

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

大客車自適性模糊化縱向防撞警示系統程式開發平台建立 之研究

研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-216-052-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：中華大學運輸科技與物流管理學系

計畫主持人：張建彥

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：游逸倫、鄭凱鴻
實驗受測者：林天信、曾瀛祥、湯勝雄、朱勝源、陳榮泰、
鄒鈺柱、許文坤、莊清芳、朱名政、王心生、童龍祥

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96 年 10 月 21 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

大客車自適性模糊化縱向防撞警示系統程式

開發平台建立之研究

A Study on the Development Platform of Bus Adaptive Fuzzy
Rear-End Collision Avoidance Warning System Programs

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 95 - 2221 - E - 216 - 052

執行期間：95年8月1日至96年7月31日

計畫主持人：張建彥

共同主持人：

計畫參與人員：正值人員(碩士班研究生)：游逸倫、鄭凱鴻；臨時人員(實驗受測者)：林天信、曾瀛祥、湯勝雄、朱勝源、陳榮泰、鄒鈺柱、許文坤、莊清芳、朱名政、王心生、童龍祥

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中華大學運輸科技與物流管理學系

中華民國九十六年十月二十一日

目錄

摘要.....	1
Abstract.....	1
一、前言.....	1
二、研究目的.....	2
三、文獻探討.....	3
四、研究方法.....	4
五、結果與討論.....	5
六、參考文獻.....	9
七、計畫成果自評.....	11
八、附件 可供推廣之研發成果資料表.....	12

摘要

鑒於近年來國內大客車因未保持安全行車距離間隔而導致事故比率偏高，因此發展符合大客車駕駛者特性之縱向防撞警示系統，乃成為先進安全大客車技術研發的重要課題之一。至於任何防撞警示系統之開發或應用，首須建立其核心的防撞警示公式與法則，而從目前所發展的各項縱向防撞警示公式中可以發現，後車駕駛者感知反應時間、煞車減速率和車輛煞停後與前車保持的靜止車間距離為警示公式中三項最重要的人因特性參數，也是影響警示系統啟動時機的重要因素。因此，本研究利用大客車駕駛模擬器之實驗資料，結合模糊理論之應用，分析各參數之安全隸屬度函數，並依據參數模糊化縱向防撞警示系統建立之邏輯架構，建立一大客車縱向防撞警示系統程式開發平台，平台中包含參數管理模組、參數安全隸屬度模組、縱向防撞警示基本公式模組、模糊縱向防撞警示公式模組、自適性模糊化縱向防撞警示系統模組等五大模組，提供作為大客車駕駛模擬資料儲存、處理、分析，模糊縱向防撞警示公式建立，以及可依大客車駕駛者接受程度自我調整適應的自適性模糊化縱向防撞警示系統應用程式開發的軟體工具，並可作為國內發展先進安全大客車縱向防撞警示系統的分析基礎與學習平台。

關鍵字：縱向防撞警示系統、大客車、參數、駕駛模擬器、程式開發平台

Abstract

Since the frequency of bus accidents due to without keeping safety spacing is very high in Taiwan, it has become an important issue to develop a bus rear-end or forward collision avoidance warning system (RCAWS or FCAWS) which concerns bus driver's driving characteristics. Developing collision warning equations and algorithms is the first step while

establishing or designing a collision warning system. Driver's perception reaction time, braking deceleration and stationary vehicle spacing in the warning threshold equation are three major human factor parameters. They are also the important factors which affect the alert timing. This study analyzed each parameter safety membership function by utilizing fuzzy theory to the experimental data from bus driving simulator. By a parameters analysis framework of the RCAWS, a program platform of the bus RCAWS development was developed. This platform which provides a software tool to store, process, analyze bus driving simulation data and develop fuzzy forward collision warning equations or adaptive RCAWS equations with rules includes five modules: the parameter management module, the parameter safety membership function module, the forward collision warning equation module, the fuzzy RCAWS equation module, and the adaptive fuzzy RCAWS module. The developed platform can also be a useful analysis and learning platform to develop the advanced safety bus RCAWS.

Keywords: Rear-end Collision Avoidance Warning System, Bus, Parameters, Driving Simulator, Program Platform

一、前言

縱向防撞警示系統為智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)之先進安全車輛(Advanced Safety Vehicle, ASV)重要的研發應用領域之一，而任何防撞警示系統之開發或應用，首須建立其核心的防撞警示公式與法則。從目前所發展的各項縱向防撞警示公式中可以發現，後車駕駛者反應時間、煞車減速率和車輛煞停後與前車保持的靜止車間距離(Spacing)為警示公式中三項

最重要的參數，也是影響警示啟動與否的門檻要素。此三者又與駕駛者的生理條件與心理適應息息相關，其中駕駛者反應時間與煞車減速率之設定直接影響警示時機的安全性與駕駛者接受度，倘若設定過於冒險(例如反應時間太短或煞車減速率太大)，則極可能因警示太晚而導致碰撞危險發生；反之，若設定過於保守(例如反應時間太長或煞車減速率太小)，又可能因警示太早而對駕駛者產生干擾，甚至造成駕駛者對警示系統排斥而不用，使警示系統未能達到效果。至於車輛煞停後與前車保持之靜止車間距離設定一般均設定大於 0，如此在理想狀況下雖然不致有因設定而產生危險狀況，但是若靜止車間距離與一般駕駛行為差距太大，仍有可能造成警示過早或太慢，而與駕駛者心理適應產生衝擊，從而降低對警示系統的接受度。因此，合理的反應時間、煞車減速率與靜止車間距離參數值，往往是決定縱向防撞警示系統合適可用與否的關鍵因素。然而目前許多縱向防撞警示公式在應用時，後車之感知反應時間、煞車減速率與靜止車間距離均是以固定值代入，導致所提供的警示距離無法因應不同的駕駛者特性而有所調整，造成上述之參數設定過於積極或保守的狀況。因此建立適當的參數範圍，乃至演算法則，使其符合真正的駕駛反應行為，確實為現況縱向防撞警示系統發展的重要課題。

