

## 地區性道路交通安全風險評估模式之建立

許添本<sup>1</sup> 李明聰<sup>2</sup>

1 國立台灣大學土木工程學研究所副教授

2 國立台灣大學土木工程學研究所碩士班研究生

### 摘要

國內目前交通工程建設或是相關研究，仍著重在公路及主次要道路上，對於與民眾生活息息相關的地區性道路則甚少著墨。而地區性道路交通安全為民眾最關心，也是最需改善的項目，但其始終缺少一套良好的評估模式，作為評估的依據與準則。本研究利用地區性道路中人車衝突的狀況，建立人車衝突風險的評估模式；在風險評估模式之中，利用人車交會的次數考量行人暴露在危險環境中的長短作為曝光量指標；利用事故發生時能量傳遞的大小考量行人在事故中的傷亡程度作為嚴重性指標；並以此推估人車衝突風險指標值，評估地區性道路的交通安全程度。經過曝光量指標與風險指標的驗證過程，證實本研究所建立的人車衝突風險指標確實能夠反應地區性道路的交通安全狀況。並且可作為地區性道路使用各種減速措施或人車分流措施等交通安全改善績效的評估依據。

### 一、前言

國內目前交通工程建設或是相關研究，仍著重在公路及主次要道路上，對於與民眾生活息息相關的地區性道路則甚少著墨。而地區性道路交通安全為民眾最關心，也是最需改善的項目〔1、2〕，但其始終缺少一套良好的評估模式，作為評估的依據與準則。本研究利用地區性道路中人車衝突的狀況，建立人車衝突風險的評估模式；在風險評估模式之中，利用人車交會的次數考量行人暴露在危險環境中的長短，為曝光量指標〔2〕；以及利用事故發生時能量傳遞的大小考量行人在事故中的傷亡程度，為嚴重性指標〔3、4、5〕；並以此推估人車衝突風險指標值，評估地區性道路的交通安全程度。並且以台北市地區性道路為例，進行此風險評估模式的驗證。本研究所建立之風險評估模式，可作為地區性道路使用各種減速措施或人車分流措施等交通安全改善績效的評估依據。

## 二、人車衝突風險指標建立

本研究試圖建立人車衝突風險指標，用以預估地區性道路的交通安全狀況，同時考量行人暴露在危險環境的長短與發生事故所造成的傷亡，因此人車衝突風險指標將包含曝光量與嚴重性兩大部分。曝光量指標的建立，以行人步行於地區性道路之中，可能面臨的人車交會次數，反應行人步行過程中可能的人車衝突次數；嚴重性指標的建立，則以行人遭遇車輛碰撞時，車輛傳遞給行人的動能大小，反應行人遭遇事故時的傷害程度；而人車衝突風險指標則定義為曝光量指標與嚴重性指標的乘積。透過人車衝突風險指標的建立，可以反映地區性道路之中，車輛流率、行人流率、車輛行駛速率、路長、路寬…等交通特性，與地區性道路交通安全的關係。

### 2.1 曝光量指標建立

曝光量的使用始於 Chapman，其定義為：一個駕駛人或一個交通系統所經歷可能發生事故的機會。因此曝光量愈高，代表其發生事故的機會也就愈高。曝光量可以是暴露在危險環境中的時間或是可能遭遇到危險的次數，用以反應交通事故發生次數的多寡。本研究將以地區性道路之中，人車交會次數作為曝光量指標，用以衡量地區性道路人車衝突次數的多寡。因行人步行特性的不同，將分為人行方向與車行方向平行的“並行曝光量指標”，與人行方向與車行方向垂直的“穿越曝光量指標”兩部分，分別討論如下：

#### 2.1.1 並行曝光量指標建立

##### (一) 模式假設與特性描述

人行方向與車行方向平行的人車衝突主要發生在路段並行，模式建構如圖 2.1 所示。假設地區性道路之中，車輛皆以  $V$  的等速率行駛；而行人皆以  $V_p$  的等速率步行；1 方向與 2 方向的車輛流率分為  $Q_1$  與  $Q_2$ ，其到達率為卜瓦松 (Poisson) 分配；而 1 方向與 2 方向行走在車道上的行人流率則分為  $Q_{p1}$  與  $Q_{p2}$ ；行人步行於路長  $L$  的範圍內，與同向或是反向的行駛車輛發生交會。

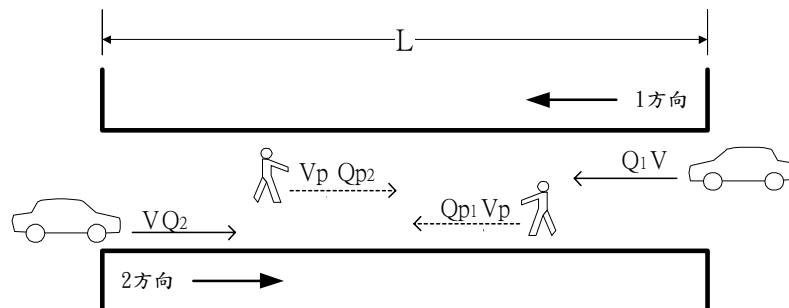


圖 2.1 人行方向與車行方向平行人車交會示意圖

則人行方向與車行方向平行的人車交會次數  $E_r$  為：

$$E_r' = [E_{11}(t) + E_{21}(t)] Q_{P1} + [E_{12}(t) + E_{22}(t)] Q_{P2}$$

$$= \sum_{j=1}^2 \{ [\sum_{i=1}^2 E_{ij}(t)] Q_{Pj} \}$$

其中  $E_{ij}(t)$  為  $j$  方向每位行人預期與  $i$  方向車流交會的車輛數  
 $Q_{Pj}$  為  $j$  方向行走在車道上的行人流率

