

以 HVE-2D 碰撞模擬軟體輔助車禍之鑑定

鄭凱仁¹ 徐茂濱²

摘要

目前交通事故發生的原因與責任的歸屬，均是由各縣市交通大隊對肇因作初步研判分析，或更進一步委請各縣市之車輛行車事故鑑定委員會代為鑑定。而長久以來，國內肇事原因之鑑定均是以主觀的經驗判斷為主，故鑑定結果之可信度有時會招受質疑。有鑑於此，「台北市車輛行車事故鑑定委員會」在民國 90 年首度引進 HVE-2D 車輛碰撞模擬的軟體，嘗試對實際車禍案例進行科學的判斷，希望藉以提高鑑定的可信度，使之成為鑑定的重要工具之一。

本研究利用 HVE-2D 碰撞軟體模擬實際交通事故案例，模擬之初先行假設各種可能造成事故的狀況，模擬後段再經由資料的比對，將各個不符的狀況刪除，從而找出最符合的狀況。模擬結果顯示，此軟體確實能作為事故鑑定之重要依據之一。本研究結果也顯示，HVE-2D 能透過動畫的表現，讓委員瞭解當事人所言是否屬實。同時，當資料不夠完整以致無法釐清所有假設狀況時，其最後所推論出的狀況並不具唯一性。另外，研究中發現 HVE-2D 之內建車輛碰撞資料庫，相對於台灣目前之上市車種，有明顯的不足，此因素對於模擬結果的正確性有相當不利的影響。

由於員警在事故現場所蒐集之資料是否完整以及是否準確會影響鑑定結果甚鉅，因此本研究也針對員警在現場處理事故程序中所常犯下的各項缺失，提出改善的對策，以便提昇事故鑑定的正確性。

壹、前言

由於經濟的快速成長，國人汽車的持有率與使用率不斷的提高，加上駕駛人守法的觀念及駕駛習慣不佳導致汽車肇事事件層出不窮，而交通事故不僅造成人員的傷亡、財物的損失，更帶來交通嚴重的阻塞。事故發生的原因與責任的歸屬，目前司法機關一般均送請各地區之車輛行車事故鑑定委員會代為鑑定，鑑定委員會係由地方監理機關、公路或市區道路主管機關、警察機關、公私立大專院校等單位派代表參加。肇事重建是交通事故責任鑑定與原因分析的重要方法，也是交通安全改善研究的重要步驟。

肇事重建的過程主要藉由事故現場資料的記錄、蒐集、調查與分析，將事故涉案車輛之時、空關係，由碰撞後終止位置反推回碰撞過程，再反推回碰撞前各車輛之行進狀態，藉以研判分析肇事原因。國內肇事重建工作，仍處於人為的經驗判斷，依據事故現場照片、輪胎印痕、事故現場圖、筆錄證詞進行肇事重建，當缺乏照片、事故現場圖不清楚或不正確、證詞虛偽時，可能在肇事重建的過程中會影響其正確性，因此如果能配合一套好的車輛碰撞模擬系統當為輔助的工具

¹ 國立台灣科技大學機械系 研究生

² 國立台灣科技大學機械系 副教授

以及有力的佐證，必可提昇事故鑑定技術作業的品質及效率，對於保障事故當事人的權益也有極大的效益。

目前國內外研究發展肇事重建之應用軟體，已經研發出很多套軟體，其功能各有所長，國內軟體的優點其具有中文顯示，易於操作及使用，然其缺點未經過大量的實例測試，其穩定度可能不夠，而國外的軟體皆經過實例測試，其軟體程式的穩定度應比國內軟體要好[1]。國內若能適當逐一引進國外的軟體，使鑑定人員逐步熟悉功能，進而達到普遍性、實用性、正確性與可靠性，可促使事故重建電腦化作業順利推展。

此外，針對於肇事現場的處理、蒐證與偵查，也常因到場處理員警人數的不足、欠缺專業處理能力，造成現場的維持及定位工作不完善、疏漏重要跡證資料等情形發生，以致於使得事故分析困難，肇事責任歸屬難以明確。因此事故資料收集的技術及工具也是值得我們去深入探討。

