

國立交通大學

資訊科學與工程研究所

碩士論文

多視角車牌影像融合技術之評估



Evaluation of the Fusion of Multi-View License Plate Images

研究生：張正佳

指導教授：莊仁輝 教授

中華民國九十五年一月

多視角車牌影像融合技術之評估

Evaluation of the Fusion of Multi-View License Plate Images

研究生：張正佳

Student : Cheng-Chia Chang

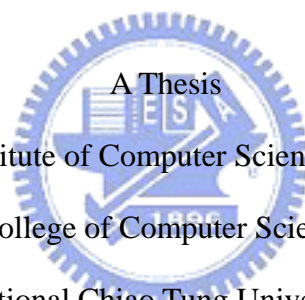
指導教授：莊仁輝

Advisor : Jen-Hui Chuang

國立交通大學

資訊科學與工程研究所

碩士論文



Submitted to Institute of Computer Science and Engineering

College of Computer Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Computer Science

January 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年一月

國立交通大學
研究所碩士班

論文口試委員會審定書

本校 資訊科學與工程 研究所 張正佳 君

所提論文: 多視角車牌影像融合技術之評估

Evaluation of the Fusion of Multi-View License Plate
Images

合於碩士資格水準、業經本委員會評審認可。

口試委員：

林建州 王才沛

指導教授：

莊仁輝

所長：



系主任：

曾煜標

中華民國九十五年一月九日

國立交通大學

博碩士論文全文電子檔著作權授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文书名頁之次頁用)

本授權書所授權之學位論文，為本人於國立交通大學資訊科學與工程研究所 _____ 組，94 學年度第 1 學期取得碩士學位之論文。

論文題目：多視角車牌影像融合技術之評估
指導教授：莊仁輝

■ 同意

本人茲將本著作，以非專屬、無償授權國立交通大學與台灣聯合大學系統圖書館：基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，與回饋社會與學術研究之目的，國立交通大學及台灣聯合大學系統圖書館得不限地域、時間與次數，以紙本、光碟或數位化等各種方法收錄、重製與利用；於著作權法合理使用範圍內，讀者得進行線上檢索、閱覽、下載或列印。

論文全文上載網路公開之範圍及時間：

本校及台灣聯合大學系統區域網路	■ 中華民國 100 年 1 月 11 日 公開
校外網際網路	■ 中華民國 100 年 1 月 11 日 公開

■ 全文電子檔送交國家圖書館

授權人：張正佳

親筆簽名：張正佳

中華民國 95 年 1 月 12 日

國立交通大學

博碩士紙本論文著作權授權書

(提供授權人裝訂於全文電子檔授權書之次頁用)

本授權書所授權之學位論文，為本人於國立交通大學資訊科學與工程研究所 _____ 組，94 學年度第 1 學期取得碩士學位之論文。

論文題目：多視角車牌影像融合技術之評估
指導教授：莊仁輝

■ 同意

本人茲將本著作，以非專屬、無償授權國立交通大學，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，與回饋社會與學術研究之目的，國立交通大學圖書館得以紙本收錄、重製與利用；於著作權法合理使用範圍內，讀者得進行閱覽或列印。

本論文為本人向經濟部智慧局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：_____，請將論文延至____年____月____日再公開。

授 權 人：張正佳

親筆簽名： 張正佳

中華民國 95 年 1 月 12 日

國家圖書館 博碩士論文電子檔案上網授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文本校授權書之後)

ID:GT009223628

本授權書所授權之論文為授權人在國立交通大學資訊科學與工程研究所 94 學年度第 1 學期取得碩士學位之論文。

論文題目：多視角車牌影像融合技術之評估

指導教授：莊仁輝

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文(含摘要)，非專屬、無償授權國家圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

※ 讀者基於非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理。

授權人：張正佳

親筆簽名：張正佳

民國 98 年 1 月 12 日

多視角車牌影像融合技術之評估


學生：張正佳

指導教授：莊仁輝 教授

國立交通大學

資訊科學與工程研究所

摘要



近年來，視訊監控的發展將會朝向以多鏡頭、多視角的方式作攝影，以提供使用者更豐富、更精細的視訊監控效果。而新一代視訊監控的技術關鍵就在於多視角影像融合技術，若能有效融合多視角影像間的資訊，便能大幅強化視訊監控的功能，進而提昇視訊監控的價值。如何善用多重影像來源之間的額外資訊，提供更精確的分析與辨識，以及高品質呈現，是重要的研究課題。本論文的目的，將以多視角車牌影像(Multi-view License Plate Images)為主要輸入與處理對象，探討基於平面轉換的估算，融合多視角影像之間的資訊，以得到更高畫質的車牌影像，並分析造成影像融合誤差的因素。實驗結果顯示，基於平面轉換的車牌影像融合技術確實可以有效提升車牌字元的影像品質，並有利於後續車牌辨識的應用。


Evaluation of the Fusion of Multi-View License Plate Images

Student : Cheng-Chia Chang

Advisor : Jen-Hui Chuang

Institute of Computer Science and Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT



It is demanding to acquire high quality images for various applications in visual surveillance. To achieve the goal, a new trend is to integrate information from multi-view images captured by multiple cameras. With proper image fusion, not only the visual qualities can be enhanced but the performance of subsequent image recognition can be improved. Thus, developing effective techniques for image registration and information fusion of multi-view images is very important. In this thesis, we present a technique of fusing multi-view license plate images based on homography transformation, and investigate the factors which result in fusion errors. Experimental results show that by proper selection among multi-view images, using both simulated and real image data as inputs, reasonable fusion of license plate information can be obtained from images rectified using homography.

誌 謝

對於本論文的完成，首先感謝莊仁輝教授的辛勤指導。在這段日子裡，老師不僅教導我在學術上的知識，更教導我一個研究生應有的研究態度及解決問題的方法，讓我了解到研究生就是應該對自己的研究負責。

而在這些日子，必須感謝實驗室眾多學長、同學和學弟妹的陪伴與協助，在理論及實務上都提供我很多的幫助，有了你們的陪伴，讓研究生活添加了許多歡樂。另外，謝謝同系的摯友們，權宏及明憲，有了你們的陪伴，使我在研究生活以外的世界更添色彩。

最感謝的就是我的家人，父親張進枝先生以及母親林美媛女士，真摯的感謝你們給我一個無憂無慮的生活與溫暖的家，讓我能夠專心於學業上而無後顧之憂，謝謝你們。謹以本論文向家人獻上最誠摯的謝意。



目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌 謝.....	III
目 錄.....	IV
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VII
一、緒論	1
1.1 前言.....	1
1.2 研究目的與動機.....	2
1.3 本文大綱.....	5
二、車牌辨識系統介紹	6
2.1 系統簡介.....	6
2.2 應用範圍.....	7
2.3 車牌辨識流程.....	8
2.4 影像前置處理.....	8
2.4.1 去除雜訊.....	8
2.4.2 二值化.....	9
2.5 車牌定位.....	10
2.6 字串分割.....	13
2.7 字元辨識.....	14
2.8 環境限制.....	14
三、多視角車牌影像重建	16
3.1 影像重建流程.....	16
3.2 平面投影轉換.....	17
3.2.1 最小對應點數.....	18
3.2.2 <i>Over-determined</i> 情形.....	18
3.2.3 <i>DLT (Direct Linear Transformation)</i>	18

