

# 道路潛在危險性評估指標之研究



交通部運輸研究所

中華民國八十六年五月

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：道路潛在危險性評估指標之研究			
國際標準書號（或叢刊號）		政府出版品統一編號 009104860332	運輸研究所出版品編號 86-35-3171
主辦單位：運輸安全組 主 管：林豐福 計畫主持人：林豐福 研究人員：賴靜慧 電 話：（02）349-6861 傳 真：（02）545-0429			研究期間  自 84 年 7月  至 85 年 12月
關鍵詞：評估指標、風險、地點鑑定、交通事故			
<p>摘要： 道路及其輔助設施之設計須維護用路人使用時之安全，然因種種人、車、路因素的組合，致常發生交通事故而帶來生命及財產上的損失，若欲降低此種損耗，可透過事後評估之方法，儘速彌補既有設計上的缺漏之處。道路潛在危險性評估指標即利用事後評估之方式，試圖找出影響用路人行車安全的地點，予以改善。</p> <p>本研究之指標可反映肇因於道路因素的危險性，並可藉以辨識出須改進的分析對象，如此分析人員即可運用工程技術來降低具高危險性之分析對象的潛在風險。</p> <p>本研究利用實證貝氏法為主要之基礎，來構建評估道路潛在危險性之程序，並以實際之道路交通事故資料進行實證作業，以確保評估邏輯的可用性。</p>			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
86 年5月	87	100	凡屬機密或限閱性出版品均不對外公開。一般性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密（ <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input type="checkbox"/> 限閱（ <input type="checkbox"/> 解限日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解限） <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROGRAM  
INSTITUTE OF TRANSPORTATION  
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

<b>TITLE : A Study on Highway Hazard Index</b>			
<b>ISBN(OR ISSN)</b>	<b>UNIFORM SERIAL CODE FOR GOVERNMENT PUBLICATIONS</b> 009104860332	<b>IOT SERIAL NUMBER</b> 86-35-3171	
<b>DIVISION :</b> Transportation Safety		<b>PROJECT PERIOD</b>  FROM July, 1995  TO Dec., 1996	
<b>DIVISION CHIEF :</b> Division			
<b>PRINCIPAL INVESTIGATOR :</b> Fong-Fu Lin			
<b>PROJECT STAFF:</b> Fong-Fu Lin			
<b>PHONE :</b> Ching-huei Lai			
<b>FAX :</b> 886-2-3496861			
		886-2-5450429	
<b>KEY WORDS : Hazard Index, Risk, Location Identification, Accident</b>			
<p><b>ABSTRACT :</b></p> <p>The design of road and its auxiliaries must keep road users away from danger. But frequent accidents under the influences of driver, vehicle and road factors had cost lots of lives and property. In order to cut down these losses, we can evaluate accidents and then feed back to correct the design. Highway hazard index is an evaluation method try to find out where is dangerous for road users, then government agencies or engineers could improve it.</p> <p>The index in this study could reflect dangers caused by road factors, so as to identify hazardous locations. And then government agencies or engineers could apply engineering technique to reduce potential risk of these locations.</p> <p>Empirical Bayes ( EB ) approach is a basic methodology for constituting this study's evaluation procedure. This study sets up an identification logic, and proves its practicability with real accident data.</p>			
<b>DATE OF PUBLICATION</b>  May, 1997	<b>NUMBER OF PAGES</b>  87	<b>PRICE</b>  100	<b>CLASSIFICATION</b> <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of Ministry of Transportation and Communications.			

## I

第一章	緒論.....	1- 1
1.1	研究目的 .....	1- 1
1.2	研究方法及流程 .....	1- 2
第二章	文獻回顧.....	2- 1
2.1	國外相關文獻回顧 .....	2- 2
2.2	國內相關文獻回顧 .....	2-16
第三章	方法論之建立 .....	3- 1
3.1	實證貝氏法（EB, Empirical Bayes Approach）之基本觀念 .....	3- 6
3.2	實證貝氏法之理論 .....	3- 8
3.3	臨界不安全性之決定 .....	3-12
3.4	道路潛在危險性之評估程序.....	3-12
第四章	實證 .....	4- 1
4.1	實證操作.....	4- 1
4.2	小結.....	4-21
第五章	結論與建議 .....	5- 1
5.1	結論.....	5- 1
5.2	建議.....	5- 4
附錄一	參考母體之道路交通事故資料統計表 ——以 1 公里為單位（民國 77 年～83 年） .....	A- 1
附錄二	負二項分配檢定之方法 .....	A- 3
附錄三	參考母體之道路交通事故資料統計表 ——以 500 公尺為單位（民國 77 年～83 年） .....	A- 4
參考資料	.....	R- 1

## 圖目錄

圖 1-1	研究流程圖 .....	1- 3
圖 2.1	交通阻塞法各考慮因素的指示值搜尋圖 —以「肇事次數」為例 .....	2-11
圖 3-1	道路潛在危險性之評估程序 .....	3-14

## 表目錄

表 2.1	交通阻塞法之考慮因素及權重 .....	2-10
表 2.2	國內外辨識危險對象之主要方法論彙整表 .....	2-20
表 4.1	道路交通事故資料量統計表 .....	4- 2
表 4.2	省道路段道路交通事故資料量統計 .....	4- 4
表 4.3	參考母體之道路交通事故次數分配表 —單位長度為 1 公里 .....	4- 9
表 4.4	參考母體之道路交通事故次數分配表 —單位長度為 500 公尺里 .....	4- 9
表 4.5	參考母體中有肇事記錄之資料點的不安全性 .....	4-11
表 4.6	台九線路段道路潛在危險性統計表 (民國 82 年~民國 84 年) .....	4-17
表 4.7	高潛在危險性之台九線路段 —分析年期為民國 82 年~民國 84 年 .....	4-21

# 第一章 緒論

道路及其輔助設施之設計須維護用路人使用時之安全，然因種種人、車、路因素的組合，致使交通事故之發生時有所聞，帶來生命及財產上的損失。若欲降低此種損耗，除需於用路人使用道路之前，作好道路上之相關設計及用路人的行前教育，並於其使用時，即時提供足夠的訊息外，亦可透過事後評估之方法，儘速彌補既有系統（包括使用前及使用中）設計上的缺漏之處。道路潛在危險性評估指標即利用事後評估之方式，試圖找出影響用路人行車安全的地點，而予以改善。

## 1.1 研究目的

道路潛在危險性評估指標係在反應道路交通事故「多次」發生的地點中（可為路段、路口及或特定地點）所隱藏的潛在危險。因此，透過道路潛在危險性評估指標的審慎設計，可用來評估道路所具有之潛在危險性，進而據此找出高風險之地點，以供改善。

本研究認為一個合適的道路潛在危險性評估指標，必須能讓分析人員於利用此指標辨識出須改進的分析對象時，即可運用工程技術來降低具高危險性之分析對象的潛在風險，因此，指標所指出的高危險性對象，其危險性應是肇因於「路」的因素多過肇因於「人」或「車」的因素。此外，本研究亦認為一個好的指標，對例行性與專案性質之評估工作，均應具有足夠的適用性，如此方能確實滿足分析人員的需求。

為建立上述側重道路因素、兼顧例行工作與專案工作需求的評估指標，本研究的主要目的即在建立一套能產生所需指標的方法論，俾使來者據此循序產生國內評估道路潛在危險性的指標，以供實務界進行評估工作。

## 1.2 研究方法及流程

國內現雖已有依據道路交通事故傷亡結果而建立的尋找高危險地點之方法論（請詳第二章之文獻回顧），但此方法至今已引用十餘年，其間或有新的方法論產生，或國內外各界對類似方法論的特性有更充分的瞭解，甚或相關之模式參數須更新等因素，致使該方法論具有進一步改善之空間。故本研究擬由國內外其他相關資料的回顧開始，重新檢核是否可藉由引入他法，而改進該方法論辨識在危險對象的能力。

在尋找改善既有方法論之途的同時，本研究亦將一併考量國內現有資料庫的可用性，以免遭遇方法論所需資料匱乏的窘境，最後本研究將用國內實際之資料，來驗證方法論的實用性。

本研究之研究流程圖如圖 1-1 所示。

## 第二章 文獻回顧

國內外對於辨識危險對象之技術的探討由來已久，亦發展出多種不同的方法論，整體而言大概可歸為下列幾類途徑：

1. 以簡易的計算公式及統計方式評估分析對象的危險性：
  - (1). 不考慮曝光量因素而僅直接用分析對象的道路交通事故次數、死亡人數或受傷人數，評估危險性之高低；或者，進一步以加權處理次數及傷亡人數。
  - (2). 引入曝光量之因素，利用單位曝光量下的道路交通事故次數、死亡人數或受傷人數統計值，評估分析對象危險性之高低；或者，進一步參考總體狀況或運用分析人員的專業判斷，產生臨界值，再以此臨界值來判定分析對象的危險程度。曝光量因素可為路口流量、路段流量、某地區內登記之車輛數、某地區內之人口、某地區內之道路面積等等，完全視分析人員認為何種變數與道路交通事故的發生具較高之關聯性而定。
2. 利用統計理論及檢定技術，以道路交通事故次數、死亡人數或受傷人數為基本資料，來判定分析對象危險與否：
  - (1). 不考慮曝光量因素，但以加權方式同時考量分析對象之道路交通事故歷史資料與類似對象之特徵資料，在某信賴水準下解釋分析對象的危險程度。
  - (2). 在考慮曝光量因素下，利用某信賴水準下之臨界值或臨界機率的產生，來判斷分析對象危險與否。
3. 結合上述各種評估方法，以多重篩選（運用聯集或交集觀念）的方式，找出危險的分析對象；或者，利用上述各種統計值衍生進一步之評估指標，來評估分析對象的危險程度。



4. 除考慮曝光量因素及道路交通事故資料外，進一步考量車流特性、駕駛行為與道路資訊等因素，評估指標即利用這些資料所顯示的潛在危險性加權而來。

上述各種評估分析對象危險性之方式，若無臨界值作為參考基準，則所有分析對象所計算出來的危險性，可用排序方式，表現分析對象間危險之高低；若有臨界值的設計，則除可顯示分析對象間危險之高低外，亦可獲得危險程度是否可接受之訊息。當然，如果能於評估過程中納入統計理論的考量，即可進一步確定評估結果的可信賴程度。茲即就各種常見之方法論，茲分述於下。

## 2.1 國外相關文獻回顧

### 一、肇事次數法

本法係在一定期間內，依該分析對象（路段、路口或特定地點）發生道路交通事故之多寡，來判定其潛在危險程度。此方法甚為簡易，但一般認為其忽略了曝光量因素對道路交通事故發生之影響，且對於事故的傷亡情形也未予以考慮，是其缺點所在；就應用上而言，較適於分析小城市之街道系統，或大城市交通流量低的道路系統，而較不適於分析交通流量很高或變化全距過大之道路系統。

### 二、肇事率法

肇事率法係於評估過程中，引入曝光量因素的考量。一般有二種曝光量的計算方式，一是利用社經或道路建設資料為基礎，一則是以旅行量資料為基礎。以社經或道路建設資料為肇事率之計算基礎者，可採用下列資料：

1. 地區人口
2. 登記之車輛數

3. 領有駕駛執照者之人數

4. 公路里程

以此種方式計算所得之肇事率，顯然較適於評估個人在道路上所面臨之一般性風險。

以旅行量資料為肇事率計算基礎者，係以旅行量作為個人曝光於潛在事故狀況中的一種量測值，並假設曝光量高之地點，其發生道路交通事故之次數即相對地提高。旅行量之量測，常用的基礎為「旅行之車公里」及「旅行之車小時」，就「線段」分析對象來說，此二種資料會因旅行速率而有極大之差異，至於「單點」分析對象，則此二種資料計算所得之差異甚微，因此於單點分析時，改以通過該點之總流量作為肇事率之計算基礎。以曝光量計算肇事率之基本公式為：

$$\text{肇事率} = \frac{N}{E} \quad (2.1)$$

$N$ ：肇事次數

$E$ ：曝光量

以旅行量作為曝光量資料進行實際分析時，線段（路段）與單點（路口或特定地點）對象須採用不同之肇事率計算方式：

線段肇事率（每百萬車公里）＝

$$\frac{N_l \times 10^6}{AADV_l \times Days \times LL} \quad (2.2a)$$

單點肇事率（每百萬車輛）＝

$$\frac{N_i \times 10^6}{AADV_i \times Days} \quad (2.2b)$$

$N_l$ ：線段  $l$  之肇事總次數

$N_i$ ：單點  $i$  之肇事總次數

$AADV_l, AADV_i$  : 肇事地點 ( 線段  $l$  , 單  
點  $i$  ) 每日平均交通量

$Days$  : 天數

$LL$  : 線段全長

利用旅行量之觀念分析道路交通事故時，分析人員須明白駕駛者所曝露之潛在風險中，除受時間及里程因素影響外，尚受路旁活動、交叉路口數、管制方式、道路線形等等其它無法於公式中考量之因素的影響。

上述計算肇事率之方法，因採間接或直接方式，而將通過分析對象之交通流量因素予以考慮，故一般認為可或多或少地反應每一分析對象之道路交通事故與流量間的關係，進而減少在比較各分析對象時，流量差異所造成之影響，以致於可比肇事次數法所得之結果更為接近事實。但此方法在分析對象發生道路交通事故次數少，而社經、建設或流量資料亦低時，其肇事率會顯得甚為突出，然而實際上該分析對象卻未必真正具有嚴重的危險性。因此，肇事率法雖將流量因素加以考慮，但反而易受其值大小的影響，而在某些分析對象上產生偏高或偏低的肇事率，導致無法正確地反應出潛在風險，且此法亦不考慮肇事之傷亡情形。

### 三、肇事次數及肇事率法

此法係上述二種方法的進一步改善。因為分析對象之肇事次數較高時，雖有可能具有較高之潛在風險，但若該分析對象通過之流量非常大，則就肇事率而言，可能仍屬可接受範圍，實際之安全性可能並不壞；另一方面，若分析對象肇事次數不多，但其通過流量甚低，則肇事率可能會

顯得很高，同樣地，實際的安全性亦可能並不壞。因此，如果某分析對象之肇事次數與肇事率均較一般平均值為高，則有充分理由認為該處確具潛在危險性。

此法一般之分析程序如下：

1. 依道路所在區位、車道數、分隔設施等等特性，將線段（路段）及單點（路口或特定地點）分析對象加以分類。
2. 分別計算各類分析對象之肇事次數及肇事率：
  - (1). 以下列方法計算各類線段分析對象（路段）之肇事次數及肇事率：

$$\text{平均肇事次數（每公里）} = \frac{\sum_i N_i}{LL} \quad (2.3a)$$

$$\text{肇事率（每百萬車公里）} = \frac{\sum_i N_i \times 10^6}{\sum_i AADV_i \times \text{Days} \times LL_i} \quad (2.3b)$$

- (2). 以下列方法計算各類單點分析對象（路口或特定地點）之肇事次數及肇事率：

$$\text{平均肇事次數（每一地點）} = \frac{\sum_i N_i}{IN} \quad (2.3c)$$

$$\text{肇事率（每百萬車輛）} = \frac{\sum_i N_i \times 10^6}{\sum_i AADV_i \times \text{Days}} \quad (2.3d)$$

$N_i$ ：線段  $i$  之肇事總次數

$N_i$ ：單點  $i$  之肇事總次數

$IN$  : 單點  $i$  之總數

$AADV_l, AADV_i$  : 肇事地點 (線段  $l$ , 單點  $i$ ) 每日平均交通量

$Days$  : 天數

$LL$  : 所有線段之總長度

$LL_l$  : 線段  $l$  之全長

3. 決定各類分析對象之肇事次數及肇事率的臨界值。有以平均值之特定倍數 (兩倍或其他) 為臨界值者, 亦有以下列肇事機率法求算臨界值者。

本法可適用於分析各類公路系統。

#### 四、肇事機率法

由於上述三種方法中, 僅以肇事次數或 (及) 肇事率之大小來評定分析地點的潛在危險性, 忽略了各分析地點間之流量、長度、道路狀況等因素之差異, 故產生了在流量因素值低處有高估其潛在危險性之傾向, 及未能依同一基準來判定危險地點之缺失, 因此 D. A. Morin 利用品質管制法之觀念, 來評估分析對象之潛在危險性, 試圖消除此些缺失。