## (二) 模式推導

當行人步行於長  $L$  的道路內，且人行方向與車行方向同向時（如：車行方向  $i$  為 1 方向，人行方向  $j$  也為 1 方向），人車相距  $[L(1-V_p/V)]$  之內，行人與車輛即會發生交會狀況，意即在行人步行時間  $t = [L(1-V_p/V)/V_p]$  內所到達的車輛，皆會與行人發生交會；而人行方向與車行方向反向時，人車相距  $[L(1+V_p/V)]$  之內，行人與車輛即會發生交會狀況，意即在行人步行時間  $t = [L(1+V_p/V)/V_p]$  內所到達的車輛，皆會與行人發生交會。車輛到達率假設為卜瓦松 (Poisson) 分配，則此段時間內所出現的期望車數，即該行人預期與車輛交會的次數  $E_{ij}(t)$  為：

$$E_{11}(t) = Q_1 [L(1-V_p/V)/V_p]; E_{22}(t) = Q_2 [L(1-V_p/V)/V_p]$$

$$E_{21}(t) = Q_2 [L(1+V_p/V)/V_p]; E_{12}(t) = Q_1 [L(1+V_p/V)/V_p]$$

因此人行方向與車行方向平行的人車交會次數  $E_r'$  為：

$$E_r' = \sum_{j=1}^2 \{ [\sum_{i=1}^2 E_{ij}(t)] Q_{Pj} \}$$

$$= [E_{11}(t) + E_{21}(t)] Q_{P1} + [E_{12}(t) + E_{22}(t)] Q_{P2}$$

$$= \{ Q_1 [L(1-V_p/V)/V_p] \} Q_{P1} + \{ Q_2 [L(1+V_p/V)/V_p] \} Q_{P1}$$

$$+ \{ Q_1 [L(1+V_p/V)/V_p] \} Q_{P2} + \{ Q_2 [L(1-V_p/V)/V_p] \} Q_{P2}$$

若考量不同車種間行駛速率與車輛流率的不同，以致於影響預期的人車交會次數，則需分別預估大型車、小型車、機車的人車交會次數  $E_{rb}''$ 、 $E_{rc}''$ 、 $E_{rm}''$ 。且為消弭各路段因路段長  $L$  不同，所造成人車交會次數計算上的一致，則令並行曝光量指標  $E_r$  為單位長度的人車交會次數，即  $E_r = E_r'' / L$ ，使各路段並行曝光量有比較的基準，則大型車、小型車、機車的並行曝光量指標  $E_{rb}$ 、 $E_{rc}$ 、 $E_{rm}$  為：

$$E_{rb} = E_{rb}'' / L, E_{rc} = E_{rc}'' / L, E_{rm} = E_{rm}'' / L$$

因此並行曝光量指標  $E_r$  為：

$$E_r = E_r'' / L$$

$$= (E_{rb}'' + E_{rc}'' + E_{rm}'') / L$$

$$= E_{rb} + E_{rc} + E_{rm}$$

$$E_{rk} = \{ Q_{k1} [(1-V_p/V_k)/V_p] \} Q_{P1} + \{ Q_{k2} [(1+V_p/V_k)/V_p] \} Q_{P1}$$

$$+ \{ Q_{k1} [(1+V_p/V_k)/V_p] \} Q_{P2} + \{ Q_{k2} [(1-V_p/V_k)/V_p] \} Q_{P2}$$

其中  $E_r$  為並行曝光量指標，即為 5 分鐘內、單位長度的人車交會次數，  
 (ped-veh / m-5mins)。

$V_k$  為  $k$  車種的行駛速率， $k=b$  大型車、 $c$  小型車、 $m$  機車，(m/sec)

$V_p$  為行人行走的車道上的速率，(m/sec)

$Q_{kj}$  為  $k$  車種  $j$  方向的流率， $k=b$  大型車、 $c$  小型車、 $m$  機車， $j=1、2$ ，(veh/sec)

$Q_{pj}$  為  $j$  方向行走的車道上的行人流率， $j=1、2$ ，(ped/5mins)