3.2.4 用 DLT 求 H.....	20
3.2.5 DLT 之實作.....	20
3.3 影像融合.....	21
四、影像重建之模擬	23
4.1 模擬目的.....	23
4.2 實驗方式.....	24
4.3 模擬系統介紹.....	26
4.4 清晰車牌影像之模擬.....	27
4.4.1 零定位誤差.....	27
4.4.2 微小定位誤差.....	29
4.4.3 中度定位誤差.....	29
4.5 模糊車牌影像之模擬.....	30
4.6 模擬結果之探討.....	31
五、實驗結果與探討	32
5.1 車牌形狀校正.....	32
5.2 車牌影像重建.....	33
5.2.1 多視角影像之重建.....	34
5.2.2 移動中連續影像之重建.....	36
5.3 實驗結果分析.....	38
六、結論	39
6.1 總結.....	39
6.2 未來工作.....	39
參考文獻	41

圖目錄

圖 1：車牌辨識系統之流程圖.....	2
圖 2：透過影像重建來提高車牌辨識率之概念圖.....	4
圖 3：Median Filter 之示意圖.....	9
圖 4：整體臨界法之示意圖.....	10
圖 5：Soble Mask 示意圖。(a)為原始影像，(b)為運算結果[9].....	11
圖 6：參數空間變換.....	12
圖 7：Hough Transform.....	12
圖 8：車牌字串分割[1].....	13
圖 9：字元正規化[10].....	14
圖 10：四邊形轉換誤差之模擬.....	25
圖 11：四邊形轉換過程.....	25
圖 12：四邊形轉換結果.....	25
圖 13：在選取 I_a 時模擬定位誤差.....	26
圖 14：模擬程式介面.....	27
圖 15：零誤差，R=15.....	28
圖 16：零誤差，R=30.....	28
圖 17：E=2，R=30.....	29
圖 18：E=4，R=30.....	30
圖 19：原始影像，55x30.....	30

表目錄

表 1：車牌辨識系統辨識率比較表[1].....	3
表 2：模糊影像之模擬結果.....	30
表 3：車牌校正結果之比較.....	33
表 4：多視角車牌影像之原圖與校正結果.....	34
表 5：多視角車牌影像重建之融合結果.....	35
表 6：移動中車牌影像之原圖與校正結果.....	37
表 7：移動中車牌影像重建之融合結果.....	37



一、緒論

社會治安日趨複雜，預防犯罪的道路攝影倍受重視，藉由拍攝畫面追蹤歹徒或逃逸車輛形跡可以協助破案，但是員警查看耗時，若可研發以現有視訊資料為基礎，利用影像處理、數字辨識、英文字元辨識、視訊處理等技術，開發出車牌辨識系統，自動記錄通過車輛，將可大量減少尋找車牌資訊的時間與人力，提供更即時資訊，以利警方破案。由於近幾十年來國內經濟的高速發展，各類機動車輛規模及流量早已呈現大幅度的增加，高速公路和各大城市在交通管理上已面臨嚴重的瓶頸。面對目前混亂的交通，智慧交通系統（ITS）就成為當前交通管理發展的主要方向。車牌辨識（License Plate Recognition, LPR）是ITS一個重要的組成部分，該系統能從一幅圖像中自動提取車牌圖像，分析與識別車牌號碼，因此車牌識別系統的成功開發與推廣必將大大加速ITS的進程。

車牌辨識的辨識率是其能否被實用化的關鍵，因為自動車牌字元辨識率已高到可被接受的程度，目前可與車輛牌照即時辨識相結合的相關應用已越來越廣。儘管如此，車牌辨識系統在許多情況下的辨識率還是不盡理想，本論文所探討的就是如何以多重視角影像重建的方式，進一步提升車牌定位、字元切割和字元辨識的成功率。

1.1 前言

近年來社會發達進步，汽機車已經成為人們主要的交通工具，車輛管理的問題也日漸變得重要。電腦影像處理技術結合交通運輸的管理，可增進人類生活的便利，減少人力管理的不便。以往影像處理無法大幅應用在各方面有一大因素是處理的速度太慢，但隨著電腦硬體速度的增進，此問題也因而獲得改善。因此我們可以結合影像處理與電腦視覺等技術，輔助分析各種影像資料，增進管理的效率並節省人力資源。

車牌辨識系統在許多交通控管的應用中，有著極為重要的角色，例如車速監控、違規取締、贓車查緝等，車牌辨識系統都可有效提升整體的效率，其應用範圍非常廣泛，車牌辨識的技術不論在國內外，都已經過多年的發展，車牌辨識系統可以分為以下幾個步驟：首先，透過攝影器材擷取車牌影像，對此影像做前置處理，以改善影像品質，提高處理效率。接下來是車牌定位，即是將影像中車牌的部分切割出來，這部分相當重要，若切割的影像不正確，後續的處理就無法得到良好的效果。對於車牌中的字元，必須將之區分開來，才能分別輸入字元辨識系統。最後透過字元辨識系統將所有字元都辨識出來，得到完整的車牌號碼。如圖1所示，輸入一張含有車牌的影像，經由電腦運算後，最後輸出字元，並辨識出車牌號碼。

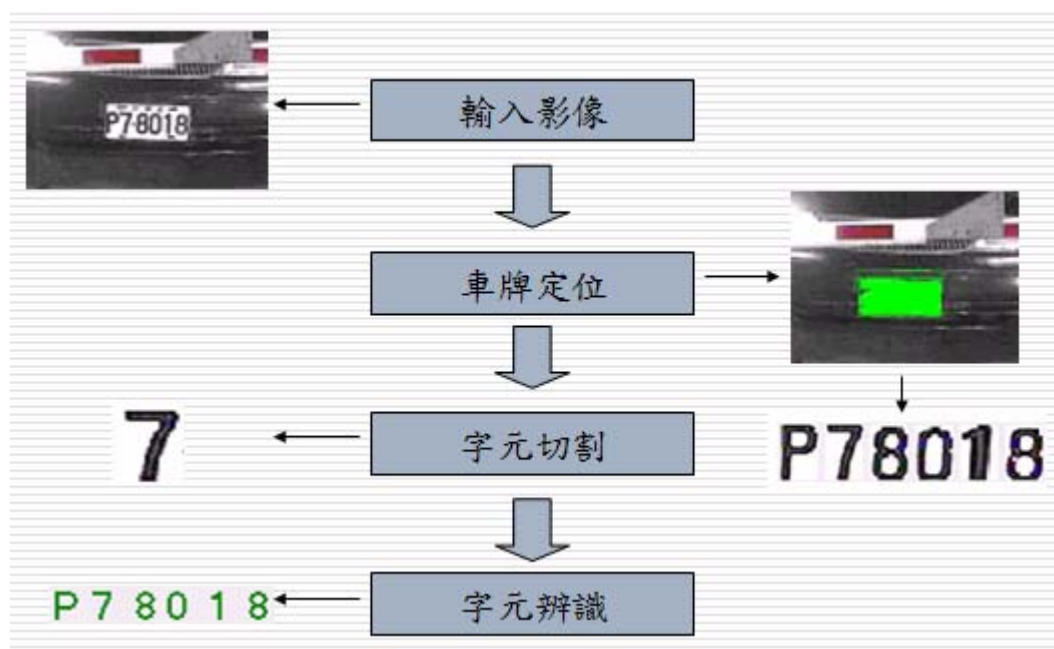


圖 1：車牌辨識系統之流程圖

1.2 研究目的與動機

車牌辨識系統的辨識率平均都高達 90%以上(參考表 1[1])，而這剩下的 10% 通常是因為環境的實體限制所產生的各種影響導致影像無法被成功辨識出來，例

如光源不足，所需影像的範圍過小，解析度太低，雜訊過高等等。若我們可以把這些影像經過一系列的處理，得到品質較好的影像，再輸入到辨識系統，相信可以提升目前的辨識率。

表 1：車牌辨識系統辨識率比較表[1]