貳、國內外事故重建軟體介紹

祁文中[2]模式為民國 73 年所建構的一個碰撞模擬模式，利用動量守恆原理，算出碰撞前的速度、方向的屬性，可以處理碰撞後發生騰躍、翻滾、側滑、煞車狀況，以利現場比對。

程玉傑[3]模式為民國 76 年所建構的一個碰撞模擬模式，考慮了車輛碰撞後發生旋轉問題，並以動態模擬的方式模擬整個碰撞過程，包括碰撞前、碰撞中、碰撞後。

王瑩瑋[4]模式為民國 80 年所建構的一個完整碰撞模擬模式，先經由第三相位、第二相位、第一相位等各相位的反推模式，得到碰撞前的車輛行為；加上車輛特性與相關輔助資料後，再經由碰撞模擬模式的運作，以動畫模擬的方式來描述整個碰撞的過程。

卡爾斯本公路肇事速率重建模式 (CRASH: Calspan Reconstruction of Accident Speed on the Highway Program):係以車輛毀損的方法來估算車輛撞擊時的速率，同時也提供另外一種方法使用者必須輸入撞擊時與撞擊後停止的位置，利用線動量守恆模式，來估算車輛撞擊時的速率，作為模擬預測之依據。

能量速率等效肇事重建模式 (EES-ARM: Equivalent Energy Speed Accident Reconstruction Model):目前歐洲國家廣泛使用之肇事速率重建軟體，使用者必須輸入車輛碰撞過程中的相關角度、毀損情形，依照動量和能量守恆的基本原理，去求算速度及驗算碰撞後衝出到停止的滑行軌跡。

公路車輛模擬模式 (HVOSM: Highway Vehicle Object Simulation Model):為美國政府最早資助研究的重建模式，以三度空間來描述汽車運動情形，包括道路、路肩、匝道、邊溝等的互動關係，一般分為路緣設計版與車輛動力版，路緣設計版的主要特點在描述車輛與固定障礙物碰撞模式，車輛動力版的主要特點在模擬車輛在傾斜路面做空中翻轉的每一個動作，可作為時間步驟車輛動態之軌跡模擬預測。

汽車碰撞模擬模式 (SMAC: Simulation Model of Automobile Collision Program):以輸入車輛尺寸、質量、慣性、輪胎特性與其他與時間有關之煞車和轉向資料，並以座標表示模擬車輛之初速與位置，以時間步驟模擬分析每一車輛之質心位置、速度和加速度。

PC 碰撞模擬軟體 (PC-CRASH):主要特色以 2D 或 3D 的動畫表現，模擬 2 部車以上的碰撞、汽車與機車碰撞後機車駕駛人整個翻覆的過程及聯結車在轉彎

時翻覆的情況。

參、HVE-2D 理論分析

HVE-2D 是美國的工程動態公司 (Engineering Dynamics Corporation) 所發展的一套車輛碰撞模擬軟體，軟體內部有四項模擬系統，本節將介紹 HVE-2D 軟體內部四組模擬系統之基本假設、理論分析，以及每一個系統可做哪些不同的模擬，使得在使用 HVE-2D 軟體前，能有更深入的一層瞭解。

HVE-2D 是一套可以建立事故現場的模擬環境，配合內部所建立的車輛資料庫，當輸入車輛的車型與速度、煞車、轉向等參數，透過動畫的表現，可以讓使用者更清楚的瞭解整個碰撞過程，藉以分析肇事責任，軟體內部有四項模擬系統 EDSMAC、EDCRASH、EDSVS、EDVTS，以下介紹每一項的主要功能[5]：

EDSMAC 最主要的功能是模擬兩車在碰撞之前、碰撞期間及碰撞後的整個過程，當輸入兩車的車型與速度、煞車、轉向等參數，並以座標表示模擬車輛之位置，透過動畫的表現，分析兩車最後的停止位置、與車損位置，幫助事故重建中，瞭解何種碰撞過程，會產生什麼結果。

EDCRASH 最主要的功能是係以車輛毀損的方法來估算車輛撞擊時的速率，同時也提供另外一種方法使用者必須輸入撞擊時與撞擊後停止的位置，利用線動量守恒模式，來估算車輛撞擊時的速率。