## 2.1.2 穿越曝光量指標建立

### (一) 模式假設與特性描述

人行方向與車行方向垂直的人車衝突主要發生在路口穿越，模式建構如圖 2.2 所示。假設地區性道路之中，車輛皆以  $V$  的等速率行駛；而行人皆以  $V_p$  的等速率步行；3 方向與 4 方向的車輛流率分為  $Q_3$  與  $Q_4$ ，其到達率為卜瓦松 (Poisson) 分配；而 5 方向穿越車道的行人流率為  $Q_{p5}$ ；行人先步行至路緣 A 點，判斷是否能夠穿越道路，之後選擇可穿越的間距，穿越路寬  $W$  的道路；在等待穿越與穿越的過程中，與垂直方向的行駛車輛發生交會狀況。

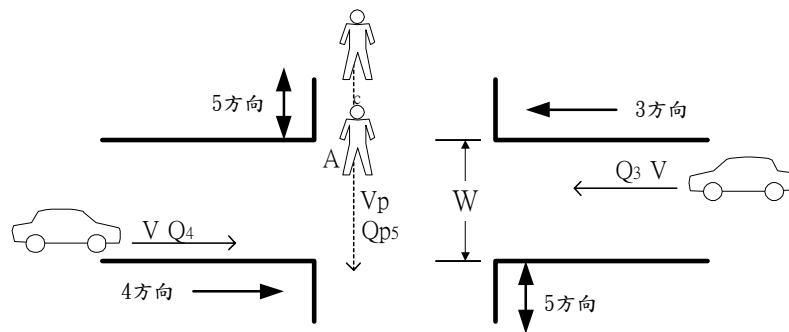


圖 2.2 人行方向與車行方向垂直人車交會示意圖

則人行方向與車行方向垂直的人車交會次數  $E_c'$  為：

$$E_c' = [E_{35}(t) + E_{45}(t)] Q_{p5}$$

$$= [\sum_{i=3}^4 E_{i5}(t)] Q_{p5}$$

其中  $E_{i5}(t)$  為 5 方向每位行人預期與  $i$  方向車流交會的車輛數

$Q_{p5}$  為 5 方向穿越車道的行人流率

### (二) 模式推導

行人穿越道路的過程中，先步行至路緣判斷是否能夠穿越道路，等待之後選擇可穿越的間距穿越路寬  $W$  的道路。因此行人穿越道路所需的時間，包含實際穿越道路的時間  $t_1$ ，與選擇可穿越間距的等待時間  $t_2$ 。則所需時間  $t$  為：

$$t = t_1 + t_2$$

行人實際穿越道路的時間  $t_1$  為：

$$t_1 = W/V_p$$

在車輛的到達率假設為卜瓦松 (Poisson) 分配的狀況下，車輛間距則為負指數 (Negative Exponential) 分配，車流較大方向平均車流率為  $\lambda$ 。若行人無法順利穿越道路，即垂直方向的車間距  $T$  小於實際穿越道路的時間  $t_1$ ，則其發生的機率  $P(T \leq t_1) = 1 - e^{-\lambda t_1}$ ，若行人可順利穿越道路，即垂直方向的車間距  $T$  大於實際穿越道路的時間  $t_1$ ，其發生的機率  $P(T \geq t_1) = e^{-\lambda t_1}$ ，則選擇可穿越間距的等待時間  $t_2$  為：

$$\begin{aligned} t_2 &= P(T \geq t_1) \times 0 + P(T \geq t_1) \times P(T \leq t_1) \times \int_0^{t_1} T \lambda e^{-\lambda T} dT \\ &\quad + P(T \geq t_1) \times P(T \leq t_1)^2 \times 2 \int_0^{t_1} T \lambda e^{-\lambda T} dT + \dots \\ &\quad + P(T \geq t_1) \times P(T \leq t_1)^n \times n \int_0^{t_1} T \lambda e^{-\lambda T} dT + \dots \\ t_2 &= t_1 e^{-\lambda t_1} + e^{-\lambda t_1} / \lambda + e^{\lambda t_1} / \lambda - 2 / \lambda - t_1 \end{aligned}$$

因此行人穿越道路所需的時間  $t$  為：

$$\begin{aligned} t &= t_1 + t_2 \\ &= t_1 e^{-\lambda t_1} + e^{-\lambda t_1} / \lambda + e^{\lambda t_1} / \lambda - 2 / \lambda \end{aligned}$$

意即在行人步行時間  $t = (t_1 e^{-\lambda t_1} + e^{-\lambda t_1} / \lambda + e^{\lambda t_1} / \lambda - 2 / \lambda)$  內所到達的車輛，皆會與行人發生交會。而車輛的到達率假設為卜瓦松 (Poisson) 分配，則此段時間內所出現的期望車數，即該行人預期與車輛交會的次數  $E_{i5}(t)$  為：

$$\begin{aligned} E_{35}(t) &= Q_3 \times (t_1 e^{-\lambda t_1} + e^{-\lambda t_1} / \lambda + e^{\lambda t_1} / \lambda - 2 / \lambda) \\ E_{45}(t) &= Q_4 \times (t_1 e^{-\lambda t_1} + e^{-\lambda t_1} / \lambda + e^{\lambda t_1} / \lambda - 2 / \lambda) \end{aligned}$$