Reference	License-plate Localization	License-plate Recognition
[2]	-	91.07%
[3]	98.25%	-
[4]	98.45%	94.37%
[5]	93.60%	-
[6]	96.22%	95.25%
[7]	88.97%	-

各種影像監控裝置越來越多，除了專門設置的車牌辨識系統外，我們更常看到的是架設在各處的監視攝影機，例如大廈門口，路邊，商家店門，街道，社區巷口等等。而監視攝影機跟傳統車牌辨識系統最大的差別在於，車牌辨識系統是經由各種硬體設備來取得品質良好的影像，再對其做辨識的處理，其處理的對象是單張、高畫質影像；然而普通的監視攝影機所拍攝的影像通常不夠清晰，無法直接拿來當作車牌辨識系統的輸入，為了克服這項限制，我們可以考慮藉由多張包含有相同資訊的影像，把我們感興趣部分的資訊取出來，重建出一個品質較好的影像。

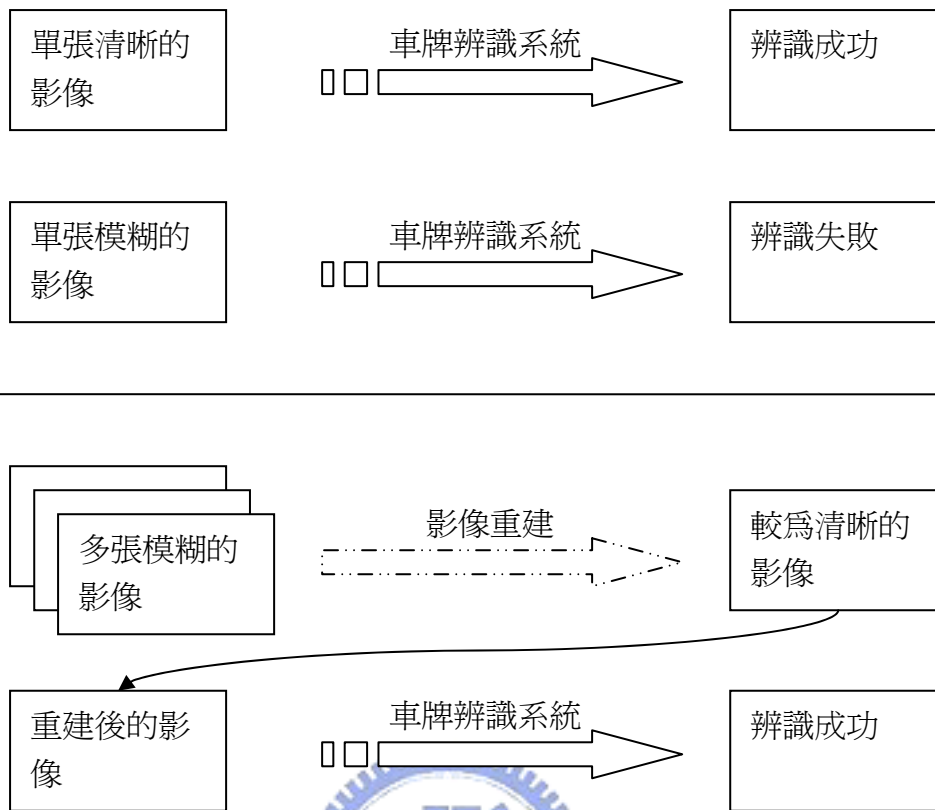


圖 2：透過影像重建來提高車牌辨識率之概念圖

根據圖 2 的想法，如何善用多重影像來源之間的額外資訊，提供更精確的分析與辨識，以及超高品質呈現，是未來的一大挑戰。本論文的目的，將以多重視角影像(Multi-view Images)為主要輸入與處理對象，希望在此多重視角影像所衍生的可能應用下，探討哪些影像處理技術能有效融合多重視角影像之間的相關資訊，以提供視訊監控更寬廣視野與更高品質的多元化呈現。

我們預估在未來幾年，影像監控必然會以多鏡頭、多視角為主要訴求，提供使用者更方便、更多元的視訊監控。而新一代視訊監控的核心關鍵就在於多重視角影像融合技術，若能有效融合多重視角影像間的資訊，便能大幅強化視訊監控的功能，進而提昇視訊監控的價值。屆時令人原本束手無策的社會案件，像是總統槍擊案、或超商搶劫案，這些有現場錄影但始終無法破案的例子，都可藉由新型的視訊監控功能讓過程還原，使真正犯罪者無所遁形。

1.3 本文大綱

本論文共分為六章，除本章緒論部分介紹研究背景、動機外，其餘五章的內容簡述如下：第二章，車牌辨識系統，主要對車牌辨識系統的流程及各步驟的處理技術做一簡要說明。第三章，影像重建，在此章介紹影像重建的流程及相關演算法。第四章，模擬系統，主要說明如何透過我們開發的一個模擬系統，得知影像定位誤差及輸入的影像數目對重建結果所造成的影響。第五章，實驗結果與探討，實地拍攝各種影像，進行各項實驗並討論實驗結果中的數據。第六章，結論，總結論文的結果，並提出未來可能的研究方向。



二、車牌辨識系統介紹

隨著二十一世紀的到來，人類科技邁入一個嶄新的里程碑，同時交通運輸也成為這個新世紀大量仰賴的工具，然而人類的運輸管理模式卻無法跟上交通運輸系統發展的腳步，各種類型交通工具的數量與日俱增的情況下，使得各個國家在運輸管理上面對嚴重挑戰，因此結合電機、電子、機械、資訊、管理等現代科技的成果所發展的智慧型運輸系統將成為改善交通運輸的主要發展方向。

車牌辨識系統於整個 ITS 系統中扮演十分重要的角色，利用車牌辨識系統我們將可以快速且有效的對車輛進行管理，例如警方的贓車查緝、影像自動執法、電子收費系統、停車場進出管理以及社區安全監控等。在本章裡面，將會完整的介紹車牌辨識系統的架構，和目前所採用的一些處理方法，包含影像前置處理，車牌定位，字串分割，字元辨識等等。



2.1 系統簡介

車牌辨識系統之基本功能包括利用定點或是可移動之裝置，以擷取靜止或移動中車輛之車牌號碼，並針對車牌所包含之字元加以辨識，而且可以連結多功能之車牌資料庫進行各項的管理行為。一套完整的車牌辨識系統主要由兩大部分所組成，一是配合環境所搭配之硬體系統，另外則是有關字元辨識的軟體核心技術。擷取清晰的車牌是車牌辨識系統的重要關鍵，因此符合環境條件的硬體設備就變得十分講究，一般而言，一套車牌辨識系統硬體設備需具備以下功能：

1. 高解析度取像裝置：可擷取高畫質清晰的車牌影像。
2. 輔助光源：依據環境光場的變化提供取像裝置足夠的光源。
3. 網路通訊介面：有別於傳統以電纜線傳送影像的方式，利用有線或是無線網路的介面傳送影像，將使得車牌辨識系統無遠弗屆，並且使得交通或車輛管理所涵蓋的區域更加寬廣。

4. 影像終端裝置：處理透過網路通訊介面所蒐集到的所有影像資訊，進行辨識、分析以及管理等各項必要的動作，並且可與資料庫建立聯結。

而車牌辨識系統的核心則是以字元辨識軟體為主。取得車牌的影像並完成字元切割之後，就可交給字元辨識軟體進行辨識的程序，除了數位影像的前處理技術之外，一般我們會針對其應用領域的不同，選擇辨識程式的核心技術，包括字元樣版比對、模糊類神經網路辨識技術以及字元特徵比較等方式，透過高效率的快速演算技術，將車牌辨識系統的準確率以及效率發揮到極致。以下，我們將就車牌辨識的各個步驟作深入說明。

