 尺度量表，在指標相對權重之「相同重要」、「稍重要」、「頗重要」、「極重要」、「絕對重要」五尺度間，再另外劃分四個尺度。本問卷以郵寄及電子郵件方式發放，實施時間為 2012 年 3 月 23 日至 4 月 2 日。

AHP 問卷評估尺度劃分為 1、3、5、7、9 之衡量值，分別代表「相同重要」、「稍重要」、「頗重要」、「極重要」、「絕對重要」，並在五個尺度間另外劃分四個尺度，分別給予 2、4、6、8 等衡量值。本研究總計發放 12 份問卷，回收 12 份問卷，回收率 100%，受訪之專家學者和德爾菲問卷受訪者相同。根據 Saaty(1980)研究指出，AHP 問卷必須進行一致性指標(C.I.)和一致性比率

(C.R.)檢定，C.I.需 $<0.1$ 且 $C.R.\leq 0.1$ 才能達到問卷一致性。透過 Excel 軟體進行檢定後，扣除 7 份回答不一致之問卷，有效問卷共計 5 份。將 5 份有效問卷之指標權重以幾何平均數公式運算，綜合求得各層級指標間的相對權重。

相對權重分析結果如表 4 所示。在五大層級構面中，專家最重視「交通狀況」，而此構面下的三項指標在全體權重中又居前二至四名，代表專家一致認為交通狀況影響國中生騎腳踏車通學環境安全甚鉅；「校門出入口動線規劃」為整體權重排序第二位，代表專家認為如果能在人車匯集的校門出入口安排人員導引交通，可以降低人車碰撞的機率；而降低「汽機車平均流量」，可以提升行車順暢度，過於擁擠的行車流量也代表行車危險性越高。至於在校園周遭，降低「汽機車平均車速」，可以讓駕駛人在面對緊急狀況時有較多時間應變。綜觀上述說明，若能改善通學環境交通狀況，對提升通學安全有莫大的幫助。

排序第二位的構面是「導護人員」，這是因為用路人通常較能遵守導護人員的指揮，其中「警察或義交指揮交通」的指標權重 0.168，表示專家認為公權力仍然是維持交通安全最有利的因素，若通學環境有警察或義交等公權力指揮，對學生安全的確有莫大的作用。另一個指標「老師或志工媽媽導護」排序第九，雖然老師及志工媽媽並沒有像警察一樣具有公權力，但仍能發揮監督保護的重要功能，這也是為什麼目前許多學校都有老師及志工媽媽幫忙導護學生通學的原因。

排序第三位的構面是「標誌、標線、反射鏡」，其中排序第一位的指標為「交叉路口反射鏡」。根據之前的文獻研究中皆指出，臺灣地區腳踏車事故絕大多數意外發生的地點都在交叉路口，在交叉路口設置反射鏡，可以有效提升交叉路口行車安全。而腳踏車除了容易在交叉路口發生碰撞外，在一般道路也常必須和汽機車共用車道而發生碰撞，如果能設置腳踏車專用道標線，甚至有獨立之腳踏車專用道，都可以提醒其他用路人尊重並和腳踏車專用道騎士保持安全距離，故「腳踏車專用道標線」指標在此構面中排序第二位。而「機慢車兩段式待轉區」和「腳踏車專用道標線」權重相近，腳踏車屬機慢車，若不採兩段式左轉，容易和後方直行車輛發生碰撞，設置機慢車兩段式待轉區可以有效避免轉彎碰撞事故。

排序第四位的構面為「道路幾何結構」，其中「道路鋪面平整度」和「道路坡度」兩者佔構面權重之六成以上，這是因為腳踏車重量輕，容易因為鋪面不平整而影響騎乘安全，故道路鋪面應該平整無坑洞，避免行車顛簸影響安全。而道路坡度不應起伏太大，若坡度太陡車速容易過快，極易造成煞車失靈或煞車力道過大而翻車。