因此人行方向與車行方向垂直的人車交會次數  $E_c'$  為：

$$\begin{aligned} E_c' &= [E_{35}(t) + E_{45}(t)] Q_{p5} \\ &= [(Q_3 + Q_4) (t_1 e^{-\lambda t_1} + e^{-\lambda t_1} / \lambda + e^{\lambda t_1} / \lambda - 2 / \lambda)] Q_{p5} \end{aligned}$$

若考量不同車種間行駛速率與車輛流率的不同，以致於影響預期的人車交會次數，則需分別預估大型車、小型車、機車的人車交會次數  $E_{cb}''$ 、 $E_{cc}''$ 、 $E_{cm}''$ 。令穿越曝光量指標  $E_c$  為人車交會次數  $E_c''$ ，即  $E_c = E_c''$ 。則大型車、小型車、機車的穿越曝光量指標  $E_{cb}$ 、 $E_{cc}$ 、 $E_{cm}$  為：

$$E_{cb} = E_{cb}'' \quad , \quad E_{cc} = E_{cc}'' \quad , \quad E_{cm} = E_{cm}''$$

因此穿越曝光量指標  $E_c$  為：

$$\begin{aligned} E_c &= E_c'' \\ &= E_{cb} + E_{cc} + E_{cm} \\ E_{ck} &= [(Q_{k3} + Q_{k4}) (t_1 e^{-\lambda t_1} + e^{-\lambda t_1} / \lambda + e^{\lambda t_1} / \lambda - 2 / \lambda)] Q_{p5} \end{aligned}$$

$$t_1 = W/V_p$$

$$\lambda = \text{Max} \{ (Q_{b3} + Q_{c3} + Q_{m3}), (Q_{b4} + Q_{c4} + Q_{m4}) \}$$

其中  $E_c$  為穿越曝光量指標，即為 5 分鐘內的人車交會次數，(ped-veh / 5mins)

$V_p$  為行人行走在車道上的速率，(m/sec)

$Q_{kj}$  為  $k$  車種  $j$  方向的流率， $k=b$  大型車、 $c$  小型車、 $m$  機車， $j=3、4$ ，(veh/sec)

$Q_{p5}$  為穿越車道的行人流率 (ped/5mins)

$W$  為道路寬度 (m)

## 2.2 嚴重性指標建立

交通事故的嚴重性，決定於發生碰撞時能量的傳遞。在行人與車輛的交通事故中，行駛中的車輛在碰撞的瞬間，將車輛本身具有的動能傳遞給行人，因而造成行人的死傷。因此本研究將以交通事故發生時，“車輛本身質量”與“車輛碰撞時行駛速率平方”的乘積，建立嚴重性指標，用以衡量地區性道路之中，若發生人車交通事故時的嚴重程度。

### (一) 模式假設與特性描述

發生人車交通事故的模式如圖 2.3 所示。假設地區性道路之中，車輛最初皆以  $V$  的速率行駛；當車輛駕駛人發現可能產生碰撞事故的行人時，距離行人的距離為該車與前車的車間距，即車輛駕駛人於行人一出現在視野範圍內時立刻警覺可能發生碰撞事故；車輛到達率假設為卜瓦松 (Poisson) 分配，則車輛間距為負指數 (Negative Exponential) 分配；而車輛的間距為  $T$ ，即假設車輛自該點前進至行人位置的時間也為  $T$ ，車輛駕駛人自接受刺激至採取減速措施的反應時間為  $t_p$ ，車輛減速至完全停止所需的時間為  $t_s$ ，車輛緊急煞車時的減速率為  $a$ ；行人面臨此狀況時，假設步行速率遠小於車輛行駛速率，或行人因為驚嚇而站立原地點不動，即行人步行速率  $V_p=0$ 。

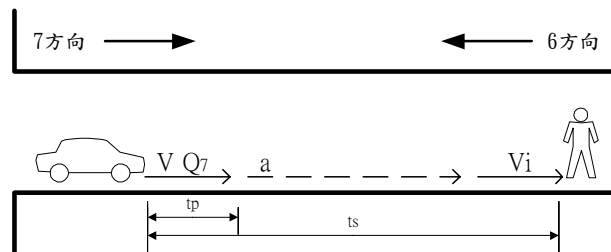


圖 2.3 人車碰撞事故示意圖

則事故嚴重性  $S'$  為：

$$S' = M \times (V_i)^2$$

其中  $M$  為發生人車碰撞事故時的車輛質量  
 $V_i$  為發生人車碰撞事故時的車輛速率

(二) 模式推導

上述事故嚴重性  $S'$  中， $V_i$  為行人與車輛碰撞時的車輛速率，而車輛碰撞時的速率 ( $V_i$ ) 與車輛行駛速率 ( $V$ ) 的關係及其發生的機率如表 2.1 所示：

表 2.1 碰撞速率  $V_i$  與車輛行駛速率  $V$  的關係及其發生的機率

發生狀況	碰撞速率 $V_i$	發生機率
$0 < T \leq t_p$	$V_i = V$	$f(T) = \lambda e^{-\lambda T}$
$t_p < T \leq t_s$	$V_i = (t_s - T) a$	
$t_s < T$	$V_i = 0$	不考慮
其中 $f(T)$ 為車間距 $T$ 時的 exponential 分配機率值 $t_s = t_p + V/a$ $\lambda$ 為車流較大方向的平均車流率		