2.2 應用範圍

由於台灣地小人稠，再加上交通系統發達，相對的也造成龐大的汽機車數量、收費站、停車場，要管理如此數量繁多的系統，已經不可能再用傳統的人工方式來處理，一來效率不佳，二來需要管理的地方太多，沒有足夠的人力可以投入，因此非常需要車牌辨識系統作有效率的管理。車牌辨識系統可以應用的領域非常廣泛，例如：

- 停車場出入口管理
- 停車場自動收費系統
- 贓車查緝
- 道路監控
- 車流量統計
- 住宅大樓停車場門禁管制
- 車輛保全監視系統
- 逃避收費執法系統
- 違規執法系統(如闖紅燈、超速駕駛)

2.3 車牌辨識流程

車牌辨識系統可歸納為四個步驟：影像輸入，車牌定位，字元分割，以及字元辨識。首先由架設的影像擷取設備所拍攝到的汽車影像作為我們的輸入，再經過一些前置處理強化影像資訊，然後才開始對車牌做定位。其過程包括藉由邊緣偵測處理(Edge Detection)以及線段萃取處理(Line Extraction)找出矩形區塊，定出車牌的實際位置。最後我們就可以在這車牌裡面對字元分割，找出各個字元，並透過字元辨識來得到最後的辨識結果。

2.4 影像前置處理

影像的前置處理是當影像不良時可加以適當地修正，主要的目的在於強化我們需要的影像資訊，過濾掉不需要的雜訊，並去除其他會在影像辨識過程中造成干擾的訊號。這是相當重要的步驟，處理得好的話，就可以得到一張清晰化的影像，幫助我們提高辨識的成功率；萬一處理得不好，使得影像中我們有興趣的資訊受到干擾，則會降低辨識的效果，甚至根本無法辨識。

2.4.1 去除雜訊

在取像過程中，影像通常會存在雜訊，過多的雜訊將使欲辨識的圖形資料受到干擾，並可能影響辨識結果。影像前置處理即是在實際進行各項工作之前將雜訊的影響減至最低。常用的去雜訊方法有Median Filter和Smoothing Filter，下面將簡單介紹這兩種濾波器：

- (1) Median Filter：Median Filter一般而言可減少雜訊而不會有模糊化的缺點。其處理方式是設定遮罩，將遮罩內的值做排序，取中間的數值，將此值取代正在被處理的像素資料。以圖3為例，中間的數值比周圍的點高出許多，這可能是一個雜訊，為了去掉這雜訊，首先把它周圍 3×3 的像素值做排序，得到1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20，取其中間值 5，取代原來的20。

1	2	3
4	20	5
6	7	8

圖 3：Median Filter之示意圖

- (2) Smoothing Filter：其處理方式是將遮罩中所有像素的值加總後求其平均，用平均值取代中間的像素。遮罩大小不宜過大，否則會使濾波後的影像模糊化且耗費較多運算時間。將遮罩內資料做加總動作後取平均，有強化變化平緩的成分，抑制變化較快的成分的效果。

2.4.2 二值化

一張影像內的資訊可分為主體和背景兩種，若是直接對整張影像進行處理，則容易受背景資訊干擾，使得處理變得複雜，並降低效率，因此需將主體和背景資訊區分開來，影像二值化可達到以上目的。二值化的處理不會在輸入影像時就馬上套用，而是在車牌定位完成後才進行二值化的處理，常見的二值化方法有：

- (1) 平均值臨界法：將影像中要處理的部分，計算其平均灰階值，再以此值為臨界值，其二值化臨界值的數學式如下所示。

$$T = \frac{1}{W \times H} \sum_i \sum_j G(i, j) \quad (1)$$

其中 T 為平均臨界值， W 為影像的寬度， H 為影像的高度， $G(i, j)$ 為 (i, j) 位置之像素的灰階值。

- (2) 整體臨界法：對影像中要處理的區域，設定臨界值。此臨界值的決定方式有很多種，例如可用經驗法，根據實驗所得到的經驗直接設定臨界值；或是用直方圖法，將像素的灰階值畫成直方圖，取波谷為臨界值，如圖4所示。

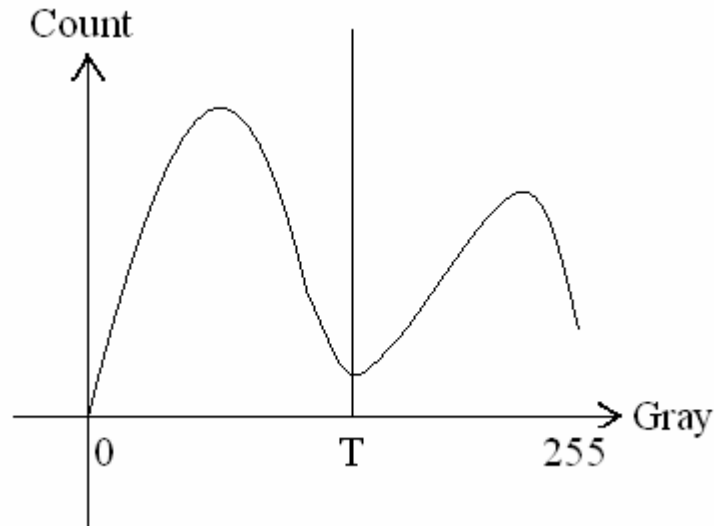


圖 4：整體臨界法之示意圖

2.5 車牌定位

車牌定位的目的是要從一張影像中找出車牌的正確位置，定位方法有許多種，例如透過邊緣偵測和線段偵測找出車牌的各邊和各頂點。遮罩處理較常被用來做邊緣檢測，以 3×3 遮罩為例，其數學式如下所示：

$$\begin{aligned}
 z(x, y) = & k_1 \times f(x-1, y-1) + k_2 \times f(x, y-1) + k_3 \times f(x+1, y-1) \\
 & + k_4 \times f(x-1, y) + k_5 \times f(x, y) + k_6 \times f(x+1, y) \\
 & + k_7 \times f(x-1, y+1) + k_8 \times f(x, y+1) + k_9 \times f(x+1, y+1)
 \end{aligned} \quad (2)$$

其中 $z(x, y)$ 為遮罩處理後的灰階像素， $f(x, y)$ 為原始圖像灰階像素， k_i 為遮罩權重， $i=1, 2, \dots, 9$ 。在影像中尋找含有由白變黑或由黑變白的特徵，並用其決定在計算中的點是否為灰階變化點(即邊緣點)時，常使用微分遮罩運算，微分遮罩是二維的信號處理，分別對水平和垂直方向取微分量，舉Sobel Mask[8]為例：

k_1	k_2	k_3
k_4	k_5	k_6
k_7	k_8	k_9

K

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

G_x

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

G_y

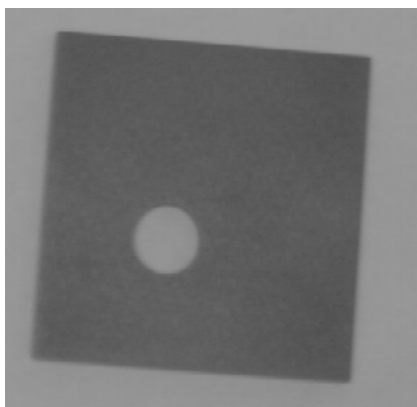
$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (3)$$

$$|G| = |G_x| + |G_y| \quad (4)$$

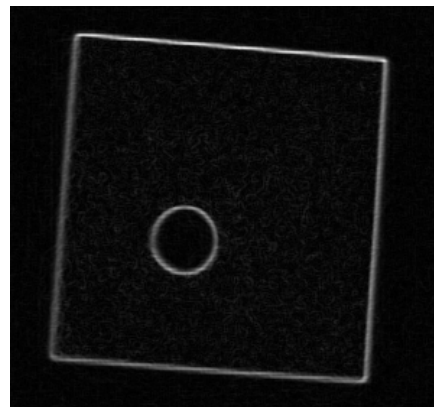
其中 G_x 為水平方向的遮罩， G_y 為垂直方向的遮罩，公式(3)的 $|G|$ 就是我們所求的結果，用來取代遮罩中間的數值。然而 $|G|$ 的值我們可以採用比較簡單的方式來計算，公式(4)的 $|G|$ 即為其趨近值，雖然會有些微的誤差，卻可大幅減少運算時間。把 Sobel Mask 和遮罩運算的公式合起來，得到一個新的公式：

$$|G| = |(k_1 + 2 \times k_2 + k_3) - (k_7 + 2 \times k_8 + k_9)| + |(k_3 + 2 \times k_6 + k_9) - (k_1 + 2 \times k_4 + k_7)| \quad (5)$$