D. A. Morin 應用管制圖之技術, 為每一分析對象建立其肇事率上限及下限的公式:

$$\text{上限} = R_A + K_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{R_A}{E} - \frac{0.5}{E}} \quad (2.4a)$$

$$\text{下限} = R_A + K_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{R_A}{E} + \frac{0.5}{E}} \quad (2.4b)$$

$R_A$  : 平均肇事率 (線段分析對象以每百萬車公里為單位, 單點分析對象以每百萬車輛數為單位)

$E$ ：分析期間之曝光量（百萬車公里或百萬車輛數）

$K_{1-\alpha/2}$ ：係數（信賴水準 $\alpha$ 下之統計係數）

根據上列二式，各分析對象可分別依其曝光量（ $E$ ）與肇事率之一般水準（ $R_A$ ），來產生自己的肇事率上下限，當一分析對象之實際肇事率超過其肇事率上下限時，即被視為需進一步分析的對象。由公式可發現，一分析對象曝光量的多寡，對說明其是否具高危險性有舉足輕重之影響。因為，雖然一分析對象之實際肇事率甚高，但若因其曝光量頗低，使得肇事率上下限間的範圍加大，則其實際肇事率超過極限值的可能性會降低；反之，一實際肇事率不高的分析對象，可能會因其曝光量高而縮小了上下限間距，致使實際肇事率超過極限值之機率提高。

就任一分析對象而言，公式(2.4a)及(2.4b)亦可用來說明實際肇事率與平均肇事率間變異情形的隨機性。公式中的 $K_{1-\alpha/2}$ 值表示實際肇事率與平均肇事率間的差異有 $\alpha$ 之機率（上下限各 $\alpha/2$ ）是屬於隨機變異，而有 $1-\alpha/2$ 之機率則是屬於非隨機變異。因此，當實際肇事率超過任一極限值（上限或下限）時，即代表此種超出極限值之現象，具可解釋意義的可能性達 $1-\alpha/2$ ，另有 $\alpha/2$ 的機率則純屬意外，是無法解釋的，亦即當 $\alpha=0.05$ 時，象徵實際肇事率超過任一極限值的變異中，有2.5%的機率，係屬隨機因素，而有97.5%的機率則非屬隨機性因素。同樣地，實際肇事率與平均肇事率間變異，亦具有如此特質。

##### 五、肇事機率法及嚴重程度控制法

本法可用以分析流量變化很大之道路系統，其同時考量肇事次數、肇事率及事故嚴重程度三種指標，分析時亦須先對道路系統予以分類，美國喬治亞州即利用本法，進行危險地點鑑定，其分析步驟如下：

1. 以公式 ( 2.3b ) 及 ( 2.3d ) 分別計算各類線段及各類單點分析對象之肇事率，此為平均肇事率。
2. 以公式 ( 2.2a ) 及 ( 2.2b ) 曝光量的計算方式，計算各分析對象在分析期間之曝光量。
3. 以公式 ( 2.4a )，利用上述 1. 與 2. 之結果，計算各類分析對象之臨界肇事率 (  $R_c$  )。當係數  $K$  值越高，則具潛在危險性之地點數越少。
4. 計算各類線段及單點分析對象之事故嚴重程度：
  - (1). 將道路交通事故依當事人死亡、受傷 ( A、B、C 三級 ) 及僅有財物損失等情形分成五級，各級之權數為：  
 $I_F$ ：有當事人死亡之事故  
.....權數為 5  
 $I_A$ ：有當事人受 A 級傷害之事故  
.....權數為 4  
 $I_B$ ：有當事人受 B 級傷害之事故  
.....權數為 3  
 $I_C$ ：有當事人受 C 級傷害之事故  
.....權數為 2  
 $P_D$ ：僅有財物損失之事故  
.....權數為 1
  - (2). 計算平均嚴重程度 (  $F$  表總肇事次數 )

$$S_A = \frac{I_F \times 5 + I_A \times 4 + I_B \times 3 + I_C \times 2 + P_D \times 1}{F}$$

(3). 以計算  $R_c$  之方法計算臨界嚴重程度  $S_c$ 。

5. 以計算  $R_c$  及  $S_c$  之方法，計算各類分析對象之臨界次數  $F_c$ 。
6. 計算危險因子  $FI$ 、 $RI$  及  $SI$ ，若各分析對象之實際值 ( $F$ 、 $R$  及  $S$ ) 與其臨界值之比大於 1，即表可能具有潛在危險性：

$$FI = \frac{F}{F_c}, \quad RI = \frac{R}{R_c}, \quad SI = \frac{S}{S_c} \quad (2.5a)$$

7. 利用經驗加權法，計算各分析對象之指標積點 ( $IP$ )，以瞭解所有分析對象之相對潛在危險性：

$$IP = FI \times 0.6 + RI \times 0.5 + SI \times 2 \quad (2.5b)$$

## 六、交通阻塞法

Taylor 及 Thompson (1976) 曾發展出一推算潛在危險指數的公式，公式中除納入利用事故資料所得之肇事次數、肇事率及事故嚴重程度資料外，更進一步考量下列非事故結果之資料：

1. 交通衝突 (Traffic Conflicts)。
2. 不規律之行車 (Erratic Maneuvers)。
3. 視距比值 (Sight Distance Ratio)。
4. 流量／容量比 (Volume/Capacity Ratio)。
5. 駕駛者之期望 (Expectancy)。
6. 資訊系統之缺乏。

其方法係透過所建立之各項考慮因素 (如表 2.1 所示) 的指示值 (IV, Indicator Value) 搜尋圖 (如圖 2.1 所示之肇事次數的指示值搜尋圖)，



得出分析對象在各相關因素上的指示值，（此指示值可用來顯示分析地點之危險性），再配合各考慮因素之相對權重（如下表），即可求得各分析地點之潛在危險指數（ $HI$ ）：

$$HI = \frac{\sum W_i IV_i}{\sum W_i} \quad (2.6)$$

$W_i$ ：因素 $i$ 之權重

$IV_i$ ：因素 $i$ 之指示值

此法為衡量分析對象是否具潛在危險性之較佳方法，因其除考慮肇事次數、肇事率、事故嚴重程度外，同時亦考慮其他交通、環境與構成該對象具潛在危險性之因素，如：交通衝突、不規律之行車、視距比值、交通量/容量值、駕駛者之期望等等，但相對地，分析所需之資料亦甚難收集，且指示值的訂定難有一客觀標準。

表2.1 交通阻塞法之考慮因素及權重

因素	權重	因素	權重
肇事次數	14.5	視距比值	6.6
肇事率	19.9	交通衝突	5.3
肇事之嚴重程度	16.9	不規律的行車	6.1
流量/容量比	7.3	駕駛者的期望	13.2
資訊系統之缺乏	10.2	-	-

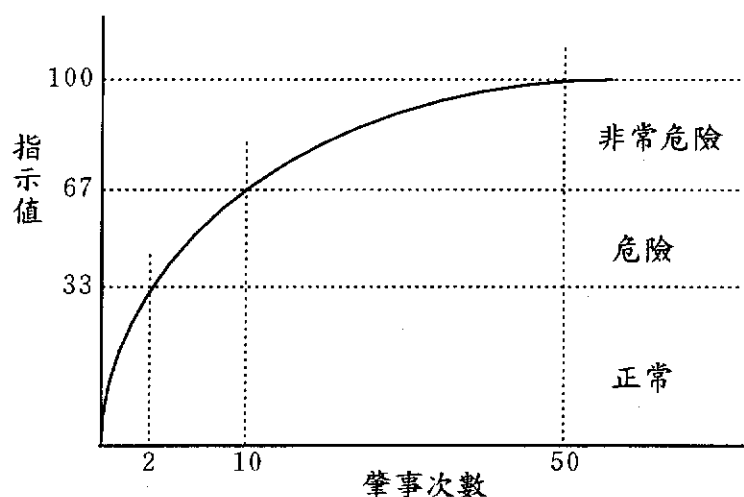


圖 2.1 交通阻塞法各考慮因素的指示值搜尋圖  
—以「肇事次數」為例

### 七、事故嚴重性法

每件道路交通事故所產生的傷亡與財務損失程度各有不同，有些分析對象雖肇事次數少或肇事率不大，但其死亡比率卻很高，即表示此分析對象一旦發生事故，其後果相當嚴重，此固可能僅因人或車而異，然仍有可能肇因於工程設計之缺失，因此有人認為發生道路交通事故後之嚴重程度，亦應被列為評估指標之一。

在計算道路交通事故之嚴重程度時，由於死亡、受傷及僅有財物損失間之價值及性質均不相同，欲建立統計上的關係較為困難，因此合併考慮時，大部分均採取「當量」之計算方式，予以整合。當量的計算一般有同時考慮死亡、受傷及僅有財物損失之「僅有財損當量」(EPDO, Equivalent-Property-Damage-Only)，或只計算死亡與受傷之「受傷當量」(EIO, Equivalent-Injury-Only)，或以分析人員專業判斷之直覺權重來表示

其平均嚴重程度等三者方式。此外尚可以分析對象之平均每一事故的死亡人數，來表示事故之嚴重性。

「受傷當量」與「僅有財損當量」具有雷同之立論觀念，只是「受傷當量」僅考慮死亡、受傷二種道路交通事故結果，將「死亡」之嚴重程度換算成與「受傷」之嚴重程度相當的當量值，而與「受傷」合併成單一的指標值；相同的，「僅有財損當量」則是將「死亡」、「受傷」及「僅有財損」等三種道路交通事故結果，以「僅有財損」之嚴重程度為基礎加以整合；至於平均嚴重程度之計算邏輯，即前述美國喬治亞州計算其事故平均嚴重程度之法，此處不再贅敘。

通常，為顯示道路交通事故之嚴重性，有當事人死亡之事故，會給予較高之當量值（權重），至於當量值（權重）之決定，可由分析人員依專業判斷而予以決定，或亦可由其它資料計算產生，如：死亡成本、受傷成本、財物損失成本。透過以成本計算當量值（權重）之方式評估道路交通事故嚴重程度，其指標之一般形式如下。而所隱含的意義為當分析對象之事故結果越嚴重時，即表該對象可能之潛在危險性越高。

$$EPDO_N = PDO + INJ \times F1 + FAT \times F2 \quad (2.7a)$$

$EPDO_N$ ：僅有財損當量之肇事次數

$PDO$ ：僅有財物損失之事故次數

$INJ$ ：有當事人受傷之事故次數

$FAT$ ：有當事人死亡之事故次數

$F1$ ：受傷成本／財物損失成本

$F2$ ：死亡成本／財物損失成本

當分析人員對有當事人死亡之事件付予較重的當量值（權重）時須特別注意，因若當事人死亡之事件數不大時， $EPDO_N$ 之指標值可能會誤導後續之改善作業方向，使得改善計畫較不具成本效益（Non Cost-Effective）。故亦有研究指出，公式（2.7a）宜修改如下：

$$EPDO_N = PDO + (INJ + FAT) \times F \quad (2.7b)$$

$EPDO_N$ ：僅有財損當量之肇事次數

$PDO$ ：僅有財物損失之事故次數

$INJ$ ：有當事人受傷之事故次數

$FAT$ ：有當事人死亡之事故次數

$F$ ：死亡與受傷之平均成本／財物損失成本

對於道路交通事故之成本，迄今有各種不同之假設，如有以「人力資本法」建立道路交通事故成本者，然亦有以「願意支付之金額」（willingness-to-pay）的觀念推算成本者。但即令在相同之假設下，地區、成本項目等等因素的差別，亦會使道路交通事故成本懸異，進而影響 $EPDO_N$ 之值。因此，一般認為此種分析方式較適於交通事故之經濟分析。

#### 八、事故嚴重性比率法

本法為將前述事故嚴重性法計算所得之各分析對象的事故嚴重程度值，進一步除以該對象之肇事次數或曝光量（如百萬延車公里等）後，以此比率值來顯示事故的嚴重程度。其主要是在試圖消除不同分析對象間的交通狀況差異，以使事故嚴重性之比較工作立基於一個較公平的相對性水準上，因為不同的分析對象可能因通過之交通量高低有別，以致所發生的肇事次數產生差異，

若選用事故嚴重性進行比較，則高僅有財損當量之肇事次數的分析對象將永遠最嚴重，但若進一步考量交通量的因素，則或許低僅有財損當量之肇事次數的分析對象，其事故嚴重性較高，但是，此種方法與肇事率法一樣，會因曝光資料的引入而產生偏高或偏低之比率值。

#### 九、貝氏法 (Bayesian Methodology)

Julia L. Hagle and James M. Witkowski的貝氏分析採二階段進行，第一階段係利用研究區內的道路交通事故歷史資料，產生整個研究區的肇事率機率分配 ( $f_R(\lambda)$ )，接著在第二階段中，以第一階段所產生之研究區內肇事率機率分配，及分析年期中某一分析對象發生道路交通事故次數的資料 ( $N_i$ ) 與其交通流量資料 ( $V_i$ )，獲得該分析對象的肇事率機率分配 ( $f_i(\lambda|N_i, V_i)$ )，此第二階段所產生之分配因納入分析對象的相關資訊，故會較第一階段所得之結果更接近實況，又因為每一分析對象均會有一個這樣的肇事率機率分配 ( $f_i(\lambda|N_i, V_i)$ )，所以分析人員可以透過統計檢定的方式，來檢定該分析對象是否具危險性。

此方法的推衍立基於下列二項基本假設：

1. 當一分析對象的肇事率已知時 ( $\tilde{\lambda}_i = \lambda$ )，該分析對象發生道路交通事故的實際次數服從卜瓦松分配 (Poisson Distribution)，即：

$$f(N_i|\lambda, V_i) = P\{N_i = n|\tilde{\lambda}_i = \lambda, V_i\} = \frac{(\lambda V_i)^n}{n!} e^{-\lambda V_i} \quad (2.8a)$$

2. 研究區內之肇事率機率分配為珈瑪分配 (Gamma distribution)，即：

$$f_R(\lambda) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \lambda^{\alpha-1} e^{-\beta\lambda} \quad (2.8b)$$

$\tilde{\lambda}_i$  : 分析對象  $i$  的肇事率

$N_i$  : 分析對象  $i$  在分析時段內的肇事次數

$V_i$  : 分析對象  $i$  在分析時段內的通過車輛數

$f_R(\lambda)$  : 研究區內整體之肇事率機率分配

在此種假設條件下，分析人員即可利用相關統計方法估測  $\alpha$ 、 $\beta$ ，以得出  $f_R(\lambda)$ ，然後利用貝氏定理 (Bayes theorem) 以下列方式求算各分析對象的  $f_i(\lambda|N_i, V_i)$ ，而此  $f_i(\lambda|N_i, V_i)$  為珈瑪分配：

$$f_i(\lambda|N_i, V_i) \propto f(N_i|\lambda, V_i)f_R(\lambda) \quad (2.8c)$$

$f_i(\lambda|N_i, V_i)$  : 在已知分析對象  $i$  之  $N_i$  及  $V_i$  下，該分析對象的肇事率機率分配

當取得每一分析對象的肇事率機率分配 (公式 (2.8c)) 後，若分析人員認為  $\bar{\lambda}$  (平均肇事率) 為可接受之危險性的上限，而  $\delta$  為可容忍的機率水準，則可利用公式 (2.8d) 來找出哪一個分析對象係屬高危險性。

$$P(\tilde{\lambda}_i > \bar{\lambda} | N_i, V_i) > \delta \quad (2.8d)$$

#### 十、其他

除上述幾種常見的評估方法外，有人利用肇事率、肇事次數、受傷率等等基本統計資料，建立層層篩選的標準，以評訂各分析對象改善的優

先順序；也有人利用迴歸模式估測特定車、路狀況下，對可能發生道路交通事故之的合理期望，再以此為據而進一步篩選危險對象；亦有研究人員利用巢氏羅吉特模式（Nested Logit Model）估測一分析對象發生道路交通事故後，其各種可能結果（僅有財損、可能受傷、明顯受傷、殘廢或死亡）的可能機率等等，方法之多，不勝枚舉。