EDSVS 最主要的功能是模擬單一車輛在輸入不同的參數時(方向盤角度、車速、煞車等)，車輛在碰撞前後其水平面軌跡之變化，預測行車方向的反應，幫助瞭解駕駛者是如何失去控制。

EDVTS 最主要的功能是模擬單一聯結車在輸入不同的參數時(方向盤角度、車速、煞車等)，車輛在碰撞前後其水平面軌跡之變化，預測行車方向的反應，幫助瞭解駕駛者是如何失去控制，導致車輛摺合 (jackknifing) 或車尾搖擺(trailer swing)。

肆、事故處理的建議

針對目前事故現場的調查，本研究提出以下幾點的建議：

- 一、在警察分局設立交通事故處理小組，專門負責事故現場之處理及蒐證，並定期舉辦專業訓練，加強事故處理技術。事故處理程序須依其嚴重性分成三個等級：一級處理程序主要針對一般事故輕微並無人員傷亡的車禍，由該分局自行派事故處理小組處理；二級處理程序主要為死亡事故，應通知刑事單位派員協助處理並請檢察官前往相驗；三級處理程序主要為重大車禍，應請該管區交通大隊長到場指揮協助，必要時立刻封鎖現場，並通知當地車輛事故鑑定委員會立即派員到場勘查。
- 二、有關如何提升事故現場圖之精確性的部份，不久的將來或許可在員警到達事故現場時，即以電腦連線，將事故路段的電子圖列印出來，直接在該圖上進行繪製，如此將可極忠實正確地顯現出事故現場各道路間的精確關係。在繪製時除了必須把所有肇事車輛的相關位置，尺寸標示清楚之外，亦須將事故現場之週邊跡證一併繪入，如煞車痕的距離、碎片、週邊違規停放之車輛、現場是否有施工狀況、人孔蓋及落差等。
- 三、有關拍攝事故現場照片的部分，應該改用數位照相機拍攝，運用液晶顯示器的功能以瞭解拍攝是否清楚，如果不清楚可以馬上重拍，拍攝完畢應立即上傳電腦建檔。除了拍攝車損照片外，同時也必須將週遭造成事故的相關因素，一併拍攝下來，以利將來鑑定之用。員警亦須準備一張告知單，以建議當事人在情況允許之下自行以相機多拍攝自己及對方車損的部分，作為送到車鑑會鑑定時的跡證，以免自身權利

受損。

- 四、在製作筆錄的部分，除了以人工填寫筆錄之外，應使用電腦打字作成文字檔案。當筆錄送往車鑑會鑑定時，必須將電腦文字檔的部分一併附上，以利委員能迅速正確閱讀筆錄，如此將可減少因筆錄之筆跡紊亂而導致的錯誤，並節省時間。

伍、HVE-2D 對實際案例之模擬

本節將針對一些國內雙車事故的實際案例，進行 HVE-2D 之 EDSMAC 模擬，EDSMAC 最主要的功能是模擬兩車在碰撞之前、碰撞期間及碰撞後的整個過程，透過動畫的表現，分析兩車最後的停止位置，模擬出若干組肇事前可能的狀況，再與實際的資料做比較，將不符合的部分提出說明，最後找出最有可能的肇事情況，使之成為在鑑定雙車事故時的一個有力的推論。

在此將實際案情摘要與資料整理如下：

一、肇事地點：光明路 146 號前。

二、肇事時間：晚上 7 時 15 分。

三、現場狀況：

(一) 車輛位置 (詳如圖 1 所示)