當車輛間距  $T$  介於 0 及反應時間  $t_p$  之間時，車輛駕駛人在尚未反應的情形下，便以最初的速率  $V$  撞擊行人；若車輛間距  $T$  介於反應時間  $t_p$  及完全停止時間  $t_s$  之間時，撞擊行人時的車輛速率  $V_i = (t_s - t) a$ ；而車輛間距  $T$  大於車輛完全停止時間  $t_s$  時，便不會發生碰撞事故。

則事故嚴重性  $S'$  為：

$$\begin{aligned}
 S' &= M \times (V_i)^2 \\
 &= M \left\{ \int_0^{t_p} f(T) V^2 dT + \int_{t_p}^{t_s} f(T) [(t_s - T) a]^2 dT \right\} / \left\{ \int_0^{t_s} f(T) dT \right\} \\
 &= M \left\{ V^2 + P(T \geq t_s) (-2a^2 / \lambda^2) + P(T \geq t_p) (t_s^2 a^2 + t_p^2 a^2 + 2t_p a^2 / \lambda \right. \\
 &\quad \left. - 2t_s a^2 / \lambda - 2t_p t_s a^2 + 2a^2 / \lambda^2 - V^2) \right\} / \{ 1 - P(T \geq t_s) \} \\
 &\quad \text{其中 } P(T \geq t_s) \text{ 為車間距 } T \text{ 小於 } t_s \text{ 的機率} = e^{-\lambda t_s} \\
 &\quad P(T \geq t_p) \text{ 為車間距 } T \text{ 小於 } t_p \text{ 的機率} = e^{-\lambda t_p} \\
 &\quad \lambda = \text{Max} \{ Q_6, Q_7 \}
 \end{aligned}$$

若考量不同車種間車輛質量與行駛速率的不同，對於預期事故嚴重性的影響也不同，則需分別預估大型車、小型車、機車的事故嚴重性  $S_b''$ 、 $S_c''$ 、 $S_m''$ 。令嚴重性指標為事故嚴重性，則大型車、小型車、機車的嚴重性指標  $S_b$ 、 $S_c$ 、 $S_m$  為

$$\begin{aligned}
 S_k &= S_k'' = M_k \left\{ V_k^2 + (e^{-\lambda t_s}) (-2a_k^2 / \lambda^2) + (e^{-\lambda t_p}) (t_s^2 a_k^2 + t_p^2 a_k^2 + 2t_p a_k^2 / \lambda \right. \\
 &\quad \left. - 2t_s a_k^2 / \lambda - 2t_p t_s a_k^2 + 2a_k^2 / \lambda^2 - V_k^2) \right\} / \{ 1 - (e^{-\lambda t_s}) \} \\
 \lambda &= \text{Max} \{ (Q_{b6} + Q_{c6} + Q_{m6}), (Q_{b7} + Q_{c7} + Q_{m7}) \}
 \end{aligned}$$

其中  $S_k$  為  $k$  車種的嚴重性指標， $k=b$  大型車、 $c$  小型車、 $m$  機車， $(\text{Ton}\cdot\text{m}^2 / \text{sec}^2)$

$M_k$  為  $k$  車種的質量， $k=b$  大型車、 $c$  小型車、 $m$  機車， $(\text{Ton})$

$V_k$  為  $k$  車種的行駛速率， $(\text{m}/\text{sec})$

$t_p$  為車輛駕駛人接受刺激後的反應時間， $(\text{sec})$

$t_s$  為車輛減速至完全停止所需的時間， $(\text{sec})$

$Q_{kj}$  為  $k$  車種  $j$  方向的流率， $k=b$  大型車、 $c$  小型車、 $m$  機車， $j=6、7$ ， $(\text{veh}/\text{sec})$

$a_k$  為  $k$  車種緊急煞車時的減速率， $(\text{m}/\text{sec}^2)$

### 2.3 人車衝突風險指標建立

人車衝突風險指標為“曝光量指標”與“嚴重性指標”兩部分的乘積。合曝光量指標中“並行曝光量指標”與“穿越曝光量指標”的不同特性，人車衝突風險指標將分為“並行人車衝突風險指標  $R_r$ ”與“穿越人車衝突風險指標  $R_c$ ”，則  $R_r$  與  $R_c$  分別為：

$$R_r = \sum_{k=b,c,m} (S_k \times E_{rk}) = S_b \times E_{rb} + S_c \times E_{rc} + S_m \times E_{rm}$$

$$R_c = \sum_{k=b,c,m} (S_k \times E_{ck}) = S_b \times E_{cb} + S_c \times E_{cc} + S_m \times E_{cm}$$