排序第五位的構面為「照明、反光設施」，專家認為「路燈亮度」和「路燈間距」兩指標在此構面中較為重要，若路燈有足夠亮度或路燈間距適中，都可大幅提昇夜間行車之安全性。

表 4 AHP 問卷整體權重分析表

目標層	第一層構面	構面權重	構面排序	第二層指標	指標權重	指標排序	整體權重	整體排序
國中生騎腳踏車通學環境安全評估指標	道路幾何結構	0.188	4	道路車道數	0.161	3	0.030	16
				道路車道寬度	0.151	4	0.028	18
				道路坡度	0.336	2	0.063	6
				道路鋪面平整度	0.351	1	0.066	5
	交通狀況	0.257	1	汽機車平均車速	0.296	3	0.076	4
				汽機車平均流量	0.332	2	0.085	3
				校門出入口動線規劃	0.372	1	0.096	2
	標誌、標線、反射鏡	0.197	3	腳踏車專用道標線	0.204	2	0.040	10
				機慢車兩段式待轉區	0.203	3	0.040	10
				腳踏車警告標誌	0.158	5	0.031	15
				交叉路口反射鏡	0.231	1	0.046	7
				校門出入口反射鏡	0.201	4	0.040	10
	照明、反光設施	0.147	5	路燈亮度	0.290	1	0.043	8
				路燈間距	0.273	2	0.040	10
				路面標線反光	0.204	4	0.030	16
				交通標誌反光	0.233	3	0.034	14
導護人員	0.211	2	老師或志工媽媽導護	0.201	2	0.042	9	
			警察或義交指揮交通	0.799	1	0.168	1	

## 六、實例應用

在得出層級指標權重後，本研究進一步設計國中生騎腳踏車通學環境安全評估問卷，透過此問卷可供教育及交通相關單位瞭解腳踏車通學環境安全問題，並依此做為優先改善交通安全的參考。本研究以臺中市立梧棲國中為例，梧棲國中為一海線中型學校，地點鄰近中棲路、西濱快速道路、文化路等重要路口。由於靠近臺中港及工業區，周邊交通繁忙，貨櫃車往來頻繁。對腳踏車通學安全有不利影響，故針對梧棲國中進行實例研究，並以梧棲國中為中心，半徑 500 公尺內路段為研究範圍，包含中棲路、港埠路、文化路、中興路等重要路段，其地理位置如圖 2 所示。

問卷指標初步分為低、中、高三個等級，分別給予 30、60、100 之分數，問卷指標等級說明如表 5 所示。評分委員包括四位組長、一位導師，均對學校交通安全具有一定程度瞭解。透過評分委員勾選指指標等級再乘以整體指標權重，加總即為評分委員總得分，再將五位評分委員總得分除以評分人數，得出分數即為該校之「國中生騎腳踏車通學環境安全評估指標」總得分。問卷分析結果顯示該校總得分為 59.90，表示該校通學環境安全尚待改善。