1. A 車 (○○○駕駛 7A-○○○○號自小客車) 沿光明路北向南直行。
2. B 車 (○○○駕駛 3B-○○○○號營小客車) 沿光明路北向南直行。

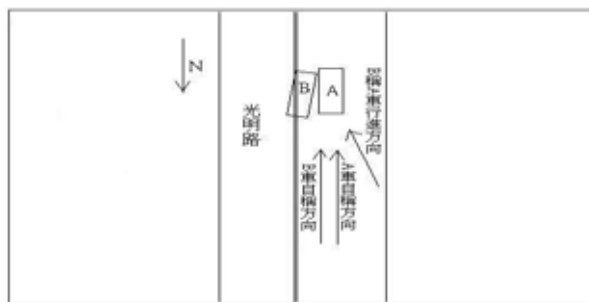


圖 1 實際道路事故現場圖

(二) 車輛損毀情形：

1. A 車左前車角、保險桿、左前車燈、左前葉子板破損。
2. B 車右側前後車門刮痕。

四、肇事分析：

(一) 肇事經過：A 車沿光明路北向南直行，至肇事地點左前車角與沿同路方向行駛的 B 車右側車門撞擊而肇事。

(二) 佐證資料：警訊筆錄、事故現場圖。

五、模擬分析

根據上述之案例資料進行 HVE-2D 模擬，此案例模擬出四種狀況，分別進行說明：
狀況一：首先，針對 A 車的筆錄進行模擬，A 車認為 B 車是從 A 車的左側跨越雙黃線超車，在超車後欲回到原車道時兩車發生相撞，模擬過程中，假設 B 車在初始位置時 (圖 2)，方向盤往右轉 30 度，切入原車道時，A 車在內車道直行未減速而發生相撞，模擬結果發現，A 車最後停止位置與事故現場圖比較時，車身有稍偏右的情形 (圖 3)。根據現場照片顯示，兩車最後停止時，A 車的前輪指向右邊的角度很大，而 B 車的前輪則指向左邊，而在模擬的過程中，A 車的方向盤並沒輸入任何角度，所以在相撞完成後，A 車的前輪指向應該還是直的，而此項證據與假設條件不符，故本狀況不成立。

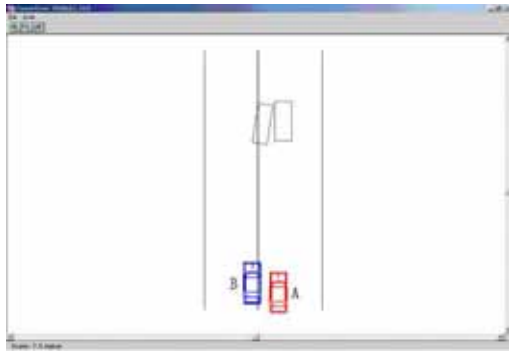


圖 2 初始位置 (狀況一)

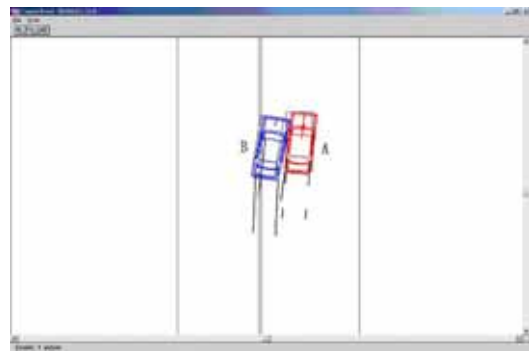


圖 3 最終位置 (狀況一)

狀況二：狀況二與狀況一不同處在於 B 車超車後欲回原車道，當兩車要發生相撞時，A 車為了要閃避 B 車，此時方向盤向右轉 30 度，而 B 車方向盤則是先往左回正，並再往左轉 30 度，但模擬結果與事故現場圖比較時，發現 A 車最後停止時，其車身較現場實際位置更為右偏 (圖 5)，所以還是與實際狀況不符。根據現場照片顯示，兩車最後停止時，A 車的前輪指向右邊的角度很大，而 B 車的前輪則指向左邊，所以模擬時假設 A 車作閃避的動作，方向盤往右僅轉 30 度時，最後停止位置，車身就已右偏，若依實際情形將 A 車方向盤的角度加到比 30 度更大時，則最後 A 車停止時之車身會更偏右，故本狀況應不成立。

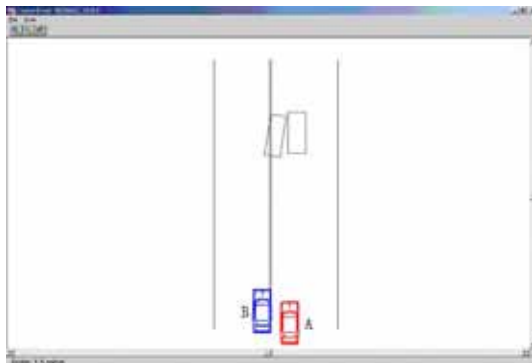


圖 4 初始位置 (狀況二)