針對大客車縱向防撞警示公式參數適應性及合理化之分析處理，國內相關研究[1, 2]已初步透過大客車駕駛模擬器之高速公路平直路段實驗場景設計與職業駕駛者受測實驗，擷取煞車反應之感知反應時間、煞車減速率及靜止車間距離三個參數的數值範圍，並應用模糊理論之等腰三角形隸屬度函數與 BADD 法之解模糊化，將感知反應時間、煞車減速率及靜止車間距離的實驗資料數值範圍設定成高、中、低安全隸屬度，進行參數模糊化之分析推導與模糊警示距離之解模糊化，建立 27 種不同安全度參數組合之警示距

離公式。該警示距離公式之應用，是由駕駛者自行選定適合之參數安全層級，並透過三參數不同組合之縱向防撞警示公式作為警示距離推算的基準，在前車速率、前車減速率、後車速率與兩車實際間隔距離由偵測而得的條件下，當判斷兩車實際間隔距離小於等於所計算之警示距離，則警示駕駛者；該研究並提供簡單的警示公式調整回饋機制，當警示駕駛者而駕駛者未回應時，則可透過回饋機制選用不同的防撞警示公式；惟相關研究中對於參數之安全隸屬度函數訂定仍有必要進一步分析探討，使隸屬度函數更符合駕駛者的感覺；此外，若能將整個警示參數的建立邏輯，透過電腦程式的開發，建立一套大客車縱向防撞警示系統程式的開發平台，從大客車駕駛模擬的實驗資料原始參數輸入，經由安全隸屬度函數的分類、產製，以及縱向防撞警示基本公式的選擇，到模糊縱向防撞警示公式的產生，最後則搭配警示法則與自適性回饋機制，產製縱向防撞警示系統應用程式，則可提升整個大客車縱向防撞警示公式的應用性與發展性，並能作為後續相關研究單位與實務單位開發引用的基礎。

二、研究目的

本研究主要目的為建立一大客車縱向防撞警示系統程式開發平台，提供作為大客車駕駛模擬資料儲存、處理、分析，以及建立模糊縱向防撞警示公式與自適性模糊化縱向防撞警示系統應用程式的軟體工具，並可作為國內發展先進安全大客車縱向防撞警示系統的分析基礎與學習平台。平台中各模組建置的具體目的分別說明如下：

- (1) 參數管理模組建置之目的，主要在於從實驗資料庫中，擷取、處理、分析每一位受測駕駛者之感知反應時間、煞車減速率、靜止車間距離等參數資料，並加以儲存成參數資料庫，提供作為縱向防撞警示分析或其他大客車駕駛行為特性分析的基礎。

- (2) 參數安全隸屬度模組建置之目的，主要在於依據不同的安全隸屬度函數選取(如三角形、梯形、常態分布等)，或經由模糊推論方法的選取，建立各參數之安全隸屬度函數，以及相關的參數模糊數範圍。
- (3) 縱向防撞警示基本公式模組建置之目的，主要在於經由偵測系統可偵測之資料項目選定(如前車車速、前車減速率、後車車速等)，提供適用的縱向防撞警示基本公式以供選擇。
- (4) 模糊縱向防撞警示公式模組建置之目的，主要在於整合參數之安全隸屬度函數與縱向防撞警示基本公式，透過模糊運算推論與解模糊化的過程，建立各種不同安全隸屬度之參數組合的模糊化縱向防撞警示公式。
- (5) 自適性模糊化縱向防撞警示系統模組建置之目的，主要在於搭配不同的警示法則，以及自適性回饋機制，建立具有自我調整警示距離公式能力的大客車縱向防撞警示系統應用程式，作為未來實體系統開發的基礎。

三、文獻探討

縱向防撞警示系統判斷的主要依據，即為縱向防撞警示演算法則，透過防撞警示距離之推算，當兩車實際間距(Spacing)等於或小於所推算之警示距離時，即給予警示提醒駕駛者減速以確保適當安全的間距。縱向防撞警示演算法則之警示距離演算公式以往多以交通工程之安全停車視距(Stop Sight Distance)的觀念為基礎而發展，而由於車輛行進中，後車駕駛人、車之行為反應與前車駕駛人、車之行為反應均有所不同，且所遇到之環境狀況亦有所不同，故煞車減速變化即有所不同，再加上警示系統顯示之方式不同，乃衍生出應用於各種不同狀況的演算公式與法則。在縱向防撞警示法則分析方面，張建彥等[3]整理評析目前所發展之各項縱向防撞警示法則之特性，並探討跟車間距上

限、感知反應時間、煞車減速率、靜止車間距離等四項參數的一般駕駛參數值範圍，最後則以標準駕駛者警示公式與靠近車間距離公式為例，透過數值分析檢討感知反應時間、煞車減速率、靜止車間距三項參數對縱向防撞警示門檻距離的影響程度，而在前車減速率 0.55g、前車及後車車速均為 100 公里/小時的假設下，不同參數組合所得之警示距離門檻最大差距可達 300 公尺以上，顯示參數設定值對於警示距離門檻具有相當大的影響。