將 Sobel Mask 運算套用到影像上，可以使得影像中的各邊界被明顯的區分開來，如圖5所示[9]：



(a)



(b)

圖 5：Soble Mask 示意圖。(a)為原始影像，(b)為運算結果[9]

接下來是線段偵測(Line Extraction)，只要找出四個邊的交點，就可找出四個頂點。這時候可以使用 Hough Transform，它可以將一張影像從原本的參數空間轉到另一個參數空間，在此我們使用 $x \cos \theta + y \sin \theta = \rho$ 的空間轉換式(如圖 6 所示)，將影像從 XY 平面轉到 $\rho\theta$ 平面。在 XY 平面上的一條直線轉換到 $\rho\theta$ 平面上會變成一個點，如圖 7 所示。藉由這個特性，我們可以對 Sobel Mask 運算後的影像做 Hough Transform， $\rho\theta$ 在平面上交點次數愈多的那個點，在 XY 平面上就愈有可能是一條直線，也就是我們所要的邊。

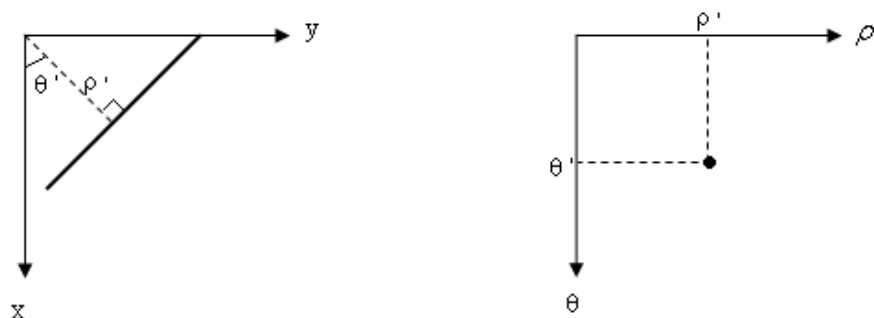


圖 6：參數空間變換

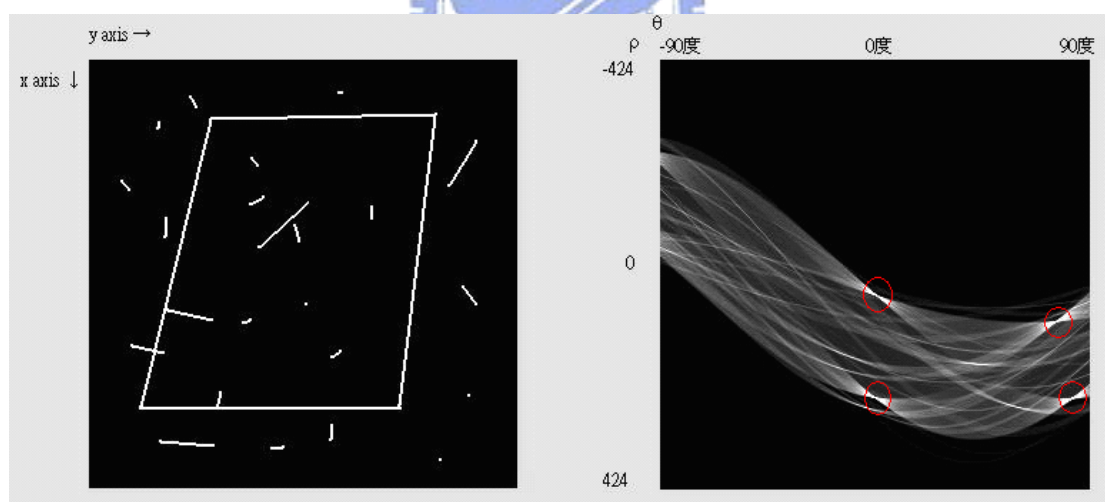


圖 7：Hough Transform

我們可以由圖7看到Hough Transform的效果，右圖中可明顯看出有四個交集次數最多的點，它們分別對應到左圖的四個最長的邊。但是有一點要注意，畫面上看到的線段，寬度並非都只有1個像素，通常都會較粗，這會使得Hough Transform得到過多的交點。對於這個問題我們可以用Thinning運算來處理，它可以把影像中的線段細化，得到線段寬度為1的影像。

2.6 字串分割

定位出車牌之後，接下來的工作就是將車牌分解為數個字元影像，並將之正規化。我們可以用 Vertical Projection Histogram 和 Horizontal Projection Histogram，針對一個已經二值化的影像，我們分別依 x 軸和 y 軸方向，統計各行和各列中，像素為黑點的數目。如果黑點數目的總合小於一個臨界值，就判斷它是字元之間分割點。由圖8(節錄自[1])可以明顯的看到各字元間的分割點被辨識出來。

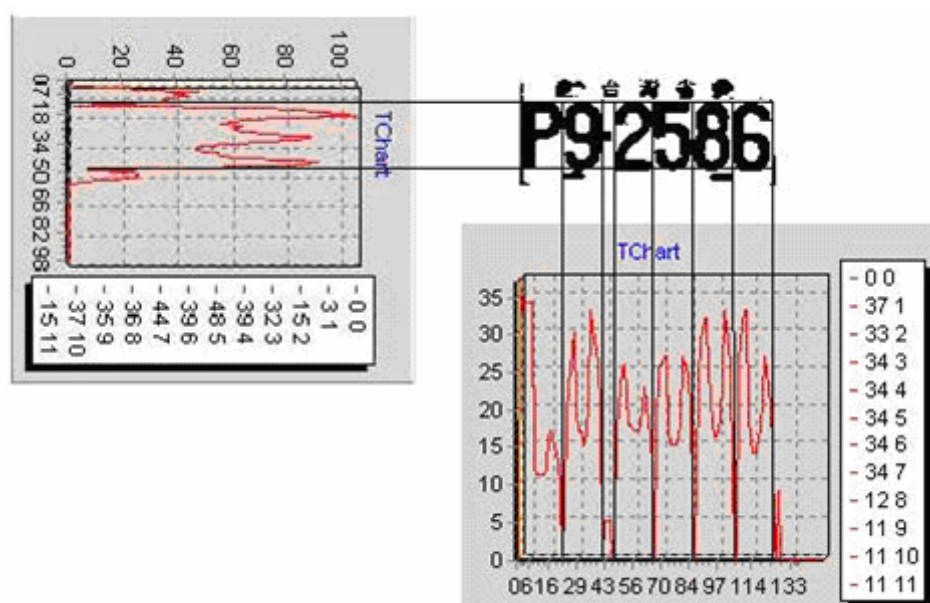


圖 8：車牌字串分割[1]