透過此人車衝突風險指標的建立，將可對各地區性道路進行評估，了解地區性道路的交通安全狀況。

## 三、人車衝突風險指標驗證

人車衝突風險指標的驗證，應針對曝光量指標、嚴重性指標、及風險指標分別進行驗證工作，但嚴重性指標的驗證困難，因此本研究僅驗證曝光量指標與風險指標。曝光量指標目的在反應地區性道路之中的人車衝突次數，因此透過錄影拍攝及人工判讀的過程，即可驗證曝光量指標的適用性；而風險指標則反應地區性道路整體的安全狀況，因此透過心理感受問卷調查與尺度化分析的過程，可驗證風險指標與地區性道路交通安全的關係。

### 3.1 曝光量指標驗證

依曝光量指標的模式假設，曝光量指標應能夠合理估算人車交會次數；且人車衝突次數隨著人車交會次數的增加而提高，因此曝光量指標應與人車衝突次數正相關。曝光量指標應能反應地區性道路之中，人車衝突次數的多寡。

藉著人車衝突狀況與交通特性的調查與觀測，在 11 個調查地點共 290 分鐘的調查資料中，抽取 30 個 5 分鐘樣本資料，將車輛行駛速率、行人步行速率、及各方向車輛與行人流率等資料，透過模式計算，可獲得並行曝光量指標與穿越曝光量指標的指標



值。此指標值與人車交會次數及人車衝突次數的關係，如圖 3.1 所示。

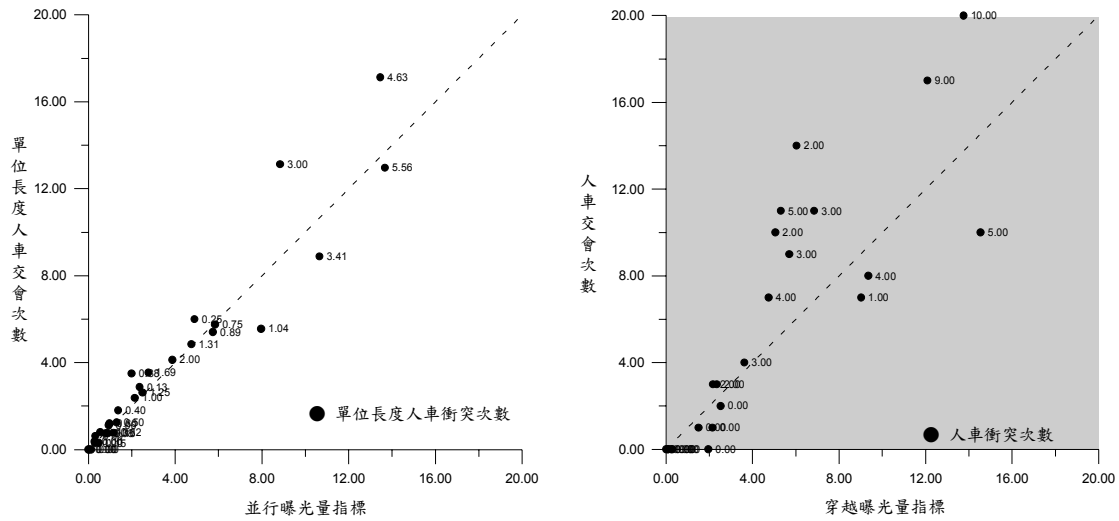


圖 3.1 曝光量指標與人車交會及衝突次數關係圖

(一) 曝光量指標與人車交會次數相等

因無法得知人車交會次數與曝光量指標的母體為何種機率分配，所以本研究採用無母數 Wilcoxon 符號等級檢定。如表 3.1 所示，虛無假設  $H_0$  為中位數相等 ( $\eta_1 = \eta_2$ )、對立假設  $H_1$  為中位數不等 ( $\eta_1 \neq \eta_2$ )。在雙尾檢定顯著水準  $\alpha = 0.025$  的情況下，無法拒絕虛無假設  $H_0$ ，則兩中位數相等，即曝光量指標與單位長度人車交會次數相等。

表 3.1 Wilcoxon 符號等級檢定表 (並行、穿越曝光量指標)

Wilcoxon 符號等級檢定	
$H_0 : \eta_1 = \eta_2$	
$H_1 : \eta_1 \neq \eta_2$	
Z>0 之等級和 T(+)	156、133
Z<0 之等級和 T(-)	279、302
T=T(+)-T(-)	-123、-169
觀察個數	29
變異數 Var(T)	8555
Z*	1.33、1.83
$Z_{0.025}$	1.96
接受 $H_0$ ：兩中位數相等	

(二) 曝光量指標與人車衝突次數相關

因無法得知人車衝突次數與曝光量指標的母體為何種機率分配，所以本研究採用無

母數等級相關係數檢定。如表 3.2 所示，虛無假設  $H_0$  為曝光量指標與人車衝突次數沒有線性相關、對立假設  $H_1$  為曝光量指標與人車衝突次數有線性正相關。在右尾檢定顯著水準  $\alpha = 0.05$  的情況下，拒絕虛無假設  $H_0$ ，則曝光量指標與人車衝突有線性正相關。