至於駕駛模擬器之應用方面，國內以往大多以大學相關科系之研究發展為主，研究領域涵蓋機械工程、人因工程、交通工程等各方面，其中在交通運輸領域方面，何志宏、魏健宏、林佐鼎等人投入相當多的研究[4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]於駕駛模擬器之建置與應用，研究的內容以車流理論、交通工程設施、智慧型運輸系統為主；近年來雲林科技大學[15]亦建置駕駛模擬器進行不同動態交通下駕駛行為模式之建立與分析。而政府單位建置駕駛模擬器，則以交通部運輸研究所近年所進行之六軸運動平台駕駛模擬器為代表[16, 17, 18, 19, 20, 21]。而大客車駕駛模擬器之研究，則有張靖、陳昭華、蘇昭銘、陳菀蕙、張建彥等人進行中華大學大客車駕駛模擬器之建置，並加以應用於先進安全大客車行車安全參數與駕駛者使用介面之設計與評估，並有多項研究發表[1-3, 22-29]。

從駕駛模擬器跟車場景之模擬實驗過程中，可蒐集完整的感知反應時間、煞車減速率、靜止車間距離等參數變化資料，因此，張建彥等[26]利用實驗資料，分析大客車跟車駕駛反應時間與車間距離的關係，深入探討感知反應時間隨車間距離改變而變化的狀況，並推論 120 公尺為車間距離明顯影響感知反應時間的門檻值；而張建彥等[1, 2]有關大客車縱向防撞警示系統演算法則建立之研究，則利用實驗所得之感知反應時間、煞車減速率與靜止車間距離的數值範圍，結

合模糊理論之應用，建立參數的安全隸屬度函數，提出適用的大客車縱向防撞警示法則，建立 27 種安全等級之警示距離門檻公式及相關法則。

大致上，國內有關大客車縱向防撞警示系統的研發尚屬初步階段，其中在結合大客車駕駛模擬器實驗與警示距離公式參數模糊化分析，據以建立較具彈性實用的縱向防撞警示公式與法則部分，已獲初步良好的研究成果。事實上，結合大客車駕駛模擬器實驗來建立相關的大客車防撞警示系統，在國外亦有相關的研究可供參考，例如美國加州 PATH 計畫小組在進行整合性防撞警示系統 (Integrated Collision Warning System) 之開發時[30]，即建置大客車駕駛模擬器來進行相關的模擬實驗。由於駕駛模擬器具有低成本、高安全與可設定情境重複性實驗的特性，因此結合大客車駕駛模擬實驗來開發先進安全大客車防撞警示系統，確實為一相當可行的研究方向。而結合模糊理論為近年來跟車行為模式發展的重要趨勢，由於駕駛者在跟車狀況下對安全駕駛的認知，事實上即是一模糊的語意概念，因此模糊理論在模式假設上頗能契合真正駕駛行為之反應，而在解釋上亦較為合理。目前應用模糊理論建立大客車縱向防撞警示演算公式與法則方面，已有初步研究成果，因此，若能進一步將大客車駕駛模擬的實驗資料由原始參數輸入，經由安全隸屬度函數的分類、產製，以及縱向防撞警示基本公式的選擇，到模糊縱向防撞警示公式的產生，再搭配警示法則與自適性回饋機制，產製縱向防撞警示系統應用程式的一系列過程加以模組化，建立大客車縱向防撞警示系統程式的開發平台，使相關之系統開發者與使用者，均能清楚地了解如何將大客車駕駛模擬實驗之資料與模擬理論、大客車駕駛者特性結合，以及縱向防撞警示程式開發之過程，則對於國內未來大客車縱向防撞警示系統之開發與應用，應有相當之助益。

四、研究方法

本研究主要的方法包括大客車跟車駕駛模擬實驗、模糊理論於參數安全隸屬度函數分析、大客車駕駛者焦點團體討論、VB.NET 程式平台之開發四大部分，分別說明如後。

(一)大客車跟車駕駛模擬實驗

本研究以張建彥等[22]所設計之高速公路平直路段跟車情況下緊急煞車模擬情境為主，整合既有與補充實驗之大客車跟車駕駛煞車刺激反應之完整實驗資料 35 筆，據以建立緊急煞車參數之模糊推論規則表與大客車縱向防撞警示公式；另外於民國 96 年 6 月期間，召募 10 位大客車駕駛者進行實驗，取得 20 筆有效的緊急煞車資料，作為緊急煞車參數之模糊推論規則的驗證資料。

(二)模糊理論於參數安全隸屬度函數分析

本研究所建立之模糊系統分析架構如圖 4-1 所示。



圖 4-1 模糊系統分析架構圖

在模糊化過程中隸屬度函數之建立是相當重要的過程，常見的模糊化方法有：直覺法、排序法。而高志仁[31]提出以圓周角分割的方式來決定隸屬度函數，另外也有學者提出人工智慧的方法來建立隸屬度函數。一般來說，最常見的方法是直覺法，也就是透過語意的描述以及問題的前後關係，建立隸屬度函數。常見的函數圖形有：三角形函數、梯形函數、高斯函數。本研究蒐集大客車駕駛模擬器之模擬實驗所得之資料，整理影響

煞車行為之重要參數資料，根據資料分布情況作為模糊系統之輸入值，煞車行為模式之分析流程如圖 4-2 所示[32, 33]。

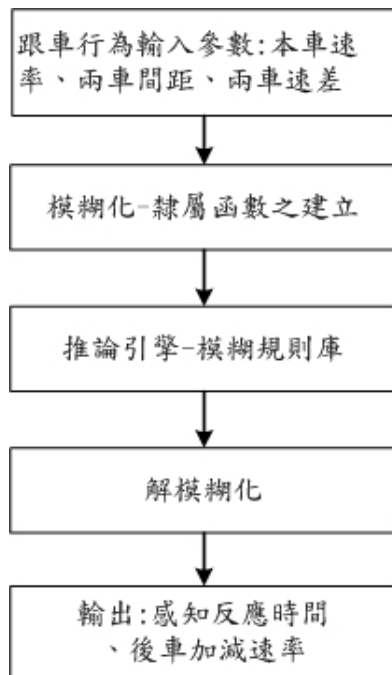


圖 4-2 緊急煞車行為模式分析流程圖

另外，在模糊推論模式之驗證部分，本研究則是利用統計方法之成對 T 檢定來檢定模式推論值與實際實驗值是否有顯著差異，若有顯著差異，則再透過校正參數之分析來加以修正推論值。