取像過程中，車牌字元大小因車輛距攝影機距離遠近而有所不同，所以在切割後，每個字元的大小也大都不同。大小不齊的字元會對後端辨識造成一定的影響，因此我們必須將字元正規化。正規化的方法可以用簡單的線性正規化(Linear Normalization)：

$$P(x, y) = G\left(x \cdot \frac{W_p}{W_f}, y \cdot \frac{H_p}{H_f}\right) \quad (6)$$

$P(x, y)$ 表示正規化之後的值， W_f 和 H_f 分別為正規化後的寬度和高度， x, y 為其座標，各介於 $0 \sim W_f$ 和 $0 \sim H_f$ 之間；而 $G(x, y)$ 表示原來字元影影像的值， W_p 和 H_p 分別代表字元的原始寬度和高度，圖9[10]顯示字元正規化的結果。

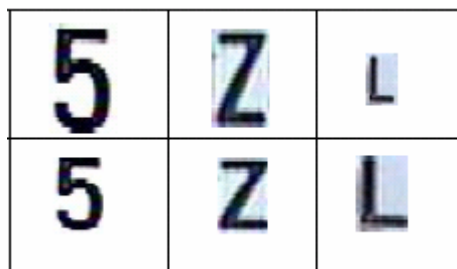


圖 9：字元正規化[10]

2.7 字元辨識

當我們取得車牌中的單一字元後，就要藉由字元辨識將之辨識出來。國內外對於字元辨識的研究相當多，這些辨識的方法主要可以分為兩大類：樣板比對 (Template Matching)[11] 和倒傳遞類神經網路 (Back Propagation Neural Network)[12]。樣板比對最大的優點在於簡單，辨識速度快，而缺點是缺乏彈性，只能用來辨識較固定的字體，如果辨識字元有位移，縮放或是旋轉等因素干擾時，辨識率會大幅下降。相較之下，倒傳遞類神經網路有較高的彈性，可以適應字體的各種變化，雖然它的處理速度較慢，但隨著電腦計算速度的提高，計算時間變得不再那麼重要，辨識效果成為首要的考量，因為倒傳遞類神經網路對於雜訊、失真、變形等干擾的抵抗能力較強，所以是目前比較常被採用的方法。

2.8 環境限制

車牌辨識系統的影像擷取設備對於架設的地點、距離、高度、角度等等，都有一些限制條件在。例如角度太大，就會造成影像的過度傾斜扭曲，高度不足則容易被其他物體阻擋視野，無法拍攝到完整的車牌影像。距離是影響影像大小和

清晰度的大因素，所以只能限定拍攝對象是在一定範圍以內的車輛，相對的，這也限制了每具攝影機所能監控的視野範圍。天候的影響也必須加以考量，如高速公路上的監測器，就必須要有良好的防水裝置，以防止器材被淋溼，並避免鏡頭被雨滴附著而干擾到拍攝的影像。而夜間或是陰天的光線不足，在這種環境下就必須要有額外的照明設備或是紅外線裝置，這些照明設備主要是用來加強車牌的對比強度，並避免受到其他光源的干擾所造成的陰影。最後是車速，如果車子以太高的速度移動，會使得影像因為位移而模糊，這點可透過提高快門的速度來解決。



三、多視角車牌影像重建

隨著社會和科技的高度發展，人口也越來越密集，我們首先要面對的是安全防護以及管理系統的問題。為了維護社會大眾的安全，並有效遏止各種犯罪行為，許多新的保全機制被應用在各層面上，而這些保全機制大都有一個共同點，就是它們都必須能夠二十四小時不間斷地持續監控環境中的活動，並紀錄下來以供後續的查證或是分析，這通常都是透過影像監控裝置來達到上述的目的。對於這些多重來源的影像資訊，我們要考慮如何善用多重影像來源之間的額外資訊，提供更精確的分析與辨識，達到更方便、更多元的視訊監控。

而新一代視訊監控的核心關鍵就在於多重視角影像融合技術，若能有效融合多視角影像間的資訊，便能大幅強化視訊監控的功能，進而提昇視訊監控的價值。本章的重點就在於探討如何藉由多視角影像間所包含的資訊來重建出較高品質的影像，以提供各種影像辨識與分析的應用，首先會介紹影像重建的流程，接著說明在車牌形狀校正時所用到的平面投影轉換之演算法，最後解釋影像融合的原理及方法。

3.1 影像重建流程

本論文主要是針對車牌影像的重建與融合來討論，希望利用多視角影像的融合，提升車牌影像之畫質。具體應用實例是使用一台固定位置的相機對車輛拍攝連續的數張照片，藉由這些照片找尋清晰的車牌號碼。所採用步驟如下：

(1) 車輛車形的辨識

首先需要把畫面中移動的物體找出，然而移動的物體可能是人、動物、機車，所以必須先確認我們在追蹤的物體是車輛，因此車形的辨識該是所有步驟的第一步。

(2) 車牌偵測並切割

由於車牌的樣式很固定，多半是白色底內有黑色的號碼數字，因此可以利用這種特性把畫面中車輛的車牌偵測並切割出來。

(3) 車牌形狀校正

此為本論文所應用理論的最重要部分。如上述所言，影像中的車牌可能從矩形變形為平行四邊形，甚至任意線性變形，因此必須先使用平面的「透視投影形變」(Homography) 的技巧將這些變形的車牌校正為矩形，再進行資訊融合的工作。

(4) 多視角車牌影像資訊融合

經過上述的步驟之後，我們可得到各視角已經校正為矩形的車牌資訊，而此時的工作是將這些資訊融合以找出清晰的車牌號碼。可以考慮使用的方法包括加權累加 (weighted sum) 或是先行選擇/淘汰部分影像，再融合車牌資訊。在獲得較為清晰的車牌號碼之後，還可以加上自動辨識的功能，讓系統自動找出該車輛的資訊，如擁有者、車子廠商等。

為了減少系統的變因，我們將跳過(1)和(2)的步驟，改由人工手動操作的方式來處理，使後續步驟不會受到前面自動化操作不良的影響，而專注在(3)車牌形狀校正以及(4)多視角車牌影像資訊融合。

3.2 平面投影轉換

根據[13]，2D Homography的定義為：在 XY 平面上，給定一個點的集合 x_i ，以及其對應的集合 x_i' ，存在一個投影轉換矩陣，可將 x_i 中的每個點轉換為 x_i' 中對應的點。也就是說，對於點的對應， $x_i \leftrightarrow x_i'$ ，如果考慮齊次座標的表示方式，則可求得一個 3×3 的矩陣 H ，使得 $Hx_i = x_i'$ 。

3.2.1 最小對應點數

對於投影轉換矩陣 H ，我們遇到的第一個問題是，要有多少個 $x_i \leftrightarrow x_i'$ 的對應點，才能夠求出 H 。這問題可以透過自由度(Degree of Freedom)和限制數(Number of Constraint)的計算，得到對應點數目的下限值(Lower Bound)。首先， H 為一 3×3 的矩陣，共有9個項，但它是加上了一個縮放的係數才會需要9個項，所以實際上 H 的自由度為8。再來，2D平面上的每個點都有其 x 座標和 y 座標，所以每一組對應的點，就會有2個限制數(分別是 x 座標的限制和 y 座標的限制)。因此，經由自由度和限制數的計算： $8/2=4$ ，我們可以得到最少要有4組對應點才能求出 H 。如果我們用4個點的對應來求 H ，理論上如果 H^{-1} 存在，則可求得一個 H ，使之完全符合這4個點的對應關係。