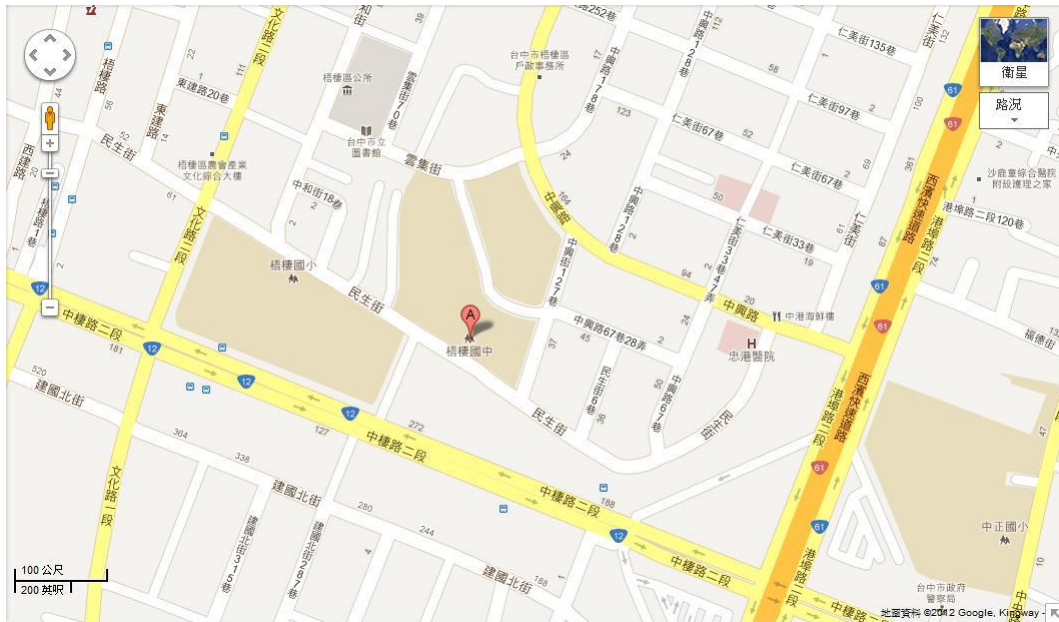


圖 2 臺中市梧棲國中地理位置圖

表 5 安全評估指標問卷等級說明

評估指標	等級	等級說明
道路車道數	低	車道數為單線道，兩車會車困難，腳踏車容易和汽機車碰撞。
	中	車道數為雙線道或以上，但並無設立獨立機慢車道，和其他車輛不易保持安全距離。
	高	車道數為雙線道或以上，並設有獨立機慢車道，腳踏車和其他車輛可保持一定安全距離。
道路車道寬度	低	車道寬度前後不一致，並有車道縮減狀況，一般汽車僅可勉強行駛，無法和他車保持安全距離。
	中	車道寬度前後一致，寬度可容納一般汽車行駛並和他車保持安全距離。
	高	車道寬度前後一致，寬度可容納大客車行駛並和他車保持安全距離。
道路坡度	低	坡度陡峭，不利於騎乘腳踏車。
	中	坡度適中，有緩坡但不影響騎乘腳踏車。
	高	地形平坦無任何坡度，非常利於騎乘腳踏車。
道路鋪面平整度	低	道路鋪面多坑洞或破損嚴重，人孔蓋數量多且和路面高度有落差，嚴重影響騎乘腳踏車安全性。
	中	道路鋪面有少許坑洞及破損，少數人孔蓋和路面高度有落差，大致上仍可安全騎乘腳踏車。
	高	鋪面材質採瀝青柏油路，路面平整並無坑洞，人孔蓋和路面高度無落差，騎乘腳踏車舒適度高。

表 5 安全評估指標問卷等級說明（續）

評估指標	等級	等級說明
汽機車平均車速	低	通學時間平均車速大於 50KPH。
	中	通學時間平均車速介於 20~50KPH。
	高	通學時間車速小於 20KPH。
校門出入口動線規劃	低	校門出入口複雜，無專人管制，易造成碰撞事故。
	中	校門出入口無實施人車分道，但有專人指揮進出車輛。
	高	校門出入口人車分道，並有專責守衛或老師指揮進出車輛。
腳踏車專用道標線	低	道路並無設置腳踏車專用道標線，腳踏車和其他車輛共用車道。
	中	道路設有有腳踏車專用道標線。
	高	道路獨立設置腳踏車專用道，腳踏車不用擔心和汽機車共用車道。
機慢車兩段式待轉區	低	大型或複雜路口並無設置機慢車兩段式待轉區。
	中	大型及複雜路口部分設置機慢車兩段式待轉區。
	高	大型及複雜路口皆設有機慢車兩段式待轉區。
腳踏車警告標誌	低	腳踏車通學路段無設置腳踏車警告標誌或標線。
	中	腳踏車通學路段設置腳踏車警告標誌或標線。
	高	腳踏車通學路段同時設置腳踏車警告標誌及標線。
交叉路口反射鏡	低	交叉路口並無設置任何反射鏡。
	中	交叉路口設置單向反射鏡。
	高	交叉路口設置雙向反射鏡。
校門出入口反射鏡	低	校門出入口並無設置任何反射鏡。
	中	校門出入口設置單向反射鏡。
	高	校門出入口設置雙向反射鏡。
路燈亮度	低	路燈部分故障無法發亮，或路燈亮度不足。
	中	路燈無故障，但路燈亮度不足。
	高	路燈無故障情形，並且亮度充足，足以照亮路況。
路燈間距	低	路燈間距過大，照明範圍出現明顯落差。
	中	路燈間距稍大，照明範圍有些許落差。
	高	路燈間距適中，照明範圍無死角落差。
路面標線反光	低	路面標線無反光設施。
	中	路面標線有被動式反光設施。
	高	路面標線有主動式發光及被動式反光設施。
交通標誌反光	低	交通標誌無反光設施。
	中	交通標誌有被動式反光設施。
	高	交通標誌有主動式發光及被動式反光設施。