(三)大客車駕駛者焦點團體討論

在大客車駕駛實驗結束後，詢問受測者對於各項先進警示系統的偏好與意見，尤其是在警示系統回饋機制部分，討論其駕駛習慣中，同樣警示距離公式所推算之警示訊息若不符其意願時，其所能容忍該訊息重複出現的次數。

(四)VB.NET程式平台之開發

本研究擬利用物件導向之程式語言 VB.NET 2005 為工具，並結合資料庫軟體 ACCESS，設計大客車縱向防撞警示系統程式的開發平台，整個平台共分為參數管理模組、參數安全隸屬度模組、縱向防撞警示基本公式模組、模糊縱向防撞警示公式模組、自適性模糊化縱向防撞警示系統模組等五個基本模組。

五、結果與討論

5.1 大客車跟車駕駛之緊急煞車推論模式

(一)模式建立

針對緊急煞車輸入參數進行模糊化，因為緊急煞車資料筆數僅 35 筆，故先以三角形模糊數將參數劃分為小、稍小、適中、稍大與大等五種程度的隸屬度。各分類的參數隸屬程度範圍說明如下：

1. 本車速率(公里/小時)：範圍為 75~110，車速 75~84.59 屬於車速小，其中在 75~77.22 時隸屬度均為 1，77.22~84.59 時隸屬度由 1 遞減到 0；車速稍小為 77.22~91.96，其中在 77.22~84.59 時隸屬度由 0 遞增到 1，84.59~91.96 時隸屬度由 1 遞減到 0；車速適中為 84.59~99.33，其中在 84.59~91.96 時隸屬度由 0 遞增到 1，91.96~99.33 時隸屬度由 1 遞減到 0；車速稍大為 91.96~106.7，其中在 91.96~99.33 時隸屬度由 0 遞增到 1，99.33~106.7 時隸屬度由 1 遞減到 0；車速 99.33~110 屬於車速大，其中在 99.33~106.7 時隸屬度由 0 遞增到 1，106.7~110 時隸屬度均為 1。
2. 兩車速差(公里/小時；後車減前車)：範圍為-15~20，速差-15~-4.62 屬於前車較快，其中在-15~-11.87 時隸屬度為 1，-11.87~-4.62 時隸屬度由 1 遞減到 0；前車稍快為速差界於-11.87~2.63，其中在-11.87~-4.62 時隸屬度由 0 遞增到 1，-4.62~2.63 時隸屬度由 1 遞減到 0；速差適中為-4.62~9.88，其中在-4.62~2.63 時隸屬度由 0 遞增到 1，2.63~9.88 時隸屬度由 1 遞減到 0；後車稍快為速差界於 2.63~17.13，其中在 2.63~9.88 時隸屬度由 0 遞增到 1，9.88~17.13 時隸屬度由 1 遞減到 0；速差 9.88~20 屬於後車較快，其中在 9.88~17.13 時隸屬度由 0 遞增到 1，17.13~20 時隸屬度為 1。
3. 兩車間距(公尺)：範圍為 15~220，間距 15~67.2925 屬於間距小，其中在 15~16.97 時隸屬度為 1，16.97~67.2925 時隸屬度由

1 遞減到 0；間距稍小為 16.97~117.615，其中在 16.97~67.2925 時隸屬度由 0 遞增到 1，67.2925~117.615 時隸屬度由 1 遞減到 0；間距適中為 67.2925~167.9375，其中在 67.2925~117.615 時隸屬度由 0 遞增到 1，117.615~167.9375 時隸屬度由 1 遞減到 0；間距稍大為 117.615~218.27(公尺)，在 117.615~167.9375 時隸屬度由 0 遞增到 1，167.9375~218.27 時隸屬度由 1 遞減到 0；間距 167.9375~220 屬於間距大，其中在 167.9375~218.27 時隸屬度由 0 遞增到 1，218.27~220 時隸屬度為 1。

緊急煞車行為輸出變數部分，說明如下：

1. 感知反應時間(秒)：範圍為 0~4，感知反應時間 0~1.3475 屬於反應時間小，其中在 0~0.72 時隸屬度均為 1，0.72~1.3475 時隸屬度由 1 遞減到 0；感知反應時間稍小為 0.72~1.975，其中在 0.72~1.3475 時隸屬度由 0 遞增到 1，1.3475~1.975 時隸屬度由 1 遞減到 0；感知反應時間適中為 1.3475~2.6025，其中在 1.3475~1.975 時隸屬度由 0 遞增到 1，1.975~2.6025 時隸屬度由 1 遞減到 0；感知反應時間稍大為 1.975~3.23，其中在 1.975~2.6025 時隸屬度由 0 遞增到 1，2.6025~3.23 時隸屬度由 1 遞減到 0；感知反應時間 2.6025~4 屬於反應時間大，其中在 2.6025~3.23 時隸屬度由 0 遞增到 1，3.23~4 時隸屬度均為 1。
2. 加速率(公尺/秒²)：範圍為 0~-10，減速率 -2.5675~0 屬於減速程度小，其中在 -0.74~0 時隸屬度均為 1，-2.5675~-0.74 時隸屬度由 0 遞增到 1；減速程度稍小為 -4.395~-0.74，其中在 -4.395~-2.5675 時隸屬度由 0 遞增到 1，-2.5675~-0.74 時隸屬度由 1 遞減到 0；減速程度適中為 -6.2225~-2.5675，其中在 -6.2225~-4.395 時隸屬度由 0 遞增到 1，-4.395~-2.5675 時隸屬度由 1 遞減到 0；減速程度稍大為 -8.05~-4.395，其中在 -8.05~-6.2225 時隸屬度由 0 遞增到 1，-6.2225~-4.395 時隸屬度由 1 遞減到 0；