3.2.2 Over-determined情形

接下來考慮更複雜的情形，如果對應點的數目大於4，會有Over-determined的情形產生。若是多出來的對應點跟原來的4個點相容，則不會有任何影響；但如果多出來的對應點跟原來的4個點不相容，則無法找到一個可以把所有點都完美地從 x_i 對應到 x_i' 的投影矩陣 H 。然而這並不代表無法求得一個轉換矩陣 H ，我們還是可以求出一個有些微誤差的 H ，只是我們需要一個額外的 cost function，來將這些誤差降到最小。在本論文中，我們將採用誤差最小平方和的計算。

3.2.3 DLT (Direct Linear Transformation)

給定一個2D平面上點的對應集合， $x_i \leftrightarrow x_i'$ ，理想情況下，是期望求一個轉換矩陣 H ，滿足 $Hx_i = x_i'$ 。另一方面，如果允許 Hx_i 不完全等於 x_i' ，而是具有相同方向的向量，並存在一個不為零的放大係數，亦即 $\overline{Hx_i} = \overline{cx_i'}$ ， c 是一個不為零的實數。用外積的形式來代表 $Hx_i = cx_i'$ ，則是 $x_i' \times Hx_i = 0$ 。

如果將 H 的第 j 列表示為 h^{jT} ，可以得到：

$$Hx_i = \begin{pmatrix} h^{1T}x_i \\ h^{2T}x_i \\ h^{3T}x_i \end{pmatrix} \quad (7)$$

將 x_i 表示為 $(\chi_i', \gamma_i', \omega_i')$ ，則

$$x_i' \times Hx_i = \begin{pmatrix} \gamma_i' h^{3T}x_i - \omega_i' h^{2T}x_i \\ \omega_i' h^{1T}x_i - \chi_i' h^{3T}x_i \\ \chi_i' h^{2T}x_i - \gamma_i' h^{1T}x_i \end{pmatrix} \quad (8)$$

因為 $h^{jT}x_i = x_i^T h^j$ ，所以可以把(8)重寫為：

$$\begin{bmatrix} 0 & -\omega_i' x_i^T & \gamma_i' x_i^T \\ \omega_i' x_i^T & 0 & -\chi_i' x_i^T \\ -\gamma_i' x_i^T & \chi_i' x_i^T & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{pmatrix} = 0 \quad (9)$$

公式(9)可以表達為 $A_i h = 0$ ，其中 A_i 為一個 3×9 的矩陣， h 為9-vector， h_i 為 h 的第 i 個元素，它跟 H 的關係如下：

$$h = \begin{pmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{pmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 & h_3 \\ h_4 & h_5 & h_6 \\ h_7 & h_8 & h_9 \end{bmatrix} \quad (10)$$

有一點要注意，雖然公式(9)有三個等式，但是只有前兩個等式是 linearly independent，第三個等式可以由第一個等式乘上 χ_i' 加上第二個等式乘上 γ_i' 得到，所以我們只需要用到前兩個等式，把(9)改寫得到(11)，而 $A_i h = 0$ 的 A_i 就由 3×9 的矩陣變為 2×9 的矩陣。

$$\begin{bmatrix} 0 & -\omega_i' x_i^T & \gamma_i' x_i^T \\ \omega_i' x_i^T & 0 & -\chi_i' x_i^T \end{bmatrix} \begin{pmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{pmatrix} = 0 \quad (11)$$

3.2.4 用DLT求H

給定 n 個 $2D \rightarrow 2D$ 的對應點 $x_i \leftrightarrow x_i'$, $n \geq 4$, 求一個矩陣 H , 使得 $Hx_i = x_i'$ 。

- (1). 對於 $x_i \leftrightarrow x_i'$ 中每組對應的點, 可從上面的公式得到一個 2×9 的矩陣 A_i 。
- (2). 有 n 組對應點, 則可得到 n 個 2×9 的矩陣 A_i , 將這些 A_i 結合成一個 $2n \times 9$ 的矩陣 A 。
- (3). 將 A 做SVD分解, 得到 $A = UDV^T$, 其中最小的singular value所對應的singular vector即是所要求的 h 。也就是說如果 D 中最小的entry在第 j 列, 則 h 就等於 V 的第 j 列。
- (4). 透過公式(10), 可以從 h 得到 H 。

3.2.5 DLT之實作

在DLT中, 我們將 A 做SVD分解 $A = UDV^T$, 其中 D 的對角線元素就是 A 的singular value, 但是並不等於 A 的eigenvalue。然而透過推導即可得知singular value和eigenvalue之間還是存在著下列關聯:

$$\begin{aligned} A &= UDV^T \\ A^T A &= VDU^T UDV^T = VD^2V^T \\ \because V \text{ is orthogonal, } V^T &= V^{-1} \\ \therefore A^T A &= VD^2V^{-1} \end{aligned} \tag{12}$$

公式(12)為eigenvalue的定義式, D^2 的對角線元素就是 $A^T A$ 的eigenvalue, 經由以上的推導, 我們把解 $A = UDV^T$ 的問題轉變為解 $A^T A = VD^2V^{-1}$ 的問題。之所以要把SVD轉變為eigenvalue的運算, 是因為大部分的SVD實作都限定 A 為 $m \times n$ 矩陣, 且 $m \geq n$, 而我們的矩陣 A 為 8×9 的矩陣, 不符合其要求, 無法直接套用。

3.3 影像融合

對於多張已被校正為矩形的多視角車牌影像，接下來的工作是將這些資訊融合以找出清晰的車牌號碼。在這一個步驟中，我們要先想清楚的是影像為什麼會模糊？而多視角影像又提供了那些資訊？對於這些資訊，我們要如何善加利用才能夠重建良好的影像？

首先要考慮的是，影像為什麼會模糊。可以想到的因素有五點：

- (1). 影像本身的資訊不足：也就是解析度太低，對於一張車牌而言，低解析度會使得車牌上的各個字元沒有足夠的像素表現在影像上，因而無法清楚的辨別出來，另外，光源不足也會使得攝影設備無法拍攝出清晰的影像。
- (2). 影像的資訊被扭曲：也就是上一節中所提到的四邊形轉換的問題，當拍攝角度不良，使得車牌過度變形，影像的資訊也因而改變，這問題可以透過演算法把它還原。但要注意的是，我們無法做到百分之百的還原，拍攝的角度越大，還原的效果越差。
- (3). 干擾：干擾的因素非常多，有可能光影的干擾，天候的影響，或是拍攝時的雜訊，這些干擾有些影響不是很大，也可以用簡單的影像處理解決，例如光影的干擾，造成影像中某些部分的亮度較高，其他的部分亮度較低，這可以透過二值化的處理，只要找對臨界值，就可以過濾掉亮度的影響，把影像的黑白區分開來。
- (4). 影像只包含部分資訊：例如拍攝時有某個物體通過，使得我們只拍到車牌的一半，而另一半被通過的物體擋到，這類的影像如果直接拿來跟其他影像融合，通常會使得結果變差，這時候就必須考慮是要把這類的影像從融合的過程中剔除，還是想辦法只取用影像中有用的部分資訊，過濾掉物體遮蔽造成的干擾。

(5). 車輛移動速度過快造成的模糊：對於這問題，我們可以假設車輛速度必須低於一定的數值，或是提高監視設備的快門，另外也可以透過影像處理的 motion estimation 來解決。