## 2.2 國內相關文獻回顧

### 一、交通部運輸研究所建立之方法

交通部運輸研究所於民國71年時，採用一種近似肇事率及嚴重程度控制法之方式，建立國內評估分析對象危險性的指標，其方法如下：

1. 同時考慮肇事次數、肇事率及事故嚴重程度等三種指標。
2. 將所有分析對象依肇事次數之多寡予以排序，並逐一付予一排序值。
3. 以公式（2.3b）及（2.3d）計算各類分析對象之平均肇事率資料，將之代入公式（2.4a）中，以求得各該類分析對象之臨界肇事率。（ $K$ 值採用信賴水準 $P$ 為95%時之1.645）
4. 將各分析對象之肇事率除以該類似分析對象的臨界肇事率，求得各分析對象之危險因子。
5. 事故嚴重程度之計算有各種不同之方法，因肇事成本認定不同，則其當量係數值亦隨之而異。本方法係參考美國肯塔基州以財損當量計算事故嚴重程度（公式（2.9a））的觀念，來建立嚴重程度指標。

$$EPDO_N = PDO + 3.5 \times (B + C) + 9.5 \times (F + A) \quad (2.9a)$$

$EPDO_N$ ：僅有財損當量之肇事次數

$PDO$ ：僅有財物損失之肇事次數

$B$ ：B級受傷之肇事次數

$C$ ：C級受傷之肇事次數

$A$ ：A級受傷之肇事次數

$F$ ：有死亡之肇事次數

由於我國「道路交通事故調查報告表」內，雖列有受傷情形之資料，但因無法明確區分A、B與C級之傷害程度，且爲了強調以每件道路交通事故傷亡人數之多寡來反映其嚴重程度，因此，此法在計算時，以死亡、受傷「人數」之資料，代替公式(2.9a)中所使用的死亡、受傷「肇事次數」項資料，而「僅有財物損失」項則仍採用次數資料來計算。不過，由於目前我國警方之道路交通事故資料中，幾無財物損失資料，且輕微事故又多未能列入正式之肇事統計與分析資料中，故此法中進一步假設僅有財物損失之次數與所有道路交通事故的次數成正比關係，而改以「總肇事次數」取代公式(2.9a)的「僅有財物損失之肇事次數」項，來彌補目前我國現況資料的缺憾。本方法計算事故嚴重程度之公式如下：

$$ETAN = TAN + 3.5 \times J + 9.5 \times F \quad (2.10b)$$

$ETAN$ ：肇事次數當量

$TAN$ ：總肇事次數

$J$ ：事故受傷人數

$F$ ：事故死亡人數



6. 將各分析對象之肇事次數、危險因子及嚴重程度依其值之大小，由大至小排列後，並自 1 起依序列出其排序值。將肇事次數排序值 ( $R_1$ )、危險因子排序值 ( $R_3$ )、嚴重程度排序值 ( $R_4$ ) 三者以 2:1:1 的相對權重予以加權，而得指標  $S_1$  值 (即  $S_1 = 2R_1 + R_3 + R_4$ )，以此  $S_1$  值表示各分析對象的潛在危險性，當  $S_1$  值越小，則其危險程度為最大。本方法中之所以給予肇事次數排序值較大的權數，係因為某些道路交通事故發生頻仍之分析對象，或許因曝光量大或傷亡情況輕微，而使得肇事率或嚴重性偏低，以致忽略了該分析對象之潛在危險性，因此同時考慮肇事次數、肇事率與事故嚴重程度時，方法中特別藉著提高肇事次數排序值之權數，來強調其重要性。

## 二、周義華君與石豐宇君建立之方法

作者利用問卷方式訪問一般民眾、交通學者及交通警察，詢問其認為在線段以及單點分析對象上，肇事次數 ( $X_1$ )、肇事率 ( $X_2$ )、死亡人數 ( $X_3$ )、受傷人數 ( $X_4$ ) 等四種變數與危險績點 ( $Y$ ) 間之相關性，並以收集所得之資訊建立危險績點與四變數間的線性迴歸模式。模式應用時，即以相關之道路交通事故資料計算分析對象的危險績點，而由危險績點的高低來決定所有分析對象間之相對危險性。其所建立之限性迴歸模式如下：

線段的危險績點  $Y =$

$$0.238X_1 + 0.401X_2 + 0.251X_3 + 0.111X_4$$

(2.11a)

表2.2 國內外辨識危險對象之主要方法論彙整表

評估方法	方法摘要	特性	優點	缺點
1. 肇事次數法	純以發生道路交通事故次數之多寡來判定分析對象的潛在危險性。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 較適用於分析小城市之街道系統。</li> <li>■ 亦適用於分析大城市交通流量低的道路系統。</li> <li>■ 不適於分析交通流量高或變化大之道路系統。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 方法簡單易懂。</li> <li>■ 資料可直接、輕易地取得。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 忽略曝光量因素之影響，使比較之基礎不一。</li> <li>■ 未考量事故之傷亡情形。</li> </ul>
2. 肇事率法	將肇事次數除以曝光量，即得肇事率，以此值之高低來判定分析對象的潛在危險性。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 改善肇事次數法在比較基礎上不平等的缺失。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 可消除曝光量因素對肇事次數高低的影响。</li> <li>■ 可使比較立基於較一致的水平上。</li> <li>■ 方法易懂。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 會因曝光量而產生肇事率偏高或偏低的現象。</li> <li>■ 未考量事故之傷亡情形。</li> </ul>
3. 肇事次數及肇事率法	將所有分析對象分類，當一分析對象之肇事次數與肇事率均高過該類的臨界水準時，即認為該分析對象具潛在危險性。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 適用於各類公路系統。</li> <li>■ 改善肇事次數法或肇事率法之缺點。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 可消除曝光量因素對肇事次數高低的影响。</li> <li>■ 可降低肇事率。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 方法較繁複。</li> <li>■ 未考量事故之傷亡情形。</li> </ul>

表2.2 國內外外辨識危險對象之主要方法論彙整表（續一）

評估方法	方法摘要	特性	優點	缺點
4. 肇事機率法	應用品管理論，為各分析對象建立其在特定信賴水準下的肇事率上下限。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 可因應各分析對象之曝曬情形，變動其上下限區域。</li> <li>■ 利用信賴水準來表達實際肇事率與平均肇事率間變異情形的隨機性。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 因曝曬量而偏高或偏低時所造成之判斷失誤現象。</li> <li>■ 方法易懂。</li> <li>■ 可使比較一致的水平上。</li> <li>■ 可適度描繪實際值與統計值間差異的隨機性。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 方法較繁複。</li> <li>■ 評估者須對統計理論有所瞭解。</li> <li>■ 須假設道路交通事故資料服從某些分配。</li> <li>■ 信賴水準的決定仍難有定論。</li> <li>■ 未考量事故之傷亡情形。</li> </ul>

表2.2 國內外辨識危險對象之主要方法論彙整表 (續二)

評估方法	方法摘要	特性	優點	缺點
5. 肇事機率法及嚴重程度控制法	<p>(1). 將所有分析對象分類。</p> <p>(2). 利用傷亡與財產損失資料，加權計算各類分析對象之嚴重程度統計量。</p> <p>(3). 依肇事機率法計算各類分析對象之肇事率上限、嚴重程度上限、肇事次數上限。</p> <p>(4). 將一分析對象之肇事率、嚴重程度、肇事次數除以其所屬類別之相關上限，以得出三項危險因子。</p> <p>(5). 加權一分析對象之三項危險因子，以求得其指標積點，最後以此指標積點來判定潛在危險性之高低。</p>	<p>■ 可用於分析流量變化很大的道路系統。</p> <p>■ 嚴重程度控制法中，通常會對有人死亡之事故給予最高之權重，其次為有人受傷之事故，而僅有財產損失之事故權重為一（基本當量）。此暗示分析對象之事故結果越嚴重時，其危險性越高。</p>	<p>■ 兼顧肇事率與傷亡情形。</p> <p>■ 方法易懂。</p>	<p>■ 方法繁複。</p> <p>■ 權重的訂定見仁見智。</p> <p>■ 肇事率、肇事次數二危險因子中均引用肇事事故資料，指標點加權此二種危險因子時，重複加權同一資料的意義不易釐清。</p> <p>■ 當一分析對象發生稀少的嚴重事故時，此方法會凸顯其危險性，可能導致工程改善不具有成本效益。</p>

表2.2 國內外外辨識危險對象之主要方法論彙整表 (續三)

評估方法	方法摘要	特性	優點	缺點
6. 交通阻塞法	為各種肇事結果、「交通特性」因素、「人」因素、「路」因素建立指示值，並加權計算一分析對象之各項考慮因素的指示值，以求得其潛在危險指標。	■非如其它方法僅單純採用肇事結果(肇事次數、肇事率、嚴重程度)資訊，來判斷一分析對象的潛在危險性。	■兼顧交通、環境與其它分析對象在危險性的因素。	■分析所需之資料甚難收集。 ■權數的訂定見仁見智。 ■各因素指示值的訂定，難有客觀標準。
7. 事故嚴重性法	利用死亡、受傷及財損成本資料或直觀論定，產生權數來加權一分析對象之死亡、受傷與僅有財損的肇事次數，得出以僅有財損為基本當量的肇事次數當量值，最後以此值來評估分析對象的潛在危險性。	■較通於交通事故之經濟分析。 ■通常會對有人死亡之事故給予最高之權重，其次為有人受傷之事故，而僅有財損之事故(權數為一(基本當量))。此暗示分析對象之事故結果越嚴重時，其危險性越高。	■只要權數一經決定，則評估方法甚為簡單。 ■兼顧肇事次數與傷亡情形。 ■方法易懂。	■權數的決定，難有客觀定論。 ■當一分析對象發生稀少的嚴重事故時，此方法會凸顯其危險性，可能導致工程改善不具有成本效益。 ■未考量曝光因素時的影響。

表2.2 國內外辨識危險對象之主要方法論彙整表（續四）

評估方法	方法摘要	特性	優點	缺點
8. 事故嚴重性比率法	進一步將一分析對象依據事故嚴重性法所得的肇事次數當量值除以其實際肇事次數或曝光量，以此比率來顯示危險性。	■如同肇事率法改善肇事次數法般，為事故資訊性法引入曝光資訊。	■可使事故嚴重性的比較，立於較一致的水準上。 ■方法易懂。	■會如肇事率高或一般發生偏低的比率。
9. 貝氏法	利用統計理論以二階段方式建立一分析對象的肇事機率分配，第一階段先建立整個研究區內的肇事機率分配，第二階段則利用一分析對象的特有交通特性資料修正整個研究區之肇事機率分配，來建立一分析對象的肇事機率分配，而後藉此分配比較各分析對象間的危險性。	■每一分析對象均有其專屬的肇事機率分配，故可比較所有分析對象之肇事率高於某臨界水準時的機率，以此判定危險性的高低。	■可於客觀的機率理論上進行比較。 ■評估方法較嚴謹、具說服力。	■方法繁複。 ■評估者須對統計理論有足夠的瞭解。 ■須假設道路交通事故資料服從某些分配。 ■臨界水準的決定，仍主觀地採用均值。
10. 交通部運輸研究所既有之方法	(1). 計算各分析對象之肇事次數排序值。 (2). 分類所有分析對象，以肇事機率法計算臨界肇事率	■對死亡人數給予最高之權重，其次為受傷人數，而僅有財損之事故數的權數為一（基本當量	■兼顧肇事次數、肇事率與傷亡情形。 ■利用所有可資	■方法較繁複。 ■重複採用「肇事次數」資訊，致使綜合指標的

表2.2 國內外辨識危險對象之主要方法論彙整表（續五）

評估方法	方法摘要	特性	優點	缺點
	<p>後，將一分析對象之肇事率除以該臨界值，以得該分析對象之危險因子及其排序值。</p> <p>(3). 仿效事故嚴重性法的精神，加權總肇事次數、受傷人數、死亡人數成肇事次數當量，以此為嚴重程度並求其排序值。</p> <p>(4). 以2:1:1加權肇事次數排序值、危險因子排序值、嚴重程度排序值，最後以此綜合指標來評估危險性。</p>	<p>)。此暗示分析對象之事故結果越嚴重時，其危險性越高。</p> <p>■同時加權處理肇事次數、危險因子（肇事率）及嚴重程度等三種資訊。</p>	<p>採用事故結果資訊。</p> <p>■方法易懂。</p>	<p>解釋不易。</p> <p>■經由加權「次數」與「人數」資料所得的肇事次數當量，其意義解釋不易。</p>
11. 周義華君等建立之方法	以肇事次數、肇事率、死亡人數及受傷人數四項變數建立一危險積點的迴歸式，其中，迴歸係數由問卷調查之結果產生。	<p>■以線性迴歸方式來評估各分析對象的危險性。</p>	<p>■易於應用。</p> <p>■以客觀的統計理論，評估一分析對象危險性。</p>	<p>■建立線性迴歸式須具備統計理論之知識。</p> <p>■迴歸係數之轉移性不高。</p>

### 第三章 方法論之建立

由前面諸多之文獻回顧中可發現，找出具潛在危險性之分析對象的方法甚多，但絕大多數之方法均運用幾種常用的基本統計資料，如：肇事次數（道路交通事故發生的次數）、死亡人數、受傷人數與肇事率（特定曝光量下發生道路交通事故的次數），透過加權、排序、統計理論與多重參照等方式，企圖找出一套較適用的篩選邏輯，使得所找出的高危險對象較符合實況，故瞭解各項基本統計資料的特性，將有助於決定較合適之危險對象辨識方法。基於此，茲將先行剖析各種基本統計資料及處理方式之特性如下：

#### 一、基本統計資料之特性

1. 利用傷亡及次數記錄所得出之嚴重性指標，一般認為較客觀的作法應以生命價值的觀念衍生出相對權重（當量），來結合受傷、死亡、次數等相關的事故結果，再據此產生適切的嚴重性指標值。此資料在應用上有如下特性：
  - (1). 生命價值之評估與國家整體經濟力、國民對生命認知間的關聯性甚高，亦即隨整體環境及社會價值而變動。
  - (2). 產生各種事故結果的相對權重（當量）時，指標之設計者往往給予「死亡」的權重最高，其次為「受傷」，最低者為「僅有財損」或「次數」。
  - (3). 尋找高危險對象之目的，主要是希望透過工程技術的手段來予以改善，以降低其危險性。但是，傷亡情形嚴重之對象（亦即嚴重性指標值高者），是否肇因於未盡完善的工程設計，甚難認定，尤其當一分析對象出現稀少次數（如：一次）之高傷亡現象時，「人」