減速率 -10~-6.2225 屬於減速程度大，其中在 -10~-8.05 時隸屬度均為 1，-8.05~-6.2225 時隸屬度由 1 遞減到 0。

在推論規則庫部分，加速率推論之原則為相同間距程度下隨著後車車速越大減速程度會越大也就是減速程度越緊急；相同後車車速之下速差為負時表示前車車速較快，隨著速差變為正值表示後車較快，減速的程度也會較緊急；另外在間距上隨著間距的增加減速的程度就較不緊急。另外，感知反應時間推論之原則為相同間距程度下隨著車速越大感知反應時間越短，也就是反應越快；相同車速之下速差為負時表示前車車速較快，隨著速差變為正值表示後車較快，感知反應時間的長短也會較短；另外在間距上隨著間距的增加感知反應時間就會較長。依此原則，本研究分別建立加速率與感知反應時間各 125 個推論規則。

在解模糊化部分，本研究利用數學軟體 MATLAB 6.1 版中之模糊邏輯工具箱(Fuzzy Logic Toolbox)進行處理，其中解模糊化模式為 Mamdani 所提出之最大-最小推論模式，也就是「最大最小合成及模糊蘊涵」方法，經過模糊推論後產生語意式的結論，再經過解模糊化(重心法)後轉換成明確的值。

(二)模式確認

由於輸入參數與輸出參數之安全隸屬度與推論規則均為經驗判斷，因此本研究利用統計方法進行模式之確認分析，分析方式乃是將 35 筆實驗資料之本車速率、兩車速差、兩車間距代入推論模式中，將推論所得出之感知反應時間及加速率，與實驗所得之反應時間及加速率，進行成對樣本 T 檢定分析，以確認二者是否有顯著差異。檢定結果分別如表 5.1 及表 5.2 所示。由表中可知，顯著性 P 值均大於一般設定之顯著水準 0.05，因此，可以確認模式推論後之輸出值與實驗值並無顯著差異，表示模式建構尚稱合理。

表 5.1 感知反應時間確認之成對樣本檢定表

	成對樣本變數差異		t	自由度	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差			
實驗值- 模式值	-0.2786	0.9390	-1.755	34	0.088

表 5.2 加速率確認之成對樣本檢定表

	成對樣本變數差異		t	自由度	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差			
實驗值- 模式值	0.6451	2.0822	1.833	34	0.076

(三) 模式驗證

在模式驗證部分，本研究將另外 10 位大客車駕駛者(民國 96 年 6 月進行實驗)之 20 筆有效樣本，代入模式加以推論，進行推論值與新的實驗值之成對樣本 T 檢定。檢定結果分別如表 5.3 及表 5.4 所示。由表中可知，顯著性 P 值均大於一般設定之顯著水準 0.05，因此，模式驗證後顯示推論之輸出值與實驗值並無顯著差異，表示模式具有相當的合理性。

表 5.3 感知反應時間驗證之成對樣本檢定表

	成對樣本變數差異		t	自由度	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差			
實驗值- 模式值	0.1405	1.0710	0.587	19	0.564

表 5.4 加速率驗證之成對樣本檢定表

	成對樣本變數差異		t	自由度	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差			
實驗值- 模式值	0.6170	1.4118	1.954	19	0.066

5.2 大客車縱向防撞警示公式之參數建立

由前述之模式確認與驗證可知，三角形安全隸屬函數仍有相當之準確性，因此本研究以標準駕駛者警示公式為基礎，將參數加以模糊化，並建立新的參數範圍，基本公式如式(1)所示，不同安全等級之縱向防撞警示公式參數組合，如表 5.5 所示。將表中之參數值帶入式(1)，即可得到對應之縱向防撞警示門檻公式。

$$R_i = \frac{(\dot{r} + v_F)^2}{2a_L} - \frac{v_F^2}{2a_{FB}} + RT_A \cdot v_F + B_C \quad (1)$$

其中，

R_i ：模糊化之警示距離，單位為公尺。

\dot{r} ：兩車速差($\dot{r} = v_L - v_F$)，單位為公尺/秒。

v_F ：後車速率，單位為公尺/秒。

v_L ：前車速率，單位為公尺/秒。

a_L ：前車煞車減速率(取負值、負值愈高代表減速率愈大)，單位為公尺/秒²。

a_{FB} ：模糊化之後車煞車減速率(取負值、負值愈高代表減速率愈大)，單位為公尺/秒²。

RT_A ：模糊化之後車駕駛者感知反應時間，單位為秒。

B_C ：模糊化之兩車靜止間距，單位為公尺。

表 5.5 警示距離門檻參數(RT_A, a_{FB}, B_C)數值表

a_{FB}	B_C	RT_A		
		低安全	中安全	高安全
低安 全	低安全	(1.3475,-6.223,4.5)	(1.975,-6.223,4.5)	(2.6025,-6.223,4.5)
	中安全	(1.3475,-6.223,7)	(1.975,-6.223,7)	(2.6025,-6.223,7)
	高安全	(1.3475,-6.223,9.5)	(1.975,-6.223,9.5)	(2.6025,-6.223,9.5)
中安 全	低安全	(1.3475,-4.395,4.5)	(1.975,-4.395,4.5)	(2.6025,-4.395,4.5)
	中安全	(1.3475,-4.395,7)	(1.975,-4.395,7)	(2.6025,-4.395,7)
	高安全	(1.3475,-4.395,9.5)	(1.975,-4.395,9.5)	(2.6025,-4.395,9.5)
高安 全	低安全	(1.3475,-2.568,4.5)	(1.975,-2.568,4.5)	(2.6025,-2.568,4.5)
	中安全	(1.3475,-2.568,7)	(1.975,-2.568,7)	(2.6025,-2.568,7)
	高安全	(1.3475,-2.568,9.5)	(1.975,-2.568,9.5)	(2.6025,-2.568,9.5)