表 5 安全評估指標問卷等級說明（續）

評估指標	等級	等級說明
老師或志工媽媽 導護	低	通學時間無老師或志工媽媽進行交通導護。
	中	通學時間偶爾有老師或志工媽媽進行交通導護。
	高	通學時間固定有老師或志工媽媽進行交通導護。
警察或義交指揮 交通	低	通學時間無警察或義交指揮交通
	中	通學時間偶爾有警察或義交指揮交通。
	高	通學時間固定有警察或義交指揮交通。

根據安全評估指標問卷分析結果，梧棲國中在「腳踏車專用道標線」、「腳踏車警告標誌」、「警察或義交指揮交通」三項指標中得分最低，五位評分委員皆給予最低分數，代表該校必須優先改善這三項指標。具體措施包括建請交通工程單位，在該校周邊重要路口設置腳踏車專用道標線及腳踏車警告標誌，並請警察單位在該校通學時間，於校園周邊交通複雜之路口進行交通指揮，以期改善該校通學環境安全。另外「汽機車平均流量」、「機慢車兩段式待轉區」、「校門出入口反射鏡」、「交通標誌反光」等四項指標，五位評分委員意見落差較大，原因可能是對指標定義及範圍有所誤解，未來對於問卷中的指標定義及範圍應更加明確，使評分委員較能精準做出正確的評估。

## 七、結論與建議

### 7.1 結論

1. 本研究依據文獻回顧結果與相關影響因素之考量，建立涵蓋三大層級、五大構面、十八項評估指標之國中生腳踏車通學環境之安全評估指標架構。
2. 兩次德爾菲專家問卷分析結果顯示 18 項指標平均數大都大於或等於 3 分，至於變異係數部分，所有的指標都小於 0.3，代表所有指標皆可接受。而信度 Cronbach's  $\alpha$  亦都大於 0.7，代表問卷結果之可信賴程度為「很可信」。另外，標準差之差異分析結果顯示問卷達到收斂效果，證明專家問卷意見達到一致性。
3. AHP 問卷之權重分析結果顯示，第一層級構面權重排序第一位是「交通狀況」，權重為 0.257；排序第二位為「導護人員」，權重為 0.211；排序第三位為「標誌、標線、反射鏡」，權重為 0.197；排序第四位為「道路幾何結構」，權重為 0.188；排序第五位為「照明、反光設施」，權重為 0.147。
4. 第二層級所有 18 項指標，依據權重排序分別為「警察或義交指揮交通」，權重 0.168；「校門出入口動線規劃」，權重 0.096；「汽機車平均流量」，權重 0.085；「汽機車平均車速」，權重 0.076；「道路鋪面平整度」，權重 0.066；「道路坡度」；權重 0.063；「交叉路口反射鏡」，權重 0.046；「路燈亮度」，權重 0.043；「老師或志工媽媽導護」，權重 0.042；「腳踏車專用道標線」，權重 0.040；「機慢車兩段式待轉區」，權重 0.040；「路燈間距」，權重 0.040；「交通標誌反光」，權重 0.034；「腳踏車警告標誌」，權重 0.031；「道路車