圖 5 最終位置 (狀況二)

狀況三：接下來針對 B 車的筆錄進行模擬，B 車自稱是緊貼雙黃線行駛 (圖 6)，因 A 車左切時兩車發生碰撞。模擬過程中，假設 A 車在初始位置，正要左切進入內車道，方向盤往左轉 50 度，當 A 與 B 車要發生相撞時，A 車為了要閃避 B 車，而將方向盤往右打正，並再往右轉 30 度，而 B 車方向盤則是往左轉 30 度，B 車原本是緊貼雙黃線行駛，但在兩車發生相撞時，A 車的作用力使得 B 車產生順時針旋轉，因而跨出雙黃線至現場停止位置，模擬結果符合事故現場圖 (圖 7)，故本狀況成立。

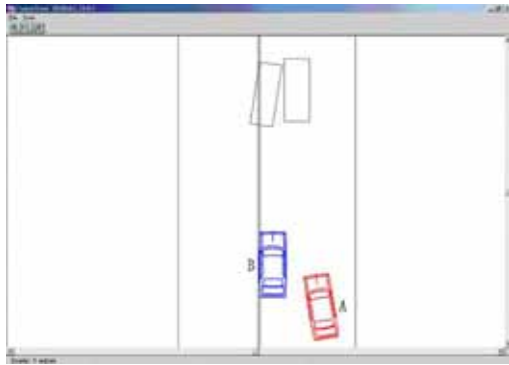


圖 6 初始位置 (狀況三)

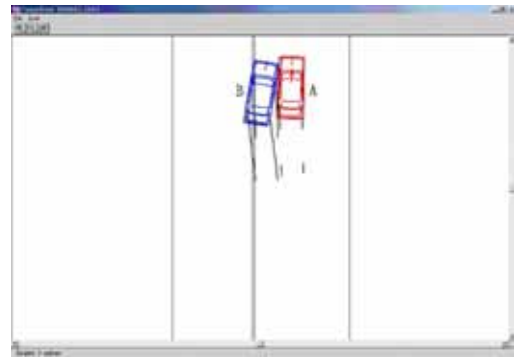


圖 7 最終位置 (狀況三)

狀況四：本狀況係將 A、B 兩車均以對方所陳述之行駛路線來進行模擬。假設 A 車從車道外方要左切進入車道內方，B 車起先是為了閃避 A 車而跨越雙黃線超車，在超車後要切入原車道時與 A 車發生碰撞，模擬過程中，假設 B 車在初始位置要切回原車道時 (圖 8)，方向盤往右轉 50 度，而 A 車則是在初始位置要切入內車道時，方向盤往左轉 50 度，當 A 與 B 車要發生相撞時，A 車要閃避 B 車，此時方向盤往右打正，並再往右轉 60 度，而 B 車方向盤則是往左打正，並再往左轉 30 度，當發生相撞時，A 車的作用力與 B 車的質心在一直線上，所以在碰撞完之後 B 車並未旋轉，而是平移至最終位置，模擬結果也符合事故現場圖 (圖 9)，故本狀況也可成立。

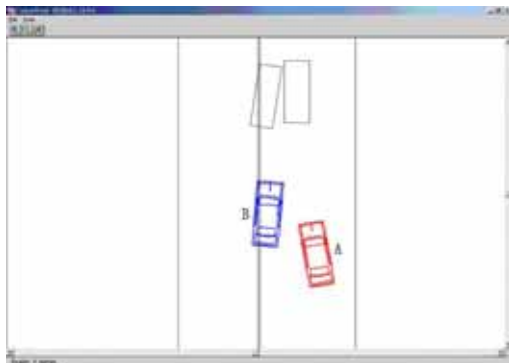


圖 8 初始位置 (狀況四)