5.3 大客車縱向防撞警示法則

依據大客車駕駛實驗之受測者對於各項先進警示系統的偏好與意見，本研究仍維持與相關研究[26, 27]相同之警示條件。至於回饋機制則修正為：(1)假設駕駛者選取三參數均為高安全，則依據表 5.6 可知屬於群組 1；(2)當駕駛者連續三次警示均未反應時，則警示系統選取同一群組中警示距離公式之安全性次於前述者；(3)若駕駛者再一次於連續三次警示均未反應時，則跳至下一群組 2 中，警示距離公式之安全性最高者。依此類推，從駕駛者自行選取參數組合開始，每一群組各有兩個公式可以應用三次之機會，一直到駕駛者適用為止。若最後一次回饋之警示公式連續三次警示而駕駛者仍未反應，則警示公式直接採用三參數均為低安全者。

表 5.6 警示距離參數之安全度分級表

a_{FB}	B_C	RT_A		
		低安全	中安全	高安全
低安全	低安全	3	3	3
	中安全	3	3	3
	高安全	3	3	3
中安全	低安全	3	3	2
	中安全	3	2	2
	高安全	3	2	2
高安全	低安全	1	1	1
	中安全	1	1	1
	高安全	1	1	1

5.4 大客車縱向防撞警示公式開發平台

利用物件導向之程式語言 VB.NET 2005 所撰寫之大客車縱向防撞警示公式程式開發平台，其主視窗如圖 5-1 所示。



圖 5-1 警示公式開發平台主視窗圖

主視窗下共分為系統作業、防撞警示、蒙地卡羅模擬等三個功能模組，其中系統作業模組的主要功能為程式使用者之密碼管理、權限設定，以及各項資料表之管理(包括系統作業、防撞警示、蒙地卡羅模擬相關資料之產生或刪除)；防撞警示模組即為大客車之模糊化縱向防撞警示公式開發模組，該模組包括 7 個視窗，各視窗與參數管理、參數安全隸屬度、縱向防撞警示基本公式、模糊縱向防撞警示公式、自適性模糊化縱向防撞警示系統等五大模組功能之關係說明如下：

- (一) 模擬資料匯入視窗：為原始資料參數管理模組之駕駛模擬資料匯入。
- (二) 警示公式參數資料擷取視窗：為原始資料參數管理模組之警示公式參數擷取。
- (三) 模擬資料動畫模擬視窗：為原始資料參數

管理模組之駕駛模擬資料動畫模擬，亦即將每位受測者的跟車駕駛模擬過程，以微觀車流模擬之方式加以動畫展現。

- (四) 安全隸屬度模組視窗：即為參數安全隸屬度模組。
- (五) 縱向防撞警示公式視窗：包括縱向防撞警示基本公式與模糊縱向防撞警示公式之產製兩大模組。
- (六) 警示參數調整視窗：為自適性模糊化縱向防撞警示系統模組之參數值調整分析。
- (七) 駕駛員警示等級設定視窗：為自適性模糊化縱向防撞警示系統模組之駕駛員警示等級分析，程式可依據受測駕駛員之駕駛特性，建議其適用的縱向防撞警示公式與參數組合。

圖 5-2 與圖 5-3 即為縱向防撞警示公式視窗與駕駛員等級設定視窗之操作結果圖。



圖 5-2 縱向防撞警示公式視窗圖



圖 5-3 駕駛員等級設定視窗圖

至於蒙地卡羅模擬視窗，則是將駕駛模擬之資料加以機率化，並以蒙地卡羅模擬(Monte Carlo Simulation)的方式呈現，建立一般化的大客車駕駛車速分配與跟車間距分配，可作為大客車駕駛者安全跟車間距分析與車流模擬程式構建之基礎。圖 5-4 即為依據所有的大客車駕駛模擬資料，所進行的蒙地卡羅模擬分析結果，圖中藍色柱狀線表示實際實驗值，紅色柱狀線表示蒙地卡羅模擬值；圖中上方柱狀圖為本車車速之次數分配，下方柱狀圖為本車速率在 85~90 公里/小時之跟車間距次數分配。



圖 5-4 蒙地卡羅模擬視窗圖

5.5 綜合討論

大客車縱向防撞警示系統之研究，必須納入駕駛者心理行為反應之人因考量，其中警示距離公式中的駕駛者感知反應時間、煞車減速率、煞車停止後的靜止車間距離等參數，均會因不同駕駛者心理行為屬性而有所不同，導致駕駛者所須的警示距離公式亦有所不同，故不同的駕駛者應有不同的參數值適用組合。同樣的一組參數值對積極駕駛者與保守駕駛者所產生的結果可能迥然不同，對積極駕駛者而言，參數值可能過於保守，使得警示頻率過高造成對駕駛者干擾太大；對保守駕駛者而言，參數值可能又過於冒險，導致警示太晚造成對駕駛者安全危害。因此，本研究透過大客車駕駛模擬器模擬實驗所得的資料，建立模糊化的縱向防撞警示距離公式，並開發具有自我調整回饋邏輯的應用系統程式，對於國內有關大客車縱向防撞警示系統之發展與應用，應具有相當的參

考價值。至於本研究所建立之大客車縱向防撞警示系統程式開發平台，除了可將系統分析的過程加以程式模組化，提升有效警示公式產製之效率外，並可幫助初次接觸防撞警示系統之研習者了解系統開發的各階段分析過程，作為先進安全車輛或模糊理論應用課程的教材，或相關課題研習的應用工具。