道數」，權重 0.030；「路面標線反光」，權重 0.030；「道路車道寬度」，權重 0.028。

- 5.在實例應用部分，本研究以臺中市立梧棲國中為例，設計評估問卷進行通學環境評估，結果顯示該校總得分為 59.90，表示該校通學環境安全尚待改善。改善的重點在「腳踏車專用道標線」、「腳踏車警告標誌」及「警察或義交指揮交通」三項。具體措施包括建請交通工程單位，在該校周邊重要路口設置腳踏車專用道標線及腳踏車警告標誌，並請警察單位在該校通學時間，於校園周邊交通複雜之路口進行交通指揮，以期改善該校通學環境安全；而評估結果亦確認指標權重之可行性。

## 7.2 建議

本研究目的為提升國中生騎腳踏車通學安全，最後針對教育、交通單位及後續研究者，提出未來研究方向及建議。

- 1.本研究設計之安全評估指標問卷，其評分等級分為「高、中、低」三等級，並賦予「100、60、30」分數，是為了讓學校瞭解如何應用本研究之結果而初步暫訂。至於是否可再細分更多等級，抑或是等級分數皆可修正調整，此部分可由後續研究者再深加研究。而本問卷所得之總分並非絕對分數，主要使用在數個學校間總分之比較。總分較低之學校，代表和他校比較下，其通學安全環境較為不利，其結果提供給教育及交通單位，作為優先改善通學安全環境對象的依據。而各校也可就分數較低之指標進行補救措施，才能將此問卷欲達成之提升通學環境安全目標有效發揮應用。
- 2.本研究 AHP 層級分析法問卷經過一致性檢驗後，有 7 份問卷不符合檢驗標準而淘汰，僅有 5 份有效問卷。原因可能是指標項目過多，導致指標差異性太小，使得專家不易分辨其重要性程度。建議後續研究者未來設計問卷時，除了可增加問卷樣本數外，並酌量考慮指標數是否過多，或在設計指標時盡量擴大指標差異性，使專家在填答時較容易進行指標重要性排序，進而提升指標問卷一致性，減少無效問卷的數量。
- 3.本研究所建立之安全評估指標集中在學校通學環境，然而國中生通學安全範圍甚廣，尚包含許多非環境因素，例如學生認知行為、騎乘態度、腳踏車安全配備、腳踏車考照制度、學校交通安全教育等，這些因素對國中生通學安全的重要性和通學環境一樣重要，然本研究受限於人力、物力限制無法全面納入研究範圍，期望後續研究者能繼續就這些非環境因素部分進行研究及整合，設計出更為完善之安全評估體系。

## 參考文獻

- 吳統雄(1986)，*電話調查：理論與方法*，聯經，頁 134-162。
- 林志坤(2009)，*臺北市國民中學學生騎乘自行車之參與動機與阻礙因素之研究*，臺北市立教育大學體育學系碩士論文。

- 陳志豪(2000)，碟煞全避震自行車煞車性能與安全性分析，清華大學動力機械工程學系碩士論文。
- 黃純凰(2003)，臺灣地區腳踏車頭部外傷之探討，臺北醫學大學傷害防治學研究所碩士論文。
- 黃碧芬(2010)，自行車事故特性之研究—以臺中市為例，逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 教育部(2006)，教育部校園安全暨災害防救通報中心。
- 教育部(2009)，教育部 98 年各級學校校園事件統計分析報告。
- 張家銘(2008)，國民中學騎乘腳踏車學生交通安全認知與態度之研究，彰化師範大學工業教育與技術研究所碩士論文。
- 馮彥平(2010)，高雄市國中學生腳踏自行車騎乘行為表現之研究，臺灣師範大學工業教育系碩士論文。
- 楊維楨(2003)，系統分析在經營決策上的應用，臺北：五南出版社。
- 賴大渭(2009)，自行車騎行動力學理論與安全性分析，清華大學動力機械工程學系博士論文。
- Chang, P. C., Tsou, N. T., Yuan, B. J. C., and Huang, C. C. (2002), "Development Trends in Taiwan's Opto-electronics Industry," *Technovation*, Vol. 22, pp.161-173.
- FHWA (2011), Pedestrian and Bicyclist Intersection Safety Indices, U.S.A.
- Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, New York: McGraw-Hill.