表 3.2 等級相關係數檢定表（並行、穿越曝光量指標）

等級相關係數檢定	
$H_0$ : $E_r$ 、 $E_c$ 與衝突沒有線性相關	
$H_1$ : $E_r$ 、 $E_c$ 與衝突有線性正相關	
$\Sigma di$	22、48
$\Sigma di^2$	628、532
觀察個數	30
等級相關係數 $r_s$	0.860、0.882
$R(0.05,30)$	0.305
拒絕 $H_0$ : $E_r$ 、 $E_c$ 與衝突有線性正相關	

### 3.2 風險指標驗證

依風險指標的模式假設，風險指標值越大，民眾感受越危險，因此地區性道路人車衝突風險指標值，應與心理感受尺度化量表值，有明顯的正相關。而此風險指標能夠反應地區性道路之中，民眾所感受交通安全或危險的程度。根據錄影拍攝 11 個調查地點共 290 分鐘的調查資料中，並行與穿越兩種衝突狀況分別抽取 21 及 24 個 1 分鐘樣本資料，計算並行風險指標，並訪談 37 位受訪者，進行連續類別尺度化分析，此指標值與心理感受尺度化量表值的關係如圖 3.2 所示。

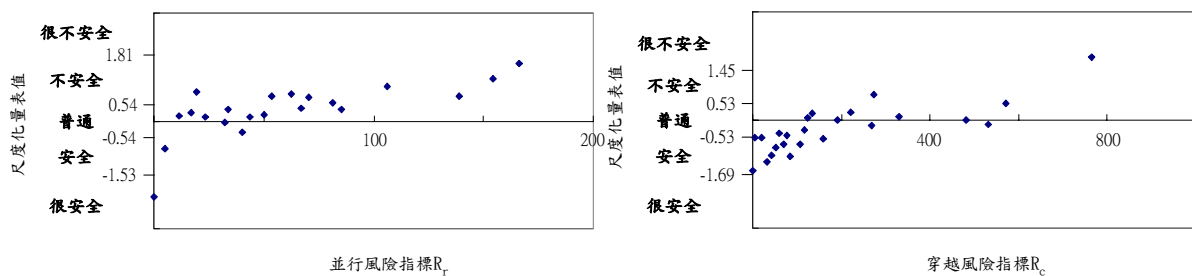


圖 3.2 風險指標與心理感受尺度化量表值關係圖

因無法得知並行風險指標為何種機率分配，所以本研究採用無母數等級相關係數檢定。如表 3.3 所示，虛無假設  $H_0$  為風險指標與尺度化量表值沒有線性相關、對立假設  $H_1$  為風險指標與尺度化量表值有線性正相關。在右尾檢定顯著水準  $\alpha = 0.05$  的情況下，拒絕虛無假設  $H_0$ ，則風險指標與尺度化量表值有線性正相關。

表 4.12 等級相關係數檢定表（並行、穿越風險指標）

等級相關係數檢定	
H <sub>0</sub> ：R <sub>r</sub> 與尺度化量表值沒有線性相關	
H <sub>1</sub> ：R <sub>r</sub> 與尺度化量表值有正線性相關	
Σdi	0
Σdi <sup>2</sup>	392、438
觀察個數	21、24
等級相關係數 r <sub>s</sub>	0.745、0.810
R(0.05,21)	0.368
拒絕 H <sub>0</sub> ：R <sub>r</sub> 與尺度化量表值有正線性相關	

#### 四、人車衝突風險指標實例評估

經由指標的驗證，發現人車衝突風險指標與地區性道路交通安全程度有明顯的正相關。因此透過車輛行駛速度、行人步行速度、車輛流率、行人流率、與道路寬度的調查及測量，並配合模式的假設，可計算地區性道路之中人車衝突指標。而指標值的大小，便反映出地區性道路的交通安全狀況；指標值越大，代表該地區性道路中的人車衝突狀況越危險，也代表該地區性道路越不安全。

各地區性道路以每天最高的風險值，代表其人車衝突的風險。因人車衝突風險指標之中，影響的參數包含車輛流率、行人流率、車輛行駛速度、行人步行速度、車輛種類…等，皆會影響指標值的大小。因此人車衝突風險指標值最高的尖峰 5 分鐘，不一定為上午或是下午的車輛尖峰時間，必須經由實地觀測，選取行人流率與車輛流率皆大的時段進行調查之後，再選取其中的尖峰 5 分鐘人車衝突風險。而本研究所調查的各地區性道路，其尖峰 5 分鐘人車衝突風險如表 4.1 所示。由表 4.1 所示的尖峰 5 分鐘人車衝突風險指標，配合圖 3.2 心理感受尺度分析的結果，便可以簡略得知各地區性道路人車衝突的狀況。

在四維路 166 號前與四維路建安國小後門，於建安國小下午放學的時刻，並行人車衝突較為危險；雖然建安國小後門兩旁的巷道有設置簡易的人車分隔設施，但步行於車道上的行人仍多，以致於出現不少人車衝突的狀況；四維路 166 號前的行人流率雖較建安國小後門略少，但此處並無人車分隔設施的設置，造成所有行人皆面臨與車輛發生衝突的機會，情況更為危險。