在未來發展方面，本研究之相關程式邏輯可透過實體雛形(Prototype)開發的方式，進行警示系統之實作，並以國道客運大客車駕駛者為對象，進行實測，以擴大本研究之應用範圍。

六、參考文獻

- 1.張建彥，周盈如，「模糊理論應用於大客車縱向防撞警示距離建立之分析」，2005年海峽兩岸智能交通運輸系統學術研討會暨第二屆同舟交通論壇，同濟大學出版社，ISBN 7-5608-3137-0，中國上海市，第745~754頁，2005年8月。
- 2.張建彥，林志勇，周盈如，「大客車縱向防撞警示法則參數模糊化之建立與應用」，中華民國運輸學會第二十屆學術論文研討會論文集，ISBN 986-80002-6-2，第二冊，中華民國運輸學會，台灣台北市，第661~682頁，民國94年11月。(NSC93-2218-E-216-014)
- 3.張建彥，張靖，「縱向防撞警示系統演算法則之參數數值分析」，交通學報，第五卷，第一期，第1~34頁，民國94年10月。(NSC93-2218-E-216-014)
- 4.張劭卿，「汽車駕駛模擬系統之行車動態影像製作之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國84年6月。
- 5.林鄉鎮，「高速公路小汽車駕駛者跟車行為之研究—以虛擬實境(VR)技術所建構之駕駛模擬系統為工具」，成功大學交通管理科學研究所博士論文，民國86年6月。
- 6.蘇昭彰，「利用小汽車駕駛模擬器從事駕車行為實驗中有關受測駕車者行為之驗證」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國88年6月。

- 7.郭信義，「利用小汽車駕駛模擬器從事駕車行為研究中有關道路環境之驗證分析」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。
- 8.張劭卿，「固定基底型小汽車駕駛模擬系統開發之驗證研究」，成功大學交通管理科學研究所博士論文，民國 88 年 10 月。
- 9.羅俊煌，「應用汽車駕駛模擬系統從事易肇事路點之交通工程改善方案評估研究—以中山高速公路高雄終端為例」，成功大學交通管理科學研究所博士論文，民國 89 年 7 月。
- 10.施秉男，「利用固定基底式駕駛模擬系統及 FRESIM 車流模式環境建構本土化車流模式之研究---以台北市建國快速道路為例」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 91 年 6 月。
- 11.魏健宏，謝昀霖，「應用實驗設計理論探討駕駛分心因素之影響」，中華民國運輸學會第二十屆學術論文研討會論文集，ISBN 986-80002-6-2，第二冊，中華民國運輸學會，台灣台北市，第 725~742 頁，民國 94 年 11 月。
- 12.魏健宏，陳逸勳，「應用駕駛模擬系統探討號誌時相轉換下路口追撞之風險」，95 年道路交通安全與執法研討會論文集，中央警察大學，台灣桃園縣，第 267~282 頁，民國 95 年 9 月。
- 13.魏健宏，林佐鼎，陳承邦，「ACC 系統應用於高速公路追撞事故預防之績效評估」，95 年道路交通安全與執法研討會論文集，中央警察大學，台灣桃園縣，第 283~298 頁，民國 95 年 9 月。
- 14.魏健宏，陳逸勳，「時相轉換下路口追撞事故特性與影響因素探討」，中華民國運輸學會第二十一屆學術論文研討會論文集，ISBN 986-80002-9-7，第二冊，中華民國運輸學會，台灣新竹市，第 762~779 頁，民國 95 年 12 月。
- 15.何晉亨，「不同動態交通下駕駛行為模式之建立與分析」，雲林科技大學工業工程與管理碩士班碩士論文，民國 93 年 6 月。
- 16.董基良等人，「用路人駕駛模擬器軟硬體之規劃研究」，交通部運輸研究所報告，民國 87 年 7 月。
- 17.鄭銘章等人，「駕駛模擬器建置與應用之規劃研究第一階段」，交通部運輸研究所報告，民國 88 年。
- 18.鄭銘章等人，「駕駛模擬器建置與應用之規劃研究第二階段」，交通部運輸研究所報告，民國 89 年。
- 19.鄭銘章等人，「駕駛模擬器視覺系統之整體規劃研究」，交通部運輸研究所報告，民國 90 年。
- 20.魏健宏等人，「駕駛模擬應用於發展智慧型運輸系統以及道路交通安全研究之規劃設計與實例研究」，交通部運輸研究所報告，民國 92 年 4 月。
- 21.黃俊仁等，「汽車駕駛模擬系統軟硬體之擴充與測試駕駛行為實例應用之研究」，交通部運輸研究所報告，民國 94 年 3 月。
- 22.張建彥，張靖，林靜芬，曾雅瑜，「大客車心理物理行為門檻模式之駕駛模擬器場景建置」，中華管理學報，第六卷，第一期，第 119~140 頁，民國 94 年 3 月。(NSC93-2218-E-216-014)
- 23.張建彥，張靖，許峻嘉，曾雅瑜，「大客車跟車駕駛刺激反應行為之模擬與分析」，中華民國運輸學會第二十屆論文研討會論文集，中華民國運輸學會，台灣台北市，民國 94 年 11 月。(收錄於光碟論文集)(NSC93-2218-E-216-014)
- 24.張靖，張建彥，許峻嘉，林靜芬，「應用駕駛模擬器建立大客車跟車行為門檻模式之分析」，中華民國運輸學會第二十屆學術論文研討會論文集，ISBN 986-80002-6-2，第三冊，中華民國運輸學會，台灣台北市，第 763~786 頁，民國 94 年 11 月。(NSC93-2218-E-216-014)