與「車」因素所產生的影響恐怕大於「路」，此時若由改善道路設施來減少危險性，則助益不多。

- (4). 嚴重性指標的型態會因構建者不同，而大異其趣，因此同樣的資料定會產生不同的指標值，進而導致排序結果不同，再加上無法客觀地判定孰優孰劣，故在應用上即產生見仁見智的結果。
2. 利用發生道路交通事故頻率的多寡來判定危險性高低的作法，其資料有如下應用上的特性：
  - (1). 所需資料可直接、輕易地取得。
  - (2). 對道路交通事故發生次數多的對象而言，此法會認為其具相當之危險性，而此種危險性的成因，依此法的判斷邏輯，係肇因於道路因素。因為分析對象對眾多不同之人、車而言，都會發生道路交通事故，即表示其危險性源自於非人、車因素，而所謂非人車因素，即為道路因素。
  - (3). 對於低肇事次數但傷亡情形嚴重的分析對象而言，此法將可能排除其危險性，進而忽略了此種分析對象之道路因素所可能造成的危險性。
3. 以曝光量為計算肇事率的基礎係試圖使不同曝光量之分析對象具較一致的評比水準的作法，所採用之資料在應用上有如下之特性：
  - (1). 一般認為較佳之曝光量資料為旅行量，因此應用此法時，每一分析對象均需具有旅行量資料。
  - (2). 當分析對象之曝光量低時，稀少的道路交通事故記錄即可能使得肇事率大幅提昇。

## 二、資料處理方式之特性

1. 利用加權觀念結合各種基本資料的處理方式，是最廣爲人所採用的，此種方式有如下應用上之特性：
  - (1). 「加權」所闡釋之意義淺顯易懂。
  - (2). 權數的建立，可由專業判斷而主觀產生，亦可透過社經資料的計算輾轉推得，前者會因客觀性不足而產生見仁見智的結果；後者則因易受外生變數之影響，而常須予以更新，且相關社經資料的收集及分析恐非易事。
2. 以排列某基本統計資料之大小順序的方式，來決定各分析對象之危險程度的作法，係最普遍使用的高危險對象辨識手段，此方式在應用上的特性如下：
  - (1). 就尋找危險對象而言，「排序」是一種簡單、易懂且直接的方式。
  - (2). 將所有分析對象逐一編排其危險性順序，使得負責改善作業之權責單位，可視其改善經費的多寡來決定改善對象之數量。
  - (3). 排序的結果對於真正危險之分析對象的辨識能力稍弱，因為雖然我們可以確定排名第 1 之分析對象，其危險性高於排名第 1000 之分析對象（設若依負效用值，由高至低排列），但是恐怕頗難分辨排名第 100 之分析對象，其危險性是否不高？亦即分析人員無從劃分出那些分析對象是真正危險、須立即改進的。
3. 利用統計理論處理資料，係試圖爲辨識危險對象之結果，建立一個可量測的信賴水準，以使分析人員能夠掌握所得資訊的解釋能力。統計理論在應用時，具有下列特性：
  - (1). 對於篩選出來的危險對象，可客觀地闡釋其在某信賴水準下具顯著（或不可接受）之危險性。
  - (2). 信賴水準的決定及參考樣本群的選取，在此

處理方式中對結果的影響甚鉅，但實際作業時並非易事，且無絕對客觀之標準。

- (3). 用來判定分析對象是否具危險性之門檻值一般採用平均值，但此是否適切恐仍屬主觀抉擇。
  - (4). 須假設相關道路交通事故資料服從某些機率分配型態，方能進行檢定作業。
  - (5). 因運用了統計理論，故在資訊的闡釋上較其他處理方式複雜。
4. 多重參照之處理邏輯多與加權、排序等技術並用，主要在解決使用單一基本統計資料之單一門檻值時所面臨的分析上缺失，試圖透過多種資訊的參考，而使得危險對象的辨識結果更接近事實。此方式的應用特性如下：
- (1). 邏輯本身簡單、易懂。
  - (2). 參考多種資訊的作法，較不易使危險對象篩選結果失之偏頗。
  - (3). 多重參照時的處理架構，常為分析人員專業判斷的成果，並無具標準化的處理架構，且層層架構間的關係並不明確。

由上可知，雖然各項基本統計資料與處理方式在應用時各具特色，且各有優劣，但整體來看，若篩選危險對象的目的是意欲利用工程手段降低其風險，則以統計理論處理業經考慮曝光量因素的道路交通事故統計資料，應屬辨識危險對象之較佳途徑。

本研究在建立方法論以產生「道路潛在危險性指標」時，除考量上述諸項層面外，對於「道路潛在危險性指標」而言，本研究認為其至少尚應具備下列特質：

1. 應可適度地考慮資料間統計時間基礎的差異。
2. 指標應不易受外生變數的影響，所謂外生變數係指道路交通系統外之變數，如：社會、經濟等變數。
3. 實際應用指標時，資料收集的困難度應降至最低。本研

究認為此乃發展指標的主要考量重點，因為再好的指標若於每次評估時，均遭遇資料收集之困難，則實務上必使分析人員望之卻步，反而降低了指標的應用性，如此一來，勢必無法藉由實際操作中獲得經驗而改善指標之內涵，以逐漸拉近理論與事實的差距。

4. 運用指標篩選危險對象時，應盡量排除主觀衡量。
5. 所篩選出的危險對象，其安全性應是可藉工程技術而予以改善的。
6. 指標除可進行例行的評估作業外，如：一年一次，亦可針對特別的需求利用指標進行評估分析，如：分析民國81年～82年與民國83年～84年二者間道路安全的差異。

由上述本研究對「道路潛在危險性指標」的要求，及各種基本統計資料與處理方式的特色，即可清楚地描繪本研究產生道路潛在危險性指標之方法論的應有內涵，茲說明於下：

1. 側重對道路交通事故次數的分析。此乃因「次數」反映道路因素對安全性之影響的能力，較「死亡、受傷數」佳，故分析「次數」所得的安全性結果亦較能藉由工程技術來改進。
2. 利用統計理論來評估道路之潛在危險性。如此，可降低方法論中的主觀性及避免外生因素的干擾，且一旦經檢定程序的操作而接受道路交通事故之相關資料具某種機率分配型態時，則資料的本質即具穩定性，並可在特定之信賴水準下說明資訊所代表的意義。
3. 雖然，以旅行量為曝光量資料而直接納入評估中，是分析危險對象的較佳途徑，但目前國內的此種資料取得甚為困難，為降低例行與特定作業時資料收集所造成的阻礙，故暫不宜直接納入分析中。我國定時、定點之交通流量資料（旅行量的計算機制）除國道及省道尚稱完備外，若干城市（如：台北市、高雄市等）僅每年選定某些重要地點進行資料的收集，其餘地區的交通流量資料

則幾乎完全付之闕如，因此整體而言，交通流量資料甚為匱乏，且現有各城市之有限資料明顯地均屬高流量地點，而國道及省道雖有較完整的資料，但其道路功能特殊，致亦難具代表性。

4. 道路交通事故資料的登錄、保存均由警政單位依法獨力完成，故資料來源單純、易於取得，應為分析資料的主要引用來源，可提高例行或特定評估作業時，資料收集的可行性。
5. 由於曝光量（交通流量）資料未直接納於方法論中，而僅使用道路交通事故資料，因此應於方法論中盡可能地參考各種與道路交通事故相關之資訊，如：發生道路交通事故處之區位特性、線型、道路實質條件等等，以免分析結果失之偏頗。

由上述本研究對產生道路潛在危險性指標之方法論內涵的要求，茲決定採用實証貝氏法得出各分析地點的潛在危險性（即「不安全性」），再以類似肇事機率法之方式，計算不安全性的臨界水準，由此篩選出危險之分析對象。本研究之方法論將說明於如下各節中。

### 3.1 實證貝氏法（EB, Empirical Bayes Approach）之基本觀念

某一分析對象（如：某個路口、路段或當事人）的不安全性（unsafety）之所以引起分析人員的興趣，係因當分析人員欲使分析對象更安全時，或想瞭解一分析對象的不安全性如何受干擾因素之影響時，均須估測分析對象的不安全性。

所謂「不安全性」應係指在一特定時段中（如：5年），分析對象在單位時間（如：1年）內所被「期望」（expected）的道路交通事故次數及嚴重性，而「期望」所代表的意義即為當特定時段中的一切狀況不變時，如：5年中的駕駛人特性、交通狀況、車輛

特性等等皆不變，所產生的長期平均值。由此關於不安全性的定義可知，不安全性的估測並非易事。

爲了達到此不變性，實證貝氏法利用二種線索來估測分析對象的不安全性，一爲該分析對象所具有的道路交通事故特性，一爲該分析對象的道路交通事故記錄。藉由前者可知悉在固定之時段內，分析對象的一般性特質，亦即分析人員可利用與分析對象類似之其他對象（參考母體）的 5 年相關資料，所得的單位時間內之不安全性資訊，來表示該分析對象在人、車、路狀況均固定的情形下，其於單位時間內所面臨的不安全性，但是利用此種訊息來闡釋分析對象的不安全性，顯然無法彰顯該分析對象發生道路交通事故的隨機性，與其本身獨有之特質所產生的影響，而且儘管參考母體內的一致性甚高，仍免不了有某種程度的變異存在。此外，如果分析人員僅用分析對象的道路交通事故記錄來說明其不安全性，則須面臨分析對象若無道路交通事故記錄時，所產生缺乏分析資料的窘境：分析人員僅能據此評估分析對象之不安全性爲零，但此種推論是不恰當的，因爲惟有當曝光量爲零時，不安全性才會爲零。

總之，若評估不安全性時僅用分析對象的道路交通事故記錄，將使結果的隨機性過高，且無法自道路交通事故記錄爲零的資料中，獲得有用之資訊；反之，若僅用參考母體的特徵資訊，則亦無法適切反應分析對象的特質，因此，實證貝氏法同時利用此二種線索，來爲分析對象的不安全性尋得有用的資訊。

由實證貝氏法發展的基本觀念可知，其援用第一種線索獲得對分析對象期望的不安全性訊息時，意謂著分析人員必須爲分析對象尋找一個合適的參考母體，利用此參考母體的特徵，來說明對分析對象的期望值。此顯係須仰賴分析人員的判斷能力而依序解決下列問題：

1. 可用之參考母體為何？
2. 確實相關之參考母體為何？

### 3.2 實證貝氏法之理論

為說明上之便利，茲先定義實證貝氏法的主要變數如下：

$m$ ：一分析對象在分析時段內的不安全性，如：台九線 20K~21K 間於民國 84 年時之不安全性。此即為問題求解目標。

$\hat{m}$ ：一分析對象在分析時段內之不安全性的估測值，如：台九線 20K~21K 間於民國 84 年時之不安全性估測值。此為上述  $m$  的估測值。

$x$ ：一分析對象在分析時段內發生的道路交通事故次數，如：台九線 20K~21K 路段在民國 84 年間發生 2 次道路交通事故（假設資料）。

$E\{m\}$ ,  $VAR\{m\}$ ：分析對象所屬之參考母體的不安全性期望值與變異數，如：民國 77 年~83 年間，台九線全線之非都市地區的路段資料中，平均每一路段每年發生 0.05 次道路交通事故，其變異數為 0.01（假設資料）。

依據貝氏實證法，如果道路交通事故發生的次數（ $x$ ）服從卜瓦松分配（Poisson Distribution），且參考母體內不安全性之分配（即所有  $m$  所形成的分配）可以用伽瑪機率密度函數（Gamma probability density function）來表示的話，則可用下式產生某一分析對象之不安全性（ $m$ ）的良好估測值（ $\hat{m}$ ）：

$$\hat{m} = \beta E\{m\} + (1 - \beta)x, \quad \beta = E\{m\} / [E\{m\} + VAR\{m\}] \quad (3.1)$$

由上式可知，貝氏實證法係利用對一分析對象之參考母體的不安全性期望值與該分析對象發生道路交通事故之次數的加權觀念，來估測一分析對象之不安全性。由權數 $\beta$ 及 $1-\beta$ 來探討 $\hat{m}$ 產生的特質，可發現當分析對象所參考的母體內之不安全性變異趨大時， $\beta$ 值即趨小，因此估測一分析對象之不安全性時，倚賴參考母體資訊的程度便會隨之降低，而對該分析對象發生道路交通事故之實況的倚賴度提高，此種權數所展現的特性應是正確的，因為當參考母體內變異程度大時，即表示參考母體內的一致性較差，故以此種資料所得資訊之參考價值便較低；反之，參考母體內的一致性大時， $\beta$ 值即趨大，而 $\hat{m}$ 對參考母體相關資訊之倚賴程度便會隨之提高。當然，分析人員可透過各種人、車、路條件的嚴格劃分，使參考母體內的一致性提高，進而增加參考母體資訊的運用價值，但實際操作資料時，會發現此種作法往往使得參考母體太小而無法分析。

上述公式(3.1)中的 $E\{m\}$ 、 $VAR\{m\}$ 及 $x$ 的計算，必須依據相同的時間基礎，如：同樣是利用5年之資料得出，但是，若計算參考母體統計量( $E\{m\}$ 、 $VAR\{m\}$ )之資料的時間基礎，與一分析對象道路交通事故資料( $x$ )的時間基礎不同，則公式(3.1)須進一步予以調整，以修正此種時間因素的差異，亦即假設 $E\{m\}$ 與 $VAR\{m\}$ 為歷經 $i$ 年之資料所得的統計值，而 $x$ 為歷經 $j$ 年之資料，若 $i \neq j$ ，且不安全性並未隨時間改變(此亦為援用參考母體 $E\{m\}$ 資訊時所隱含之假設)，則參考母體之相關統計值須先透過公式(3.2a)及(3.2b)的轉換，由 $i$ 年之資料基礎轉換成 $j$ 年的資料基礎：

$$E_j\{m\} = (j/i) E_i\{m\} \quad (3.2a)$$



$$VAR_j\{m\} = (j/i)^2 VAR_i\{m\} \quad (3.2b)$$

然後，再藉此重新推衍公式 (3.1) 為：

$$\begin{aligned} \hat{m}_j &= \beta_j E_i\{m\} + (1 - \beta_j)x_j \\ &= \beta_j (j/i) E_i\{m\} + (1 - \beta_j)x_j \\ \beta_j &= (j/i) E_i\{m\} / [(j/i) E_i\{m\} + (j/i)^2 VAR_i\{m\}] \\ &= E_i\{m\} / [E_i\{m\} + (j/i) VAR_i\{m\}] \end{aligned} \quad (3.3)$$

由公式 (3.3) 可發現，當  $j$  值越大時， $\beta_j$  越小，亦即  $\hat{m}_j$  對  $x_j$  的倚賴度增加，也就是說，當分析人員對分析對象的道路交通事故實況觀察之時間越長時 ( $j$  越大)，則越側重利用該分析對象的道路交通事故實況 ( $x_j$ ) 來估測其不安全性 ( $\hat{m}_j$ )，而對類似分析對象 (參考母體) 在統計時段內 ( $i$ ) 所得之相關資訊 ( $E_i\{m\}$ 、 $VAR_i\{m\}$ ) 的參考程度便因之減少。

然須注意的是，上述有關應用實證貝氏法估測不安全性之作法，均係立基於下列二項主要假設：

1. 道路交通事故發生的次數 ( $x$ ) 為卜瓦松分配 (Poisson Distribution)。
  2. 所有具類似特性之分析對象，其不安全性 ( $m$ ) 所形成之分配為珈瑪分配 (Gamma Distribution)。
- 此項假設係源自國外眾多之資料分析中發現，在上述 1. 的基本假設下，珈瑪分配對具相似性質者的不安全性描繪較佳。

當然，任何援用實證貝氏法的分析人員，並非毫無條件地接受這些假設，而是須有合理的驗證工作。雖然，此二種假設無法透過簡單的程序而直接予以驗證，但卻可間接為之。欲間接驗證此二種關鍵性的假設，須進一步引用下述推論：

「若一群分析對象的不安全性分配能以珈瑪

分配來描述，則該群分析對象之道路交通事故發生次數應服從負二項分配（ Negative Binomial Distribution ）」

故若分析人員能檢定出參考母體的道路交通事故發生次數服從負二項分配，即代表該參考母體的不安全性服從珈瑪分配，而使得實證貝氏法的第二個假設條件成立，並間接地亦使第一個假說得到支持之證據。而且實證貝氏法的第一個假設條件，亦因下列因素而使其成為廣被接受的假設：