而思源街羅斯福路口與福志路 30 號前的穿越人車衝突較為危險；其中以思源街羅

斯福路口的情況最為嚴重，主因為行人流率與機車流率皆大，造成行人穿越時面臨的車輛衝突機會很高；而福志路 30 號前為福林國小後門，下午放學時行人流率較高，且福志路道路寬度達 8.8 公尺，車輛行駛速率較快，造成行人穿越時的威脅。

表 4.1 各地區性道路尖峰 5 分鐘人車衝突風險

調查地點	調查時間	尖峰 $R_r$	尖峰 $R_c$
四維路 (166 號)	89/03/03 16:00~16:30 89/03/03 12:45~13:15	111.15	108.37
中華路二段 416 巷 (9 號)	89/03/04 12:50~13:10 89/03/04 12:40~12:50	—	—
大安路 (信義路 60-68 號)	89/03/03 16:45~17:15 89/03/03 12:00~12:30	—	—
思源街 (羅斯福路口)	89/03/08 17:00~17:30	30.18	6484.80
福志路 (30 號)	89/03/22 12:00~12:20	8.02	3856.00
中華路二段 309 巷 (市集)	89/03/04 12:00~12:30	20.87	16.94
師大路 93 巷 (3 號前)	89/02/29 17:30~18:00	3.17	1.91
四維路 (建安國小後門)	89/03/20 16:00~16:30	141.46	441.99
— 表示拍攝時段非人車衝突風險的尖峰時段			

經由人車衝突風險指標的評估，可以獲知交通安全必須改善的地區性道路。而改善的方法可以透過各種減速措施或人車分流措施，用以控制車輛流率、減少行人步行於道路上的流率、降低車輛行駛速率、縮減路寬路寬…等方式，降低人車衝突風險指標值，增進地區性道路的交通安全狀況。

## 五、結論與建議

### 5.1 結論

1. 本研究利用地區性道路中人車衝突的狀況，建立人車衝突風險的評估模式。在風險評估模式之中，利用人車交會的次數，考量行人暴露在危險環境中的長短作，為曝光量指標；利用事故發生時能量傳遞的大小，考量行人在事故中的傷亡程度，作為嚴重性指標；並以此推估人車衝突風險指標值，評估地區性道路的交通安全程度。
2. 人車衝突風險指標的驗證，應針對曝光量指標、嚴重性指標、及風險指標分別進行驗證工作，但嚴重性指標的驗證困難，因此本研究僅驗證曝光量指標與風險指標。
3. 曝光量指標的驗證工作，透過錄影拍攝及人工判讀的過程，證實曝光量指標能夠合理預估地區性道路的人車交會次數，並且能夠反應地區性道路的人車衝突次數。而風險指標的驗證工作，透過心理感受問卷調查與尺度化分析的過程，證實風險指標能夠反應路人對交通安全狀況的心理感受。因此本研究所建立的人車衝突風險指標能夠確實反應地區性道路的交通安全狀況。
4. 經由人車衝突風險指標的評估，可以獲知交通安全必須改善的地區性道路。而改善

的方法可以透過各種減速措施或人車分流措施，用以控制車輛流率、減少行人步行於道路上的流率、降低車輛行駛速率、縮減路寬路寬…等方式，降低人車衝突風險指標值，增進地區性道路的交通安全狀況。

## 5.2 建議

1. 本研究針對地區性道路之中的交通安全問題進行探討。然而地區性道路的交通問題不僅僅只有安全問題，關於地區性道路的便利、舒適、與防災…等議題，仍有發展的空間。
2. 本研究針對地區性道路的交通安全狀況建立評估模式，但改善的策略或設施並不僅考量安全方面的成效，對於環境、景觀、費用…等皆為考慮的重要因子。因此本研究所建立的人車衝突風險，可提供地區性道路環境改善時的重要參考，但並非改善時的全部依據。
3. 本研究所建立的人車衝突風險評估模式，是以地區性道路之中的人車交會次數作為曝光量指標，用以預估地區性道路之中的人車衝突次數。但人車衝突次數應會隨著道路寬度的增加而減少，也就是說道路越寬的地點，人車衝突次數與人車交會次數的比例越小，而曝光量指標並無法反應此現象，因此本研究所建立的人車衝突風險指標，可能高估地區性道路的危險程度。不過趨向保守的估計，對於地區性道路的改善並無大礙。後續研究可針對此現象，在曝光量指標之中加入折減因子，提高人車衝突風險指標的正確性。

## 參考文獻

1. 許添本、鍾智林，巷道交通安全調查比較分析，中華民國第四屆運輸安全研討會，民國 86 年 11 月。
2. 吳永隆，地區性交通計畫之應用考察，成大土木所博士論文，民國 87 年 6 月。
3. Rudolf Limpert, Motor vehicle accident reconstruction and cause analysis, 3<sup>rd</sup> Edition, Charlottesville, Va Michie Co., 1989.
4. Todd Litman, "Evaluating Traffic Calming Benefits, Costs and Equity Impacts," Victoria Transport Policy institute, 7 June 1999.
5. Gary A. Davis, "Method for estimating effect of traffic volume and speed on pedestrian safety for residential streets," Transportation Research Record, Vol.1636, pp.110-115, 1998.