- 25.張建彥，魏智浩，「三車互動情境下大客車跟車駕駛行為之模擬分析」，中華民國運輸學會第二十一屆學術論文研討會論文集，ISBN 986-80002-9-7，第三冊，中華民國運輸學會，第 820~837 頁，民國 95 年 12 月。(NSC94-2218-E-216-010)
- 26.張建彥，張靖，魏智浩，「高速公路大客車跟車駕駛反應時間與車間距離關係之模擬與分析」，運輸學刊，第十八卷，第二期，第 161~182 頁，民國 95 年 6 月。(TSSCI) (NSC93-2218-E-216-014)
- 27.張建彥，曾雅瑜，「高速公路大客車跟車刺激一反應行為模式之建立」，中華管理學報，第七卷，第三期，第 93~109 頁，民國 95 年 9 月。(NSC93-2218-E-216-014)
- 28.陳昭華，林志勇，林玉潔，「應用大客車駕駛模擬器建置大客車變換車道安全間距模式」，中華民國運輸學會，台灣台北市，民國 94 年 11 月。(收錄於論文集)
- 29.陳昭華，林玉潔，「大客車變換車道安全間距之分析與探討」，2005 年海峽兩岸智能交通運輸系統學術研討會暨第二屆同舟交通論壇，中國上海市，2005 年 8 月。
- 30.University of California PATH, Carnegie Mellon University Robotics Institute, "Integrated Collision Warning System Final Technical Report," U.S. Department of Transportation, Federal Transit Administration, March 2004.
- 31.高志仁，「使用演化式格狀分割方式設計精確與精簡的模糊規則分類器」，逢甲大學資訊工程學系碩士班論文，民國 92 年。
- 32.游逸倫，「應用模糊理論於大客車跟車行為及緊急煞車行為之研究」，中華大學運輸科技與物流管理學系碩士論文，民國 96 年 8 月。(NSC95-2221-E-216-052)
- 33.張建彥，游逸倫，「應用駕駛模擬器與模糊理論於大客車駕駛行為之分析」，2007 全國計算機會議(論文投稿審查中)。(NSC95-2221-E-216-052)

七、計畫成果自評

計畫成果自評部份，請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

項目	自評
研究內容與原計畫相符程度	相符程度達 95%。
達成預期目標情況	達成度 100%。
研究成果之學術或應用價值	具有智慧型運輸系統先進安全大客車 (Advanced Safety Bus, ASB) 發展之學術與應用價值。
是否適合在學術期刊發表	是。
主要發現或其他有關價值等	其他有關價值： 1.整合駕駛模擬器資料與縱向防撞警示系統之相關參數分析程序，開發一系統程式產製平台。 2.大客車縱向防撞警示系統程式開發平台將系統分析的過程加以程式模組化，可幫助初次接觸防撞警示系統之研習者了解系統開發的各階段分析過程，並可作為先進安全車輛或模糊理論應用課程的教材工具。 3.具有與世界上其他從事車輛縱向防撞警示研發技術同步接軌的前瞻性。

八、附件

若該計畫已有論文發表者，可以 A4 紙影印，作為成果報告內容或附錄，並請註明發表刊物名稱、卷期及出版日期。

若有與執行本計畫相關之著作、專利、技術報告、或學生畢業論文等，請在參考文獻內註明之，俾可供進一步查考。

可供推廣之研發成果資料表：凡研究性質屬**應用研究及技術發展**之計畫，請依本會提供之表格（如附件二），每項研發成果填寫一份。

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：96年10月21日

國科會補助計畫	計畫名稱：大客車自適性模糊化縱向防撞警示系統程式開發平台建立之研究 計畫主持人：張建彥 計畫編號：NSC 95-2221-E-216-052 學門領域：土木工程
技術/創作名稱	大客車縱向防撞警示系統程式開發平台
發明人/創作人	張建彥
技術說明	<p>中文：</p> <p>本研究利用大客車駕駛模擬器之實驗資料，結合模糊理論之應用，分析各參數之安全隸屬度函數，並依據參數模糊化縱向防撞警示系統建立之邏輯架構，建立一大客車縱向防撞警示系統程式開發平台，平台中包括參數管理模組、參數安全隸屬度模組、縱向防撞警示基本公式模組、模糊縱向防撞警示公式模組、自適性模糊化縱向防撞警示系統模組等五大模組，提供作為大客車駕駛模擬資料儲存、處理、分析，模糊縱向防撞警示公式建立，以及可依大客車駕駛者接受程度自我調整適應的自適性模糊化縱向防撞警示系統應用程式開發的軟體工具，並可作為國內發展先進安全大客車縱向防撞警示系統的分析基礎與學習平台。</p> <p>英文：</p> <p>This study analyzed each parameter safety membership function by utilizing fuzzy theory to the experimental data from bus driving simulator. By a parameters analysis framework of the RCAWS, a program platform of the bus RCAWS development was developed. This platform which provides a software tool to store, process, analyze bus driving simulation data and develop fuzzy forward collision warning equations or adaptive RCAWS equations with rules includes five modules: the parameter management module, the parameter safety membership function module, the forward collision warning equation module, the fuzzy RCAWS equation module, and the adaptive fuzzy RCAWS module. The developed platform can also be a useful analysis and learning platform to develop the advanced safety bus RCAWS.</p>
可利用之產業及可開發之產品	<ol style="list-style-type: none"> 1.大客車縱向防撞警示系統程式開發平台 2.大客車縱向防撞警示系統
技術特點	<ol style="list-style-type: none"> 1.整合駕駛模擬器資料之大客車縱向防撞警示系統程式自動產製 2.具有駕駛者回饋之縱向防撞警示法則
推廣及運用的價值	<ol style="list-style-type: none"> 1.大客車縱向防撞警示系統程式開發平台可作為先進安全大客車發展及應用的基礎。

※ 1.每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2.本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3.本表若不敷使用，請自行影印使用。