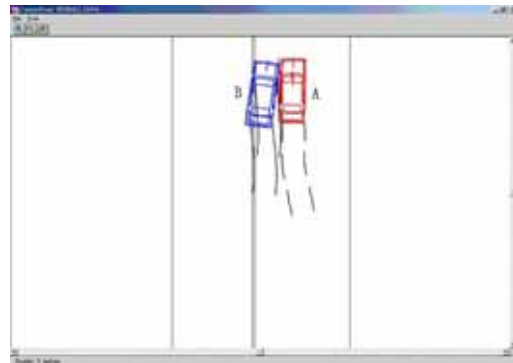


圖 9 最終位置 (狀況四)

模擬結果顯示，狀況三與狀況四所模擬產生的結果 (圖 7 與圖 9) 都符合事故現場圖，其不同處在於碰撞前對雙方車輛之方向盤的角度設定不同，以及 B 車初始位置的不同，狀況三的 B 車是假設緊貼雙黃線行駛，而狀況四的 B 車是假設跨越雙黃線超車。至於如何能提出最有可能的狀況，就必須從跡證方面來加以探討，但以此案例而言，其跡證方面有明顯的不足，因員警並未提供兩車的車損照片，所以無法很明確的分析狀況三 B 車被撞於右後側門的位置 (圖 10) 與狀況四 B 車被撞於右側中間的位置 (圖 11)，哪個與實際狀況最符合，唯一可以探討的是 A 車最後停止的位置，前輪指向右邊的角度很大，從模擬的結果來看狀況四所輸入方向盤的角度比狀況三大 30 度，以現有的資料來看，很難判斷哪一個可能性最大，能猜測的只是狀況四比狀況三的可能性來得大。

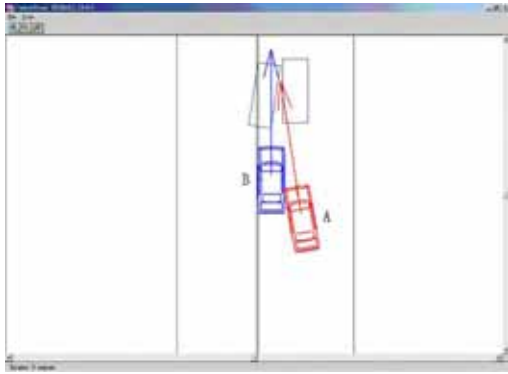


圖 10 碰撞時的位置（狀況三）

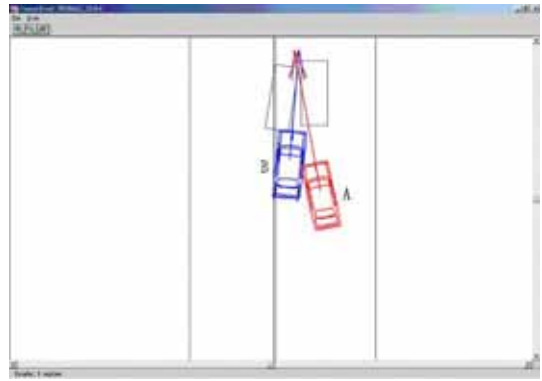


圖 11 碰撞時的位置（狀況四）

經由此案例可以發現，當 HVE-2D 模擬出相同結果時，由於警方所提供的資料不足，無法加以判斷，只能提出兩組最有可能的情況，讓鑑定委員自行判斷，但對這兩種情況的判決，將會造成截然不同的結果，影響到兩車當事人的權利。所以員警在事故的處理程序上，必須將所有重要跡證全部收集，這些重要的跡證將是模擬時主要的依據，以車損照片來講，可以從車損照片看出撞擊點在哪、接觸損毀的範圍，還可從車損部位的凹痕來判斷，撞擊時速度是快或慢，從照片中後照鏡被撞的方向來判斷車子碰撞行為是屬於被撞或是擦撞前車；從四周環境的照片中，瞭解當事人是否因環境的影響（如週邊違規停車、施工等），在發生事故前做不正常的操作（緊急煞車、緊急閃避的操作等）；從前輪輪胎的指向，來判斷碰撞前是否有做轉彎或緊急閃避的動作；從交通號誌時向的順序、設計，可判斷當事人是否有違反交通號誌的可能；當有煞車距離時，可判斷車輛的行駛方向、行駛何車道、是否超速等資料。有了這些重要的跡證，可以幫助在使用 HVE-2D 模擬時，將不符合跡證的部分刪除，從中找出最符合的狀況，因此員警所收集之跡證的多或少，將會影響模擬時間的長短、以及模擬的正確性，同時也會影響到委員們的判決。