1. 道路交通事故的發生並不適於利用連續分配來說明。
2. 道路交通事故有「發生」與「不發生」二種結果，本應採用二項分配（ Binomial Distribution ）來描述，但是很顯然地，我們可以知道「發生」的次數，卻無從得知「不發生」的次數，故這樣的問題，並不適合以二項分配來解決，而須採用卜瓦松分配。因為依據統計理論，二項分配的  $p$ （事件發生之機率）很小而  $n$ （實驗之次數）很大時，二項分配可用卜瓦松分配來趨近。也就是說，當道路交通事故「發生」的機率很小，且「發生」與「不發生」次數的總和很大時，分析人員可用卜瓦松分配取代二項分配，來描述道路交通事故發生的特徵，此種問題的現象，與道路交通事故之發生甚為吻合，因此一般均接受以卜瓦松分配來說明道路交通事故的發生。

### 3.3 臨界不安全性之決定

當利用實證貝氏法計算各分析對象的不安全性後，接下來所面臨的問題是：何種不安全性之水準已超出我們所能容忍的水準（即臨界水準）？解決此一問題後，方能透過道路潛在危險性指標來篩選出危險

的對象。

本研究在檢視過幾種常用的臨界水準決策邏輯後，決定以參考母體之  $E\{m\} + \sqrt{VAR\{m\}}$  作為臨界水準，當一分析對象的不安全性超過此臨界水準時，即認為該分析對象具潛在危險性。採用此種方式計算臨界水準的基本想法為：

1. 除了時間定義的差異外，貝氏實證法中各分析對象與其所屬參考母體的範疇一致，因此，二者之潛在風險因素亦類似，在此種相同的基準上進行評比，應不致離譜。
2. 為表達一分析對象之不安全性是否在一般水準之下，以其類似群體之均值作為評比的基本標準。
3. 由於危險指標主要在決定安全改善的對象，因此篩選工作最忌遺漏具潛在危險性之對象，故採保守態度，以一個標準差作為容忍區間。

### 3.4 道路潛在危險性之評估程序

依據 3.1 節中本研究所建立之方法論，則可訂定評估道路潛在危險性之步驟如下，其程序綱要如圖 3-1 所示：

1. 將所有分析對象依道路特性分類，俾利參考母體的選用。
2. 尋找各類分析對象之參考母體。
3. 檢定實證貝氏法的基本假設：道路交通事故之發生服從卜瓦松分配，且參考母體之不安全性分配為珈瑪分配。檢定時之步驟如下：
  - (1). 產生參考母體之道路交通事故次數分配。
  - (2). 以卡方檢定 ( Chi-Square Test ) 檢定(1).之次數分配是否服從負二項分配，即檢定虛無假設：參考母體發生道路交通事故之次數服從負

二項分配。

- (3). 當接受虛無假設時，方能進行下一步驟，否則須重新選擇參考母體，並重新檢定直至接受虛無假設為止。

4. 計算各類參考母體內各資料點 ( $a$ ) 在單位時間內的不安全性 ( $m_a$ )：

$$m_a = \frac{x_a}{i}$$

$x_a$ ：資料點  $a$  在特定時段內發生的道路交通事故次數

$i$ ：特定時段長度（以年為單位）

5. 分就各類參考母體，以其內所有  $m_a$  計算所得的平均數及變異數為該類參考母體之  $E\{m\}$  與  $VAR\{m\}$  估測值。
6. 以上述  $E\{m\}$  與  $VAR\{m\}$  的估測值代入下式，產生各類分析對象之不安全性的基本估測公式：

$$\hat{m} = \beta E\{m\} + (1 - \beta)x, \quad \beta = E\{m\} / [E\{m\} + VAR\{m\}]$$

7. 針對某一分析對象，統計其在分析年期 ( $j$ ) 內實際發生之道路交通事故次數 ( $x$ )。
8. 估測某一分析對象之不安全性：
- (1). 當參考母體所用之資料的時間長度 ( $i$ ) 與分析年期 ( $j$ ) 一致時，將 7. 之  $x$  值代入 6. 的公式中，估測分析對象之不安全性 ( $\hat{m}$ )。
- (2). 當參考母體所用之資料的時間長度 ( $i$ ) 與分析年期 ( $j$ ) 不一樣時，利用下式估測分析對象的不安全性 ( $\hat{m}_j$ )：

$$\hat{m}_j = \beta_j (j/i) E_i\{m\} + (1 - \beta_j)x_j$$

$$\beta_j = E_i\{m\} / [E_i\{m\} + (j/i) \text{VAR}_i\{m\}]$$

9. 以參考母體為分群之標準，將使用相同參考母體之分析對象，劃歸為性質近似的一群，計算該群分析對象所屬參考母體的  $E\{m\} + \sqrt{\text{VAR}\{m\}}$ ，以此為該群分析對象之不安全性臨界值 ( $\hat{m}_c$ )。
10. 分群篩選出具高潛在危險性之分析對象。即當一分析對象的不安全性 (上述 8. 中所得之  $\hat{m}$  或  $\hat{m}_j$ ) 高於臨界值 (上述 9. 中所得之  $\hat{m}_c$ ) 時，便表示該分析對象的潛在危險性高於一般水準。

## 第四章 實證

本研究之實證工作，目的在為所建立的方法論提出可行性之證明，故除依第三章所擬之評估程序逐一進行驗證工作外，實證作業的主要設計如下：

1. 所要分析之對象的分析年期為民國 82 年～84 年。
2. 參考母體內所包含之資料的時間剖面為民國 77 年～83 年。
3. 所引用之道路交通事故資料包括 A1、A2 及 A3 類。

### 4.1 實證操作

茲即以國內實際之道路交通事故資料，逐步驗證本研究之方法論於下：

#### 一、分類分析對象

當我們欲分類所有的分析對象時，首先即須定義「分析對象」，有了清楚的範疇後，方能依據特性分類。道路潛在危險性評估指標所要評估的對象為「各種可能發生道路交通事故之道路上的一點」，至於何謂「道路交通事故」則採警政單位之定義，此處不在贅敘，有興趣者可參閱內政部警政署編印之“道路交通事故處理實務”。

為有效地分析分類結果，本研究認為分類時應充分考量下述層面：

1. 分類所用的資料項目，應源自警政單位之道路交通事故調查表的記錄內容。
2. 業經分類之各類分析對象，每類道路交通事故資料量不應太少，以免統計分析之樣本數太小而產生過大的誤差。
3. 各類分析對象間，其道路交通事故特性應存有顯著的差異性。

4. 各類分析對象間，其車流行為應有明顯的不同，因為車流行為之別代表著潛在風險的性質互異。
5. 各類分析對象內，其道路交通事故特性應具有足夠的一致性。

由上述各層面的考慮來看，明顯地，我們可將可能發生交通事故之道路上的一點（分析對象）分為「路段」及「路口」二種基本類別，因為，路段上的跟車、變換車道行為，與路口的剎停、啟動、轉彎行為間，存有極大的差異，故二者所隱含之潛在風險性質亦不同，甚難合併處理；另從道路交通事故資料量來看，在民國77年~84年間，二者之A1、A2及A3類資料記錄量如表4.1所示，由該表可知資料規模不小，足堪進行分析。

表4.1 道路交通事故資料量統計表

單位：事故次數

年份	路段	路口	其他	總計
77	4425	3428	93	7946
78	5422	6407	131	11960
79	5538	6355	137	12030
80	4151	3784	80	8015
81	3739	3927	115	7781
82	3012	3344	105	6461
83	3708	3768	89	7565
84	4465	5012	197	9674
總計	34460	36025	947	71432

註：1. 路段—道路形態為「單路部份」。

2. 路口—道路形態為「交叉路」。

接下來，依照實際之分類程序，本應對二者再就其他之屬性逐一進行必要的分類，如：道路類別（國道、省道、市區道路…）、地區分類（街道區、非街道區）、事故位置（交叉路口內、快車道、慢車道…）、號誌（行車管制號誌、無號誌…）、車道劃分設施（分向設施、分道設施）等等，但因本節之實證工作旨在為方法論尋找可行性的證明，且囿於時間及人力資源之限，故僅選擇「路段」進行進一步的分類。同樣地，為有效的達到本研究之實證目的，只再依據道路類別區分路段為「省道」與「非省道」二類，並排除「非省道」類的實證工作。因為「非省道」類內的道路交通事故特性顯然存有極大差異，但若將其細分為國道、市區街道等等諸類，則又會於尋找參考母體（第二步驟）時面臨資料收集耗費時日的困境。而「省道」類資料則較無此問題，且其道路交通事故資料量亦尚稱足夠（請詳表4.2）。

簡言之，本研究之實證分析對象僅擇「省道路段」一類，然為建立完整之道路潛在危險性評估系統，俟本研究證明所提之方法論具可行性後，後續者即可更詳實地分類所有分析對象。

## 二、尋找參考母體

當我們決定評估省道路段的潛在危險性後，接下來所面臨的問題是：以所有省道路段之道路交通事故記錄情形為參考母體？或僅擇部份省道？或僅擇部份省道路段？此決策涉及相當實際的資料收集問題，因為在此步驟中所須考量的不僅是道路交通事故資料可用性問題，而是如何由其他相關交通資料庫中找出「省道路段」，並以



該省道路段之道路交通事故記錄的情形作為參考母體。

表4.2 省道路段道路交通事故資料量統計表

單位：事故次數

年份	省道	非省道	總計
77	1291	3134	4425
78	1282	4140	5422
79	1191	4347	5538
80	906	3245	4151
81	593	3146	3739
82	488	2524	3012
83	762	2946	3708
84	841	3624	4465
總計	7354	27106	34460

註：表中資料僅為表4.1之「路段」資料部份。

由於此處旨在驗證方法論之可行性，故為減少蒐集相關資料所需耗費的時間與人力，將遵從下列原則搜尋參考母體—省道路段：

1. 盡可能降低路段內包含路口的可能性。
2. 盡可能地包括直線路段、彎道、爬坡路段、隧道等等可能之路況，因實證作業中並不進一步區分這些屬性。
3. 可較輕易地由道路交通事故資料庫內尋得相關肇事記錄。
4. 所採用之收集其他相關資料的方法，將盡可能地簡化。

因此，本研究依據下列原因選擇台九線之路段作為分析對象的參考母體：

1. 台九線通過平原區、丘陵區及山區。

2. 台九線有彎道、直線路段、橋樑及隧道等道路幾何狀況，路況完整。
3. 台九線沿線市鎮開發程度之差異甚大，除宜蘭、花蓮及台東等三個都市範圍屬發展密度較高者外，其餘市鎮之開發程度均明顯較低，一般而言，開發程度較低之區域，其具「路口」特性的地點應相對較少，故此些少數地點聚集所成的長度，在總長度上所佔之比例自然較小，如此一來，其資料特性對「路段」分析所造成的偏差影響將可降低。
4. 由於上述台九線 1.~ 3. 項的種種特性，使得我們可輕易地由地圖上辨識出合適的參考母體：

- 台九線20K~65K (約新店~二城)
- 台九線110K~200K (約蘇澳~北埔)
- 台九線235K~370K (約壽豐~初鹿)
- 台九線410K~469K (約知本~楓港)

上述所選出之台九線路段，實際上僅是參考母體的範圍 (boundary)，尚需進一步分出後續資料統計時的計算基礎，即清楚地定義何謂「一個路段」？由於實證貝氏法的基本假說之一為：一分析對象之道路交通事故的發生服從卜瓦松分配，而依據國外相關研究指出，在加總「點狀」資料成「線形」資料時，當線段長度較短時，如100公尺，該資料點發生道路交通事故之機率傾向服從卜瓦松分配，而當線段長度較長時，如長於2公里，則該資料點發生道路交通事故之機率傾向服從常態分配 (Normal Distribution)，因此本研究先定義「1公里為一個路段」，而參考母體即為以每公里為單位之路段資料所成的集合。之所以用1公里為統計單位，是因為會造成潛在危險的道路實質環境不太可能在極短的距離內產生顯著變

化，因此過短的單位長度將使得相鄰空間反應出相同的危險現象，對於道路交通工程改善而言，只是將可一次建置的改善設計，分段完成而已，且可能需要處理各段改善措施間的銜接問題；但是反過來說，過長之距離除可能發生道路交通事故的機率非屬卜瓦松分配外，會造成潛在危險的道路環境亦可能因空間的延伸而變化過劇，因此過長的單位長度將無法反應其內部迥異的危險現象，就道路交通事故改善工程而言，則會使得改善設計無法切合所需。

### 三、檢定基本假設

實證貝氏法之主要假設條件為：

1. 道路交通事故發生的次數 ( $x$ ) 為卜瓦松分配。
2. 所有具類似特性之分析對象，其不安全性 ( $m$ ) 所形成之分配為珈瑪分配。

雖然，此二種假設無法輕易的直接予以驗證，但是，由國外眾多之資料分析中發現，在上述1.的基本假設下，珈瑪分配對具相似性質者的不安全性描繪較佳，因此配合下述推論：

「若一群分析對象的不安全性分配能以珈瑪分配來描述，則該群分析對象之道路交通事故發生次數應服從負二項分配」

我們可經由檢定參考母體之道路交通事故發生次數是否服從負二項分配，來間接檢定參考母體的不安全性分配是否能以珈瑪分配來描述，即檢定上述2.之假設是否成立，並進而推論上述1.之假說是否成立。基於此種檢定的邏輯，本研究依下列程序進行假說的檢定：

1. 建立虛無假設「 $H_0$ ：參考母體之道路交通事故事

故發生次數服從負二項分配」。

2. 自民國 77 年～83 年的 A1、A2、A3 類道路交通事故資料中，統計參考母體之每一資料點（指每 1 公里而言）發生道路交通事故的次數，如附錄一所示。附錄一中僅列出發生道路交通事故之參考母體資料點，至於未列於其中的參考母體資料點，即表示該資料點之道路交通事故記錄為 0。
3. 產生參考母體之道路交通事故次數分配統計表，如表 4.3 之第一、二兩欄內容所示。
4. 利用  $\chi^2$  檢定虛無假設  $H_0$ ：
  - (1). 由於  $\chi^2$  檢定時，每一組資料之大小最好不小於 5，因此，表 4.3 第二欄中  $f(x)$  小於 5 之資料組須予以加總處理，而使每組資料的  $f(x)$  均不小於 5。處理過之次數分配如表 4.3 之第三、四欄內容。
  - (2). 採用附錄二之方法，以參考母體之道路交通事故次數分配的  $\mu=1.8709$  及  $\sigma^2=4.2393$  值，可計算而得統計量  $\chi^2=128.2905$ ，此值遠大於  $\alpha=0.05$  之門檻值  $\chi^2(0.95,5)=11.07$ ，因此，顯示需棄卻虛無假設，亦即參考母體之資料特性並不符合實證貝氏法之基本假設。
5. 因上述 4. 所得之結論無法支持實證貝氏法的適用性，故依據第三章中所建立的評估程序（請詳圖 3-1），需重新檢討參考母體的合適性。由於在上一個評估步驟中曾提及：路段長度越短之道路交通事故的發生機率越傾向卜瓦松分配，因此，推測本研究先前所定義之單位路段長度（1 公里），其發生道路交通事故的機率可能並不符合卜瓦松分配，

表4.3 參考母體之道路交通事故次數分配表—單位長度為1公里

原始資料		檢定用資料	
發生道路交通事故之次數	路段數	發生道路交通事故之次數	路段數
0	108	0	108
1	74	1	74
2	51	2	51
3	34	3	34
4	32	4	32
5	12	5	12
6	11	6	11
7	4	>6	11
8	5		
9	0		
10	0		
11	1		
12	1		