陸、結論與建議

6.1 結論

1. 目前國內各縣市「車輛行車事故鑑定委員會」的鑑定方式，幾乎仍憑藉鑑定委員的個人知識與主觀經驗來判定，因此鑑定結果的可信度有時會招受質疑。若有 HVE-2D 軟體來加以輔助，將可提升鑑定結果的公正性。只是在使用 HVE-2D 軟體時，必須瞭解軟體的特性後，才可提高模擬推論之正確性，進而達到科學判斷的目的。
2. 研究結果發現，當資料不夠完整以致無法釐清所有假設狀況時，其最後的模擬結果，並不具唯一性。如果軟體操作員認為以 HVE-2D 模擬後，只會出現一種狀況，就提供此狀況給鑑定委員，將會影響到委員的思考，甚至造成誤判的可能。以本研究的案例一來說，狀況三（B 車以緊貼雙黃線行駛，因 A 車左切時兩車發生碰撞）及狀況四（A 車從車道外方要左切進入車道內方，B 車起先是為了閃避 A 車而跨越雙黃線超車，在超車後要切入原車道時與 A 車發生碰撞）皆可以模擬出與事故現場圖相符合的結果，但這兩種狀況所判定的結果卻截然不同。經由案例一的結果發現，軟體操作人員絕不可以認為模擬結果只能推衍出一種可能的狀況，否則偏差的誤導將可能損害到當事人的權益。同時為了提高模擬的正確性，員警在日後蒐集現場跡證時，務必要將所有必要的資料蒐集完整。
3. 本研究係採用實際案例進行模擬，有時根據當事人所陳述之行駛速率與相對位置等

資料輸入模擬系統時，模擬出的結果會與事實不符，該種情形很可能是因當事人有意逃避責任或錯誤的認知，而提供不正確的資料，因此 HVE-2D 軟體的功能之一是可以用來檢驗當事人所言之真偽。

4. 由於 HVE-2D 軟體內部的車輛資料庫並未包含台灣目前上市之所有車種，故模擬時易因資料之不完整而影響到判斷結果的正確性，加上國內亦無其他相關之車輛資料庫可供使用，因此本研究建議交通相關部門應明訂法條，規定所有車輛在國內銷售之前，必須先行提供詳細之車輛的資料，而這些資料須包括車身尺寸、車種、車型、重心位置、車體（前面、後面、側面）的剛性係數、車重、排氣量、汽缸數等，以利於肇事重建的模擬。

6.2 建議

1. 目前在使用 EDSMAC 模擬的過程中，兩車的車速、轉向及煞車部分之參數，都是由軟體操作員自行假設，而參數設定之正確與否，將會影響到模擬結果，若是能夠配合 EDCRASH 所估算出的車速，作為車輛在碰撞前一瞬間的速度，將可以使模擬結果之準確性提升。
2. 使用 EDSMAC 模擬時，操作者必須自行找出所有可能的狀況，所花費的時間過於冗長，因此在未來設計肇事重建軟體時，最好能設計成只需輸入兩車最後停止的位置座標，並將兩車所行駛的方向、速度、轉向等參數給予限定範圍，由電腦自行找出局部最佳值，如此將可以縮短操作員模擬的時間並提高其正確性。

參考文獻

1. 交通部路政司，**建立行車事故鑑定電腦作業系統之研究**，1999。
2. 祁文中，**汽車肇事重建技術之研究**，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，1984。
3. 程玉傑，**汽車肇事碰撞行為電腦動態模擬研究**，中央警官學校警政研究所碩士論文，1987。
4. 王瑩瑋，**兩車平面碰撞肇事重建之專家系統雛型**，國立成功大學交通管理研究所碩士論文，1991。
5. Engineering Dynamics Corporation, *Human Vehicle Environment-2D*, Dec. 1997.