表4.4 參考母體之道路交通事故次數分配表—單位長度為500公尺

原始資料		檢定用資料	
發生道路交通事故之次數	路段數	發生道路交通事故之次數	路段數
0	356	0	356
1	149	1	149
2	82	2	82
3	44	3	44
4	19	4	19
5	6	5	6
6	5	6	5
7	3	>6	5
8	1		
9	0		
10	0		
11	0		

故重新定義單位路段長度為 500 公尺：

- (1). 民國 77 年～83 年的 A1、A2、A3 類道路交通事故資料中，參考母體之每一資料點（指每 500 公尺而言）發生道路交通事故的次數如附錄三所示（僅列出有發生道路交通事故者）。
  - (2). 產生參考母體之道路交通事故次數分配統計表，如表 4.4 之第一、二兩欄內容所示，相同地，合併次數  $f(x)$  小於 5 之資料組成該表中之第三欄與第四欄。
  - (3). 再次利用附錄二之方法，以參考母體之道路交通事故次數分配的  $\mu=0.9339$  及  $\sigma^2=1.9265$  值，可計算而得統計量  $\chi^2=9.3275$ ，此值小於  $\alpha=0.05$  之門檻值  $\chi^2(0.95,5)=11.07$ ，因此，可接受虛無假設。
6. 由上述 5. 的檢定過程可發現，當以路段為對象分析我國之道路交通事故資料時，似以 500 公尺為單位長度較佳，因為假設道路交通事故之發生服從卜瓦松分配，係為一種適用之基本假說，而 500 公尺這樣的範疇，對於該假說可提供較有力的支持證據。

#### 四、計算參考母體之不安全性

實證貝氏法之主要假設既經步驟三檢定成立，現在即可進一步計算參考母體中每一資料點（指每 500 公尺之路段而言）的不安全性（ $m$ ）。本研究中，以「平均每年發生道路交通事故之次數」來表示參考母體中每一資料點之不安全性。

參考母體中有道路交通事故記錄之資料點的不安全性如表 4.5 所示，至於無道路交通事故記錄

表4.5 參考母體中有肇事記錄之資料點的不安全性

里程 (Km)	不安 全性	里程 (Km)	不安 全性	里程 (Km)	不安 全性
21.0	0.1429	119.0	0.1429	179.0	0.1429
22.0	0.4286	119.5	0.1429	180.5	0.1429
23.0	0.1429	121.5	0.1429	181.0	0.2857
24.0	0.1429	122.0	0.1429	181.5	0.1429
24.5	0.1429	123.0	0.4286	182.0	0.2857
25.0	0.1429	130.0	0.1429	185.0	0.4286
26.0	0.1429	132.5	0.1429	186.0	0.1429
26.5	0.1429	135.0	0.7143	187.0	0.2857
27.0	0.1429	136.5	0.1429	187.5	0.1429
28.0	0.1429	139.0	0.1429	188.0	0.1429
29.0	0.1429	141.0	0.1429	189.0	0.1429
31.0	0.2857	141.5	0.1429	189.5	0.2857
34.0	0.1429	144.0	0.1429	190.0	0.1429
35.0	0.1429	145.0	0.1429	191.0	0.4286
36.5	0.1429	145.5	0.1429	192.0	0.4286
37.0	0.1429	150.0	0.1429	192.5	0.2857
37.5	0.2857	154.0	0.1429	193.0	0.8571
38.0	0.2857	157.0	0.1429	193.5	0.2857
38.5	0.1429	161.0	0.1429	194.0	0.7143
44.5	0.1429	162.0	0.1429	194.5	0.1429
46.0	0.1429	162.5	0.1429	195.0	0.4286
47.0	0.1429	163.0	0.2857	196.0	0.5714
48.0	0.2857	163.5	0.2857	196.5	0.1429
51.5	0.1429	164.0	0.8571	197.0	0.2857
55.5	0.1429	165.0	0.1429	197.5	0.4286
57.0	0.1429	165.5	0.1429	198.0	0.8571
58.0	0.1429	166.0	0.2857	198.5	0.1429
60.0	0.1429	167.0	0.2857	199.0	0.4286
62.0	0.1429	168.0	0.8571	199.5	0.4286
110.0	0.1429	169.0	0.1429	200.0	0.4286
110.5	0.1429	170.0	0.1429	235.0	0.2857
113.0	0.1429	174.0	0.2857	236.5	0.2857

表4.5 參考母體中有肇事記錄之資料點的不安全性  
(續一)

里程 (Km)	不安 全性	里程 (Km)	不安 全性	里程 (Km)	不安 全性
237.0	0.2857	256.0	1.0000	275.0	0.4286
237.5	0.2857	257.0	0.4286	275.5	0.1429
238.0	0.4286	257.5	0.4286	276.0	0.2857
238.5	0.1429	258.0	1.1429	276.5	0.1429
239.0	0.5714	259.0	0.1429	277.0	0.1429
239.5	0.2857	260.0	0.7143	277.5	0.1429
240.0	0.5714	260.5	0.2857	278.0	0.4286
240.5	0.2857	261.0	0.5714	279.0	0.2857
241.0	0.5714	261.5	0.2857	279.5	0.8571
241.5	0.1429	262.0	0.4286	280.0	0.2857
242.0	0.4286	262.5	0.2857	280.5	0.2857
243.0	1.0000	263.0	0.1429	281.0	0.4286
243.5	0.5714	263.5	0.1429	282.0	0.2857
244.0	0.1429	264.0	0.4286	282.5	0.1429
244.5	0.2857	265.0	0.4286	283.0	0.5714
245.0	0.5714	266.0	0.7143	284.0	0.2857
245.5	0.1429	267.0	0.4286	284.5	0.1429
246.0	0.4286	267.5	0.2857	285.0	0.2857
247.0	0.5714	268.0	0.1429	285.5	0.1429
248.0	0.2857	268.5	0.1429	286.0	0.4286
249.0	0.7143	269.0	0.2857	287.0	0.2857
250.0	0.4286	269.5	0.1429	287.5	0.2857
250.5	0.1429	270.0	0.4286	288.0	0.1429
251.0	0.5714	270.5	0.1429	288.5	0.2857
252.0	1.7143	271.0	0.4286	289.0	0.1429
253.0	0.5714	271.5	0.1429	289.5	0.1429
253.5	0.5714	272.5	0.1429	290.0	0.2857
254.0	0.4286	273.0	0.4286	290.5	0.2857
254.5	0.1429	273.5	0.4286	292.0	0.1429
255.0	0.7143	274.0	0.1429	292.5	0.1429
255.5	0.4286	274.5	0.1429	293.5	0.1429



表4.5 參考母體中有肇事記錄之資料點的不安全性  
(續二)

里程 (Km)	不安 全性	里程 (Km)	不安 全性	里程 (Km)	不安 全性
294.0	0.1429	316.5	0.1429	345.5	0.1429
294.5	0.1429	318.0	0.1429	346.5	0.1429
295.0	0.4286	318.5	0.4286	348.0	0.2857
295.5	0.4286	319.0	0.2857	348.5	0.1429
296.0	0.5714	319.5	0.2857	349.0	0.4286
298.0	0.5714	321.0	0.1429	349.5	0.2857
299.0	0.2857	321.5	0.1429	350.0	0.2857
299.5	0.2857	322.0	0.2857	350.5	0.2857
300.0	0.5714	323.0	0.2857	352.0	0.1429
301.0	0.1429	323.5	0.2857	352.5	0.2857
301.5	0.1429	325.0	0.1429	356.0	0.2857
302.0	0.4286	326.5	0.4286	359.5	0.2857
302.5	0.1429	327.0	0.2857	360.5	0.1429
303.0	1.0000	327.5	0.1429	362.5	0.1429
303.5	0.1429	328.0	0.1429	363.0	0.5714
304.0	0.4286	328.5	0.2857	365.0	0.1429
304.5	0.1429	329.0	0.5714	367.0	0.1429
305.0	0.4286	329.5	0.1429	369.0	0.1429
305.5	0.2857	330.5	0.2857	370.5	0.1429
307.0	0.4286	331.0	0.1429	410.5	0.1429
308.0	0.5714	332.0	0.4286	412.5	0.1429
309.0	0.1429	332.5	0.1429	413.0	0.2857
309.5	0.2857	334.0	0.1429	414.0	0.2857
310.0	0.1429	336.5	0.1429	414.5	0.1429
310.5	0.1429	337.0	0.2857	415.0	0.2857
311.0	0.1429	338.0	0.2857	416.0	0.1429
312.5	0.2857	339.0	0.1429	417.0	0.1429
313.0	0.1429	341.0	0.1429	418.0	0.4286
314.0	0.2857	342.0	0.4286	418.5	0.1429
314.5	0.2857	343.0	0.4286	419.5	0.2857
315.0	0.2857	343.5	0.1429	420.0	0.5714

表4.5 參考母體中有肇事記錄之資料點的不安全性  
(續三)

里程 (Km)	不安 全性	里程 (Km)	不安 全性	里程 (Km)	不安 全性
421.5	0.1429	442.0	0.1429	456.0	0.2857
422.0	0.1429	442.5	0.1429	457.0	0.1429
423.0	0.2857	443.0	0.1429	457.5	0.1429
426.0	0.2857	446.5	0.1429	458.5	0.2857
428.0	0.2857	447.0	0.2857	459.0	0.2857
434.0	0.2857	447.5	0.2857	463.0	0.1429
434.5	0.1429	448.0	0.1429	465.0	0.1429
440.0	0.1429	451.0	0.1429	466.0	0.2857
440.5	0.1429	452.5	0.4286		
441.0	0.2857	454.0	0.2857		

之資料點，因其不安全性為0，故不另行予以列出。

#### 五、計算參考母體不安全性的平均值與變異數

利用步驟四中計算所得之參考母體內所有資料點的不安全性，即可求出這些不安全性值的平均數 $\bar{x}$ 與變異數 $s^2$ （如下）：

$$\bar{x} = 0.1334, s^2 = 0.0393$$

#### 六、產生不安全性之估測公式

由於本研究中用來代表參考母體之資料點並不算少（共計666個500公尺長之路段），故我們可直接以所有資料點（樣本）的統計量 $\bar{x}$ 及 $s^2$ ，作為參考母體不安全性之期望值與變異數的估測值，亦即：

$$E\{m\} = \bar{x}, \text{VAR}\{m\} = s^2$$

因此，依據實證貝氏法估測每一分析對象之不安全性的估測式（如下），

$$\hat{m} = \beta E\{m\} + (1 - \beta)x, \quad \beta = E\{m\} / [E\{m\} + VAR\{m\}]$$

即可將步驟五所得之  $\bar{x}$  及  $s^2$  帶入上式解出參數  $\beta$  值後，再據之建立各類分析對象之不安全性估測式，此時，所完成的  $\hat{m}$  公式業已參考了與分析對象性質類似者（參考母體）之相關資訊：

由本研究之  $\bar{x} = 0.1334$ ,  $s^2 = 0.0393$  所得出的  $\beta$  值及  $\hat{m}$  估測式如下：

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{E\{m\}}{E\{m\} + VAR\{m\}} = \frac{\bar{x}}{\bar{x} + s^2} \\ &= \frac{0.1334}{0.1334 + 0.0393} \cong 0.7724 \\ \hat{m} &= \beta E\{m\} + (1 - \beta)x = \beta\bar{x} + (1 - \beta)x \\ &= 0.7724 \times 0.1334 + (1 - 0.7724)x \\ &\cong 0.1030 + 0.2276x\end{aligned}$$

#### 七、統計分析對象之道路交通事故發生次數

評估道路潛在危險性之作業，至此已探求了實證貝氏法的一項主要線索—參考母體之特徵，而另一項評估所用之線索為分析對象在分析年期內的實際道路交通事故次數，亦即步驟六中不安全性估測式的  $x$ ，則由本步驟中產生。

為依據步驟六之估測式計算所有分析對象的不安全性，需先統計各分析對象在分析年期內實際發生的道路交通事故次數（ $x$ ），也就是說，我們須統計民國82年～84年時（分析年期），於步驟二中所劃定的台九線區段內（20K～65K、110K～200K、235K～370K及，410K～469K），每500公尺之路段上實際發生的道路交通事故次數。統

計結果如表4.6中「肇事次數」一欄所示，該表中僅列出分析年期內有發生道路交通事故之分析對象的次數統計值，至於未發生道路交通事故之分析對象，其次數統計值自然均為0。

#### 八、估測分析對象之不安全性

利用步驟六之不安全性估測式，與步驟七所統計之分析對象在分析年期內發生道路交通事故的次數，我們即可得出每一分析對象之不安全性估測值，此值亦為本研究用以評估道路潛在危險性的指標。

因實證作業設計時，分析年期( $j$ )為3年(民國82年~84年)，而捕捉參考母體特徵所用資料的時間年期( $i$ )為7年(民國77年~83年)，故須再調整時間因素，方能估測各分析對象的不安全性。將時間剖面加入步驟六的程序中後，以 $E_i\{m\}$ 、 $VAR_i\{m\}$ 、 $\beta_j$ 、 $\hat{m}_j$ 、 $x_j$ 重新定義步驟六之 $E\{m\}$ 、 $VAR\{m\}$ 、 $\beta$ 、 $\hat{m}$ 、 $x$ ，亦即用參考母體在時間段 $i$ 內的事故特徵 $E_i\{m\}$ 、 $VAR_i\{m\}$ ，建立分析對象在分析年期 $j$ 內的不安全性估測式 $\hat{m}_j$ ，如此方能以各分析對象在分析年期 $j$ 內實際發生道路交通事故之次數 $x_j$ ，估測每一分析對象在分析年期內的不安全性 $\hat{m}_j$ 。調整時間因素後之不安全性估測式 $\hat{m}_j$ 及權數 $\beta_j$ 為：

$$\begin{aligned}\beta_j &= (j/i) E_i\{m\} / [(j/i) E_i\{m\} + (j/i)^2 VAR_i\{m\}] \\ &= \frac{E_i\{m\}}{E_i\{m\} + (j/i) VAR_i\{m\}} \\ &= \frac{0.1334}{0.1334 + (3/7) \times 0.0393} \\ &= 0.8879\end{aligned}$$

表4.6 台九線路段道路潛在危險性統計表  
(民國82年~84年)

里程 (Km)	肇事 次數	不安 全性	里程 (Km)	肇事 次數	不安 全性
26.5	2	0.2750	187.5	1	0.1629
28.0	1	0.1629	191.0	1	0.1629
35.0	1	0.1629	192.0	2	0.2750
36.5	1	0.1629	192.5	2	0.2750
37.5	1	0.1629	193.0	1	0.1629
38.0	1	0.1629	193.5	1	0.1629
38.5	1	0.1629	194.0	1	0.1629
119.0	1	0.1629	196.0	1	0.1629
120.5	1	0.1629	196.5	1	0.1629
121.0	1	0.1629	198.0	1	0.1629
121.5	2	0.2750	199.0	1	0.1629
122.0	1	0.1629	199.5	2	0.2750
122.5	1	0.1629	200.0	2	0.2750
136.5	1	0.1629	237.5	1	0.1629
137.0	1	0.1629	238.0	3	0.3871
145.0	1	0.1629	239.5	1	0.1629
145.5	1	0.1629	240.0	2	0.2750
146.0	1	0.1629	240.5	1	0.1629
163.5	2	0.2750	243.5	2	0.2750
164.0	1	0.1629	244.0	1	0.1629
165.0	1	0.1629	244.5	3	0.3871
166.0	1	0.1629	245.0	1	0.1629
166.5	1	0.1629	245.5	1	0.1629
167.0	1	0.1629	253.0	1	0.1629
168.0	1	0.1629	253.5	3	0.3871
170.0	1	0.1629	254.0	2	0.2750
170.5	1	0.1629	254.5	1	0.1629
174.5	1	0.1629	255.0	1	0.1629
180.5	1	0.1629	255.5	3	0.3871
181.5	1	0.1629	256.5	2	0.2750
187.0	2	0.2750	257.5	3	0.3871

表4.6 台九線路段道路潛在危險性統計表(續一)  
(民國82年~84年)

里程 (Km)	肇事 次數	不安 全性	里程 (Km)	肇事 次數	不安 全 性
258.0	1	0.1629	292.5	1	0.1629
258.5	1	0.1629	294.5	1	0.1629
260.5	1	0.1629	295.5	2	0.2750
261.0	1	0.1629	296.5	1	0.1629
261.5	1	0.1629	299.0	1	0.1629
262.0	1	0.1629	299.5	1	0.1629
262.5	1	0.1629	301.0	1	0.1629
263.5	1	0.1629	301.5	1	0.1629
264.0	2	0.2750	304.0	1	0.1629
265.5	1	0.1629	305.0	1	0.1629
266.0	3	0.3871	305.5	1	0.1629
267.0	1	0.1629	306.0	1	0.1629
267.5	1	0.1629	306.5	1	0.1629
268.5	2	0.2750	309.5	1	0.1629
269.0	1	0.1629	310.5	1	0.1629
269.5	2	0.2750	311.0	1	0.1629
270.0	2	0.2750	314.0	1	0.1629
271.5	1	0.1629	314.5	1	0.1629
272.0	1	0.1629	316.5	1	0.1629
273.5	3	0.3871	318.5	1	0.1629
275.5	1	0.1629	319.5	3	0.3871
276.5	1	0.1629	320.5	2	0.2750
279.5	3	0.3871	321.5	2	0.2750
283.5	1	0.1629	323.0	1	0.1629
284.5	1	0.1629	323.5	2	0.2750
285.5	2	0.2750	326.5	1	0.1629
286.0	1	0.1629	327.5	2	0.2750
287.0	1	0.1629	328.5	1	0.1629
288.5	1	0.1629	330.5	1	0.1629
289.0	1	0.1629	334.5	2	0.2750
289.5	3	0.3871	337.0	1	0.1629

表4.6 台九線路段道路潛在危險性統計表(續二)  
(民國82年~84年)

里程 (Km)	肇事 次數	不安 全性	里程 (Km)	肇事 次數	不安 全性
337.5	1	0.1629	410.0	1	0.1629
339.0	1	0.1629	414.0	1	0.1629
341.0	1	0.1629	415.5	1	0.1629
341.5	1	0.1629	416.0	2	0.2750
342.0	2	0.2750	416.5	1	0.1629
342.5	1	0.1629	419.5	1	0.1629
343.5	1	0.1629	420.0	1	0.1629
344.0	1	0.1629	421.5	1	0.1629
345.5	1	0.1629	428.0	1	0.1629
349.0	1	0.1629	432.5	1	0.1629
350.5	3	0.3871	434.5	1	0.1629
352.0	1	0.1629	437.5	1	0.1629
358.5	1	0.1629	442.5	3	0.3871
359.0	2	0.2750	444.5	1	0.1629
359.5	1	0.1629	446.5	1	0.1629
363.0	1	0.1629	447.5	1	0.1629
364.5	1	0.1629	450.0	1	0.1629
365.0	1	0.1629	452.5	1	0.1629
366.5	1	0.1629	454.0	1	0.1629
368.5	2	0.2750	458.5	1	0.1629

$$\begin{aligned}
 \hat{m}_j &= \beta_j E_j\{m\} + (1 - \beta_j)x_j \\
 &= \beta_j (j/i) E_i\{m\} + (1 - \beta_j)x_j \\
 &= 0.8879 \times (3/7) \times 0.1334 + (1 - 0.8879)x_j \\
 &= 0.0508 + 0.1121x_j
 \end{aligned}$$

以步驟七統計所得之各分析對象在分析年期内發生道路交通事故的次數 $x_j$ ，代入上式( $\hat{m}_j$ )中，即可得出考量資料之統計時間差異後，每一分析對象在分析年期内之不安全性估測值。估測

結果如表4.6中「不安全性」一欄所示，該表中僅列出分析年期内，有道路交通事故發生之分析對象的不安全性估測值，至於未發生道路交通事故之分析對象，因其 $x_j$ 值皆為0，故其不安全性估測值均為0.0508。

#### 九、計算分析對象之不安全性的臨界值

實證作業進行至此，已完成了所有分析對象的不安全性估測工作，亦即各分析對象之道路潛在危險性指標業已取得，後續工作的重心乃在如何找出高危險性之分析對象。

由於本研究係以各類分析對象所參考之母體的不安全性平均值加上一個標準差，作為所有該類分析對象的臨界水準，因此利用步驟五所求得的參考母體平均值與變異數即可得臨界不安全性為0.3316：

$$\begin{aligned}\hat{m}_c &= E\{m\} + \sqrt{VAR\{m\}} \\ &= 0.1334 + \sqrt{0.0393} \\ &= 0.3316\end{aligned}$$

#### 十、辨識高潛在危險性之對象

有了各類分析對象在分析年期内之臨界不安全性（ $\hat{m}_c$ ）後，便可以針對每一分析對象，比較步驟八中對其所估測的不安全性（ $\hat{m}_j$ ）與此臨界值，以資辨識高危險性之分析對象。當 $\hat{m}_j > \hat{m}_c$ 時，即表示該分析對象在分析期間内的不安全性大於臨界水準，亦即顯示該分析對象係屬高危險性者。

實證作業的所有分析對象中，其於分析年期内之不安全性大於臨界水準者，如表4.7所列。



表4.7 高潛在危險性之台九線路段  
—分析年期為民國82年~84年

單位：里程 (Km)

238.0	257.5	289.5
244.5	266.0	319.5
253.5	273.5	350.5
255.5	279.5	442.5

## 4.2 小結

以上依據本研究建立之一連串評估程序所完成的實證工作，可發現本研究所構建的危險性評估程序展現出如下特性：

1. 由實證過程觀之，本研究所建立的道路潛在危險性評估方法，在整個處理過程中，不論就資料面、理論基礎面或實務面而言，顯現頗高的可行性。
2. 以實證資料初步來看，利用道路交通事故發生次數之相關資料透過實證貝氏法（臨界水準為不安全性等於 0.3316）所得之結論與直接採用肇事次數法（臨界水準為次數等於 3）相同，此是否意謂著本研究可能採用了一種過於繁複的方法？當進一步考量二種方法的特質時，即可排除此項疑問，因為實證貝氏法係藉由理論推演而得出臨界水準，並進而據此得出該結論，然而，我們卻很難找出肇事次數法係採用何種客觀邏輯來建立其臨界水準，以獲致相同的結論，因為，我們可以直接設定臨界水準為肇事次數等於 3、等於 2 或等於 1，究竟哪一種臨界水準較佳，恐難有足以令人信服的說法，因此，在進一步的考量後，我們可以知悉本研究雖採用較複雜的評估方法，但卻可獲致足夠的評估利益。
3. 從另一方面來看本研究之實證結果，或可大膽地推論：「肇事次數法雖缺乏較嚴謹的理論基礎，但其

暗含的理論意義與實證貝氏法雷同」，因此只要有令人信服的臨界水準訂定法則，也許可藉肇事次數法更簡易地達到本研究所追求的理論、實務兼具之目標。

4. 以道路交通事故發生次數之相關資料，來表示一分析對象的不安全性，雖為目前國內較務實之作法，但在資訊擷取上卻存有缺失。以實證貝氏法來看，道路交通事故之發生既為卜瓦松分配，則表示就某類分析對象而言，未發生交通事故及發生次數少者佔大部份，因此在此種資料特性下所求得的參考母體平均不安全性(年平均肇事次數)自然較趨近0，而當我們將此值( $E_i\{m\}$ )與一分析對象實際發生道路交通事故之次數( $x_j$ )，進行某種加權( $\beta$ )處理時，即使 $x_j$ 的權重不高，但一個介於0與1間之權數( $1-\beta$ )與大於0之資料( $x_j$ )相乘的結果，對估測值( $\hat{m}_j$ )之影響，勢必較一個介於0與1間之權數( $\beta$ )與小於1之資料( $E_i\{m\}$ )相乘的結果來的大，此可由本研究的實證資料觀察而知：

$$\begin{aligned}\hat{m}_j &= \beta \times (j/i) \times E_i\{m\} + (1-\beta) \times x_j \\ &= 0.8879 \times (3/7) \times 0.1334 + (1-0.8879) \times x_j\end{aligned}$$

這樣的特質，造成即使該分析對象之參考母體的危險性特徵甚為一致(也就是說 $VAR_i\{m\}$ 小而 $\beta$ 值大)，理論上應對參考母體資訊產生較高的倚賴度，但估測時卻多側重一分析對象之實際道路交通事故資訊。

5. 由於我國在尋找道路潛在危險性評估方法論時，最大的條件限制為：曝光資料匱乏，因此就一般可用之資料而言，道路交通事故之發生次數、死傷人數、財損情形便成為可用性較高的資料，而對於工程改善來說，「次數」資料又屬較佳的選擇，故在這樣

的環境下，不管採取何種可用之評估方法，或多或少均會出現資料僅些許差異，卻造成評估結果迥異的現象，亦即一分析對象發生1次或2次道路交通事故，在評估上頗為敏感。本研究所採用之方法，同時考量了一分析對象發生道路交通事故的一般性特質（即參考母體所代表的分類特質）與其專屬特質（即該分析對象的道路交通事故記錄），將次數的資料轉換成不安全性之資訊，較諸其他可用的危險性評估方法，此種方式對於「次數」資料所具有的高敏感性特質，有較好的處理。

6. 在選擇參考母體的過程中，本研究發現加總空間資料時，確實與 Mr. Isabelle Thomas 的研究結果一樣，出現加總之空間距離越短時，道路交通事故發生的特性越趨近於卜瓦松分配。
7. 依據本研究所選用之實證資料—民國 77 年～84 年台九線路段道路交通事故資料，初步得出民國 82 年～84 年間（分析年期為 3 年）省道路段之道路潛在危險性評估指標內容如下：

$$\hat{m}_j = 0.0508 + 0.1121x_j, \quad j=3$$

$$\hat{m}_c = 0.3316$$

- (1). 以一分析對象在分析期間（ $j$ 年）內的不安全性估測值（ $\hat{m}_j$ ），作為該分析對象的道路潛在危險性評估指標。
  - (2). 以一分析對象之參考母體的平均不安全性加上一個標準差為基礎，計算該分析對象於分析年期内之臨界不安全性（ $\hat{m}_c$ ）。
  - (3). 在一分析年期内，當一分析對象所估測之不安全性（ $\hat{m}_j$ ）高於臨界值（ $\hat{m}_c$ ）時，即認為其具高潛在危險性。
8. 由於本研究著重於評估方法論的研究，並不特別探

## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

1. 國內目前係利用肇事次數排序值 ( $R_1$ )、危險因子排序值 ( $R_2$ )、嚴重程度排序值 ( $R_3$ ) 三種資訊，以 2:1:1 的相對權重分就每一分析對象進行加權，而得出各分析對象的指標  $S_1$  值 (即  $S_1 = 2R_1 + R_2 + R_3$ )，再以此值表示各分析對象的潛在危險性，當  $S_1$  值越小，則其危險程度為最大。此種處理方式具有如下特質：
  - (1). 為順利計算危險因子，須蒐集所有分析對象的曝光量資料，此在國內現有資料環境下，至為不易。
  - (2). 並不特別區分分析對象間，因車流行為不同所造成的潛在風險差異。
  - (3). 肇事次數、危險因子及嚴重程度等三種指標彼此間重複使用之資料種類頗多，致所產生的  $S_1$  值意義甚難釐清。如：危險因子為肇事率與臨界肇事率之比值，而肇事率即單位曝光量之肇事次數；嚴重程度用肇事次數之當量值來表示，該肇事次數當量值係由肇事次數、受傷人數及死亡人數以 1:3.5:9.5 之比例計算獲得，由此可見指標所援用之三種統計資料的排序值，一直重複運用一分析對象之肇事次數資料作為參考資訊。
  - (4). 利用二種資料屬性 (次數及人數) 的加權來計算分析對象之嚴重程度及加總排序值的作法，其所展現的真實意義並不容易瞭解。
  - (5). 計算嚴重程度的權數，依其設計觀念來看，易受外生變數的影響。

2. 不論國內外，利用加權觀念整合肇事次數、死傷人數、財損程度或業經初步處理的各式指標、比率，是最廣爲人所採用的指標產生方式，而以排列資料之大小順序，來決定各分析對象之危險程度的作法，則爲最普遍使用的高危險對象辨識手段，其因不外乎操作原理易懂、處理過程簡單、行政機關易於執行預算等；此外，亦常見以多種準則篩選危險對象的作法，試圖消除參考單一資訊所造成的偏差。
3. 除了上述較主觀之道路潛在危險性評估方法外，亦有不少應用統計理論的方法論，試圖由較客觀的角度進行危險對象之辨識工作，如：肇事機率法（品管法）、貝氏法等等，這些方法論的主要特徵爲：
  - (1). 對於篩選出來的危險對象，可客觀地闡釋其在某信賴水準下具顯著（或不可接受）之危險性。
  - (2). 信賴水準的決定及參考樣本群的選取，在此處理方式中對結果的影響甚鉅，但實際作業時並非易事，且無絕對客觀之標準。
  - (3). 用來判定分析對象是否具危險性之門檻值一般採用平均值，但此是否適切恐仍屬主觀抉擇。
  - (4). 須假設相關道路交通事故資料服從某些機率分配型態，方能進行檢定作業。
  - (5). 因運用了統計理論，故在資訊的闡釋上較其他處理方式複雜。
4. 不論何種評估道路潛在危險性的方法論，其實是長短互見的，且亦未有評估諸多方法論的客觀準則。一般認爲較好的方法，可能會因爲所需資料匱乏，而使得分析人員難以使用。反之，採用較主觀之加權、排序或多重篩選法，則可實際進行分析對象的評估工作，只是分析人員難以掌握其正確程度；相

對地，應用統計理論雖可清晰的闡釋評估結果之正確程度，但假說之驗證、資料之處理、結果之表達等均屬較困難的工作。

5. 本研究採用統計理論來評估及辨識分析對象的所具之道路潛在危險性。主要是以實證貝氏法 ( EB, Empirical Bayes Approach ) 為基礎，來分類評估分析對象危險性：

- (1). 實證貝氏法是以各分析對象之參考母體的不安全性期望值與變異數 (  $E\{m\}$ ,  $VAR\{m\}$  ) 組成的一個權數 (  $\beta$  )，利用此權數來同時考量與該分析對象具類似性質者之不安全性特質、及該分析對象實際發生道路交通事故的次數 (  $x$  )，以估測該分析對象的不安全性 (  $\hat{m}$  )：

$$\hat{m} = \beta E\{m\} + (1 - \beta)x, \quad \beta = E\{m\} / [E\{m\} + VAR\{m\}] \quad (5.1)$$

- (2). 以一分析對象之參考母體的平均不安全性加上一個標準差，作為該分析對象的臨界不安全性 (  $\hat{m}_c$  )：

$$\hat{m}_c = E\{m\} + \sqrt{VAR\{m\}} \quad (5.2)$$

- (3). 當一分析對象的不安全性 (  $\hat{m}$  ) 超過臨界值 (  $\hat{m}_c$  ) 時，即表示其具高潛在危險性。
- (4). 本研究之危險對象評估程序，即利用實證貝氏法先行求得各類分析對象的不安全性估測公式 ( 公式 ( 5.1 ) )，然後，將各分析對象實際發生之道路交通事故次數 (  $x$  ) 帶入所屬公式中，估測各分析對象的不安全性，最後以各類分析對象之參考母體的平均不安全性及標準差 ( 公式 ( 5.2 ) )，求算各類分析對象之臨界不安全性，並據之辨識高道路潛在危險性的分析對象。

6. 本研究實證過程中發現，加總道路交通事故的空間資料時，與 Mr. Isabelle Thomas 獲得相同的結論：加總時所採用之空間距離越短（即單位長度越短）時，道路交通事故的發生越趨近於卜瓦松分配。本研究所處理之民國 77 年～83 年台九線路段的 A1、A2、A3 類道路交通事故資料顯示，路段長度為 500 公尺時，道路交通事故之發生較路段長度為 1 公里時趨近於卜瓦松分配。
7. 依據本研究所選用之實證資料—民國 77 年～84 年台九線路段道路交通事故資料，初步得出民國 82 年～84 年間（分析年期為 3 年）省道路段之道路潛在危險性評估指標如下：

$$\hat{m}_j = 0.0508 + 0.1121x_j, \quad j=3$$

$$\hat{m}_c = 0.3316$$

由於本研究著重於評估方法論的研究，並不特別探討參考母體的分類標準，但因分類標準會影響參考母體統計量的計算，進而影響各類分析對象之道路潛在危險性評估指標的內容，因此上述評估指標於未來全面重新歸類所有的資料時，仍可能有改善的空間。

## 5.2 建議

1. 本研究因國內目前曝光量資料取得甚為不易，在考量評估指標的實用性及期望藉由持續使用來改良指標等因素下，而放棄曝光量資訊的參考，然而就肇事分析領域而言，曝光量資料甚為重要，因此例行且有系統的收集曝光量資料實屬刻不容緩之工作。
2. 一旦順利取得所需之曝光量資料後，應適時考量修改實證貝氏法的不安全性（ $m$ ）計算方式，以使各分析對象的評比立基於相同之基礎上。

3. 本報告之主題著重於道路潛在危險性評估指標的研究，亦即強調方法論之建立，故實證作業僅在證明方法論的可用性，因此依據所提方法論產生各類可能分析對象的評估指標（即不安全性之估測公式），應是後續工作的重點。初步建議未來建立指標時，應可考慮下列數個層面：
- (1). 路口與路段因其車流行為差異頗大，致存在之潛在風險亦不同，故應予以分開考量。
  - (2). 至少應考量下列各道路屬性間所展現的安全性差異，當差異顯著時，自應視為性質不同之分析對象：
    - 直線路段、彎道、橋樑、隧道等路段。
    - 號誌路口與無號誌路口。
    - 不同道路層級。
    - 市區與郊區道路。
    - 上述道路屬性的組合。
  - (3). 最後劃分出來的各類分析對象，其道路交通事故資料之規模須足以進行客觀分析，否則將失去分類之意義。



附錄一 參考母體之道路交通事故資料統計表  
—以1公里為單位(民國77年~83年)

里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數
21	1	132	1	191	3	256	8
22	3	135	5	192	5	257	6
23	1	136	1	193	6	258	8
24	1	139	1	194	8	259	1
25	2	141	2	195	3	260	6
26	1	144	1	196	4	261	7
27	2	145	2	197	5	262	4
28	1	150	1	198	7	263	2
29	1	154	1	199	6	264	4
31	2	157	1	200	4	265	3
34	1	161	1	235	2	266	5
35	1	162	2	236	2	267	4
37	3	163	4	237	4	268	3
38	4	164	6	238	3	269	3
45	1	165	2	239	7	270	4
46	1	166	2	240	6	271	4
47	1	167	2	241	5	272	1
48	2	168	6	242	3	273	5
51	1	169	1	243	11	274	3
56	1	170	1	244	3	275	3
57	1	174	2	245	5	276	4
58	1	179	1	246	3	277	2
60	1	180	1	247	4	278	3
62	1	181	2	248	2	279	8
110	2	182	3	249	5	280	2
113	1	185	3	250	4	281	5
119	2	186	1	251	4	282	3
121	1	187	2	252	12	283	4
122	1	188	2	253	6	284	2
123	3	189	2	254	6	285	4
130	1	190	2	255	7	286	3

註：表中之里程數係為1公里之中點里程，如21Km是指20K+500~21K+499。

附錄一 參考母體之道路交通事故資料統計表  
 —以1公里為單位(續)  
 (民國77年~83年)

里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數
287	4	319	3	351	1	440	1
288	3	320	1	352	2	441	3
289	1	321	2	353	1	442	2
290	5	322	2	356	2	443	1
292	2	323	3	359	2	446	1
294	3	324	1	361	1	447	4
295	6	325	1	362	1	448	1
296	4	326	2	363	4	451	1
298	4	327	4	365	1	452	3
299	4	328	2	367	1	454	2
300	4	329	6	369	1	456	2
301	2	330	2	370	1	457	2
302	4	331	1	410	2	458	1
303	8	332	3	413	3	459	3
304	4	333	1	414	3	463	1
305	4	334	1	415	2	465	1
306	1	336	1	416	1	466	2
307	3	337	2	417	1		
308	4	338	2	418	4		
309	3	339	1	419	1		
310	2	341	1	420	5		
311	1	342	3	421	1		
312	1	343	4	422	1		
313	2	345	1	423	2		
314	4	346	1	426	2		
315	2	348	3	428	2		
316	1	349	5	434	2		
318	4	350	3	435	1		

註：表中之里程數係為1公里之中點里程，如21Km是指20K+500~21K+499。

## 附錄二 負二項分配檢定之方法

設隨機變數  $X$  之分配為母數  $k$  及  $p$  的負二項分配，則：

$$f(x) = \binom{k+x-1}{x} p^k q^x \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

其重要表徵數為：

$$\begin{cases} E(X) = \frac{kq}{p} & \dots\dots\dots(a) \end{cases}$$

$$\begin{cases} VAR(X) = \frac{kq}{p^2} & \dots\dots\dots(b) \end{cases}$$

$$\therefore \frac{(a)}{(b)} = \frac{kq/p}{kq/p^2} = p \quad \text{且} \quad q = 1 - p \quad \dots\dots\dots(c)$$

$\therefore$  將  $p$  及  $q$  代入 (a) 式，即可得  $k$  值：

$$k = \frac{E(X)p}{q} \quad \dots\dots\dots(d)$$

由上述求得之負二項分配的相關母數  $p$  (公式 (c)) 及  $k$  (公式 (d))，便可構建負二項分配機率密度函數  $f(x)$ 。

完成機率密度函數  $f(x)$  後，代入各隨機變數值 ( $x$ ) 於  $f(x)$  中，求算相對應之機率值，然後再利用「適合度檢定」常用之  $\chi^2$  統計量，來檢定隨機變數產生之機率分配是否服從負二項分配。

附錄三 參考母體之道路交通事故資料統計表  
—以 500 公尺為單位 (民國 77 年~ 83 年)

里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數
21.0	1	110.0	1	166.0	2	197.0	2
22.0	3	110.5	1	167.0	2	197.5	3
23.0	1	113.0	1	168.0	6	198.0	6
24.0	1	119.0	1	169.0	1	198.5	1
24.5	1	119.5	1	170.0	1	199.0	3
25.0	1	121.5	1	174.0	2	199.5	3
26.0	1	122.0	1	179.0	1	200.0	3
26.5	1	123.0	3	180.5	1	235.0	2
27.0	1	130.0	1	181.0	2	236.5	2
28.0	1	132.5	1	181.5	1	237.0	2
29.0	1	135.0	5	182.0	2	237.5	2
31.0	2	136.5	1	185.0	3	238.0	3
34.0	1	139.0	1	186.0	1	238.5	1
35.0	1	141.0	1	187.0	2	239.0	4
36.5	1	141.5	1	187.5	1	239.5	2
37.0	1	144.0	1	188.0	1	240.0	4
37.5	2	145.0	1	189.0	1	240.5	2
38.0	2	145.5	1	189.5	2	241.0	4
38.5	1	150.0	1	190.0	1	241.5	1
44.5	1	154.0	1	191.0	3	242.0	3
46.0	1	157.0	1	192.0	3	243.0	7
47.0	1	161.0	1	192.5	2	243.5	4
48.0	2	162.0	1	193.0	6	244.0	1
51.5	1	162.5	1	193.5	2	244.5	2
55.5	1	163.0	2	194.0	5	245.0	4
57.0	1	163.5	2	194.5	1	245.5	1
58.0	1	164.0	6	195.0	3	246.0	3
60.0	1	165.0	1	196.0	4	247.0	4
62.0	1	165.5	1	196.5	1	248.0	2

註：表中之里程數係以上限為計算基礎，如21Km是指20K+501~21K+000，而  
21.5Km是指21K+001~21K+500。

附錄三 參考母體之道路交通事故資料統計表  
 —以 500 公尺為單位 (續一)  
 (民國 77 年~ 83 年)

里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數
249.0	5	267.5	2	283.0	4	302.0	3
250.0	3	268.0	1	284.0	2	302.5	1
250.5	1	268.5	1	284.5	1	303.0	7
251.0	4	269.0	2	285.0	2	303.5	1
252.0	12	269.5	1	285.5	1	304.0	3
253.0	4	270.0	3	286.0	3	304.5	1
253.5	4	270.5	1	287.0	2	305.0	3
254.0	3	271.0	3	287.5	2	305.5	2
254.5	1	271.5	1	288.0	1	307.0	3
255.0	5	272.5	1	288.5	2	308.0	4
255.5	3	273.0	3	289.0	1	309.0	1
256.0	7	273.5	3	289.5	1	309.5	2
257.0	3	274.0	1	290.0	2	310.0	1
257.5	3	274.5	1	290.5	2	310.5	1
258.0	8	275.0	3	292.0	1	311.0	1
259.0	1	275.5	1	292.5	1	312.5	2
260.0	5	276.0	2	293.5	1	313.0	1
260.5	2	276.5	1	294.0	1	314.0	2
261.0	4	277.0	1	294.5	1	314.5	2
261.5	2	277.5	1	295.0	3	315.0	2
262.0	3	278.0	3	295.5	3	316.5	1
262.5	2	279.0	2	296.0	4	318.0	1
263.0	1	279.5	6	298.0	4	318.5	3
263.5	1	280.0	2	299.0	2	319.0	2
264.0	3	280.5	2	299.5	2	319.5	2
265.0	3	281.0	3	300.0	4	321.0	1
266.0	5	282.0	2	301.0	1	321.5	1
267.0	3	282.5	1	301.5	1	322.0	2

註：表中之里程數係以上限為計算基礎，如21Km是指20K+501~21K+000，而  
 21.5Km是指21K+001~21K+500。

附錄三 參考母體之道路交通事故資料統計表  
 —以 500 公尺為單位 (續二)  
 (民國 77 年~ 83 年)

里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數	里程 (Km)	肇事 次數
323.0	2	343.0	3	410.5	1	441.0	2
323.5	2	343.5	1	412.5	1	442.0	1
325.0	1	345.5	1	413.0	2	442.5	1
326.5	3	346.5	1	414.0	2	443.0	1
327.0	2	348.0	2	414.5	1	446.5	1
327.5	1	348.5	1	415.0	2	447.0	2
328.0	1	349.0	3	416.0	1	447.5	2
328.5	2	349.5	2	417.0	1	448.0	1
329.0	4	350.0	2	418.0	3	451.0	1
329.5	1	350.5	2	418.5	1	452.5	3
330.5	2	352.0	1	419.5	2	454.0	2
331.0	1	352.5	2	420.0	4	456.0	2
332.0	3	356.0	2	421.5	1	457.0	1
332.5	1	359.5	2	422.0	1	457.5	1
334.0	1	360.5	1	423.0	2	458.5	2
336.5	1	362.5	1	426.0	2	459.0	2
337.0	2	363.0	4	428.0	2	463.0	1
338.0	2	365.0	1	434.0	2	465.0	1
339.0	1	367.0	1	434.5	1	466.0	2
341.0	1	369.0	1	440.0	1		
342.0	3	370.5	1	440.5	1		

註：表中之里程數係以上限為計算基礎，如21Km是指20K+501~21K+000，而  
 21.5Km是指21K+001~21K+500。

## 參考資料

1. Bhagw Persaud and Leszek Dzbik, "Accident Prediction Models for Freeway", Transportation Research Record 1401, pp.55~60, 1993.
2. Bruce Brown, Celine Farley, and Micheline Forgues, "Identification of Dangerous Highway Locations : Results of Community Health Department in Quebec", Transportation Research Record 1376, pp.78~85, 1992.
3. D. A. Morin, "Application of Statistical Concepts to Accident Data", Public Roads, Vol. 34, No. 7, pp.135~137, 1967.
4. disscussion by D. Andreassen, "Development of Highway Accident Hazard Index", Journal of Transportation Research, Vol. 114, No. 2, pp.247~250, 1988.
5. disscussion by Kenneth W. Crowley, "Development of Highway Accident Hazard Index", Journal of Transportation Research, Vol. 114, No. 2, pp.247~250, 1988.
6. Donald R. Drew, "Traffic Flow Theory & Control", McGRAW-HILL, 1971.
7. E. Hauer, B. N. Persaud, A. Smiley and D. Duncan, "Estimating the Accident Potential of An Ontario Driver", Accid. Anal. and Prev. Vol. 23, No. 2/3, pp.133~152, 1991.
8. E. Hauer and B. N. Persaud, "How to Estimate the Safety of Rail-Highway Grade Crossings and the Safety Effects of Warning Devices", Transportation Research Record 1114, pp.131~140, 1987.
9. Ezra Hauer, "Empirical Bayes Approach to the Estimation of 'Unsafty' : The Multivariate Regression Method", Accid. Anal. and Prev., Vol. 24, No. 5, pp.457~477, 1992.

10. Fouad A. Gharaybeh, "Identification of Accident-Prone Locations in Greater Amman", *Transportation Research Record* 1318, pp.70~74, 1991.
11. Institute of Transportation Engineers, "Manual of Transportation Engineering Studies", Prentice-Hall, Inc., 1994.
12. Isabelle Thomas, "Spatial Data Aggregation : Exploratory Analysis of Road Accidents", *Accid. Anal. and Prev.* Vol. 28, No. 2, pp.251~264, 1996.
13. James L. Pline, "Traffic Engineering Handbook, Fourth Edition", Prentice-Hall Inc., 1992.
14. Jeremy Broughton, "The British Index for Comparing the Accident Record of Car Models", *Accid. Anal. and Prev.*, Vol. 28, No. 1, pp.101~109, 1996.
15. Julia L. Higle and James M. Witkowski, "Bayesian Identification of Hazardous Location", *Transportation Research Record* 1185, pp.24~36, 1988.
16. Julia L. Higle and Mari B. Hecht, "A Comparison of Techniques for the Identification of Hazardous Locations", *Transportation Research Record* 1238, pp.10~19, 1989.
17. Lon-Li David Shen, "Development of Highway Accident Hazard Index", *Journal of Transportation Research*, Vol. 112, No. 5, pp.447~464, 1986.
18. Venkataraman Shankar, Fred Mannering and Woodrow Barfield, "Statistical Analysis of Accident Severity on Rural Freeway", *Accid. Anal. and Prev.*, Vol. 28, No. 3, pp.391~401, 1996.
19. William R. Mcshane, Roger P. Roess, "Traffic Engineering", Prentice-Hall, Inc., 1990.
20. 周義華, 石豐宇, "都市地區易肇事地點鑑定與分析模式之建立", *運輸計劃季刊*, 第 17 卷, 第 3 期, 中華民國 77 年。



21. 張新立，“曝光量設計與交通安全分析”，運輸學會論文集，中華民國 76 年 7 月。
22. 交通部運輸計劃委員會，“台灣地區道路交通事故分析與建立電腦資訊系統之研究”，中華民國 71 年 6 月。
23. 謝尚志編譯，“道路安全之設計與管理”，科技圖書股份有限公司，中華民國 73 年 4 月。
24. 楊芳婉，“如何請求車禍賠償—兼論車禍刑事責任”，永然文化出版股份有限公司，中華民國 82 年 4 月。
25. 交通部統計處編，“公路交通安全數量分析之研究”，交通部，中華民國 68 年 6 月。