多視角影像融合的原理在於輸入的影像間有多重的影像資訊，雖然任何的單張影像大都是模糊不清的，但是我們可以把這些資訊重新整合，儘量保留有用的資訊，剔除不良的資訊，重建出清晰的影像。在本論文中，我們是採用加權累加的分式來融合校正後的影像，所謂加權累加是指：對於所有要進行融合的 n 張影像，稱其為 I_k ， $k=1,2,\dots,n$ ，對這 n 張影像，定義其權重 W_k ， W_k 的值介於 0 到 1 之間， W_k 的總合為 1，即： $\sum_{k=1}^n W_k = 1$ ，則融合之後的影像可以表示為：

$$I = \sum_{k=1}^n I_k W_k \text{。}$$

這樣的融合方式具有相當高的彈性，若要用簡單的加總平均的方式來融合，就把每張影像的權重設定為 $\frac{1}{n}$ 。如果是採用擇優/淘汰的方式(保留好的影像，排除劣質影像)，則把要淘汰的影像之權重設為 0。在本論文中，是採用 Equally Weighted 的方式，給予每張影像相同的權重。

四、影像重建之模擬

整個影像重建的過程可以分為兩個階段，一個是輸入影像的處理，也就是平面投影轉換，另一個階段是影像融合，將輸入的影像處理後輸出為結果。我們必須先保證輸入的影像有一定的品質，才有可能得到好的融合結果，若是輸入的影像品質太差，則就算有再好的影像融合處理技術也沒辦法得到清晰的影像。在這一章裡面，我們開發一模擬系統，模擬輸入影像在重建過程中的可能情形，並分析其對影像融合結果所造成的影響。

在本章裡面，將先說明模擬的目的，接下來解釋我們實驗的方式，並簡單介紹模擬系統及說明系統內的主要參數，最後就是輸入不同影像和不同的參數組合所得到的模擬結果，然後分析模擬結果。



4.1 模擬目的

回到第三章的多視角車牌影像重建流程，我們提到有四大步驟：車輛車形的辨識，車牌偵測並切割，車牌形狀校正以及多視角車牌影像資訊融合。前兩個步驟不包含在本論文的討論範圍，而是透過人工手動處理，其原因是為了減少系統的變因，並專注在車牌形狀校正以及多視角車牌影像資訊融合上。由人工的方式來處理車輛車形的辨識比較沒有問題，人腦可以很容易的辨別出車輛，但是在車牌偵測並切割這步驟就必須注意，因為來源影像通常是模糊不清的，因此在手動切割車牌時，很難精確的定位出車牌的四個頂點，通常會有誤差產生，尤其當車牌影像很小的時候，一個像素的誤差就會造成很大的影響，這對最後的影像融合不是一件好事，想想，如果在一些定位良好的影像中加入一張有大幅定位誤差的影像，可以想見，融合結果會因為這張誤差的影像造成模糊，因而降低重建後影像的清晰度。因此，模擬系統的第一個目的，就是要分析車牌影像四個頂點定位的誤差會對結果造成多大的影響，而融合結果對定位誤差的容許範圍又有多大。

影像融合可以把多重影像的資訊重新整合，但是，我們並不知道要輸入多少的影像，才能重建出一張清晰，或是尚可辨識的融合影像。太少的輸入顯然會因為資訊不足而無法得到好的效果，那至少要有多少的輸入影像，才能有夠清晰的重建結果？這就是模擬系統的第二個目的，我們將用不同數量的輸入影像，觀察融合的結果，分析輸入影像的需求量。

4.2 實驗方式

在本系統裡面，主要專對兩個方面來模擬：四邊形轉換以及定位誤差。這兩個模擬其實是有先後關係的，我們是先模擬四邊形轉換在運算過程中，四邊形轉換及影像縮放所造成的誤差，然後才在轉換的過程中加入定位誤差的模擬。首先我們將解釋何謂四邊形轉換的模擬，四邊形轉換模擬的主要概念是，先選取一個矩形區塊(將此稱為四邊形A)，然後對矩形的四個定點作隨機的移動，並設定移動的範圍，在各自對四頂點作隨機的移動後，可以得到一個不規則的四邊形(稱之為B)，而在隨機移動的過程中，我們會紀錄A的四個頂點和B的四個頂點的座標位置，透過紀錄下來的座標，就可以用平面投影轉換的演算法，將影像中A區域內的影像(稱之 I_a)轉換為B的大小，將得到的影像稱為 I_b ，最後，將 I_b 再透過平面投影轉換轉回A的大小，得到影像 I_c ，比較 I_a 和 I_c 的差別，我們就可以得知平面投影轉換的誤差會對轉換結果造成怎樣的影響。

參考圖10，綠色區域為我們所選取的矩形，而藍色區域是指這矩形四個頂點的隨機移動範圍，我們會限定此範圍的大小，使之不與其他頂點的移動範圍重疊，否則會造成不規則的四邊形，如凹四邊形，這種四邊形在車牌形變裡面是不可能遇到的。圖11顯示我們影像轉換的過程，透過將影像從 I_a 轉換為 I_b ，然後再從 I_b 轉換為 I_c ，其中 I_a 及 I_c 的大小為相同的矩形，而 I_b 的大小是將 I_a 的四個頂點隨機移動所得到的不規則四邊形。圖12為實際轉換的過程，影像從(A)的矩形，轉換為(B)的不規則四邊形，最後再轉為(C)的矩形。

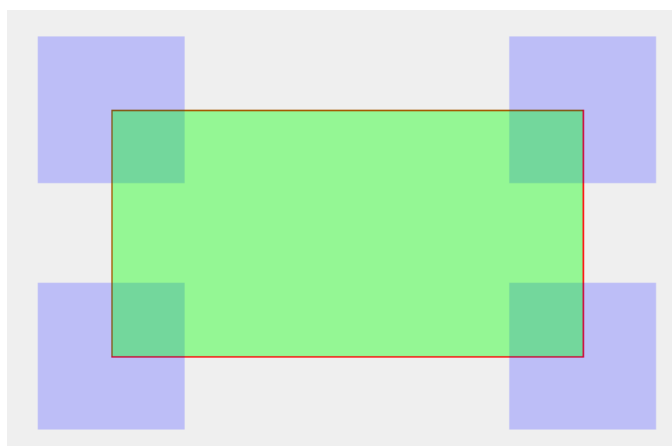


圖 10：四邊形轉換誤差之模擬

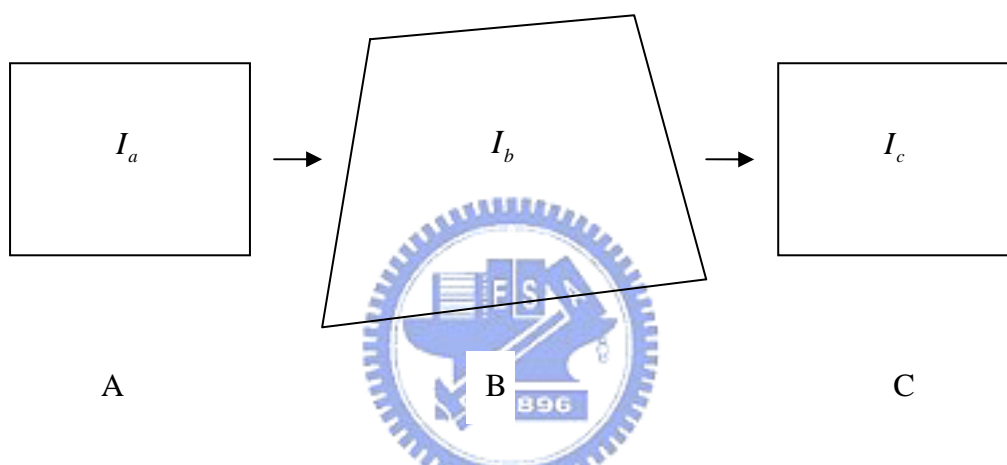


圖 11：四邊形轉換過程

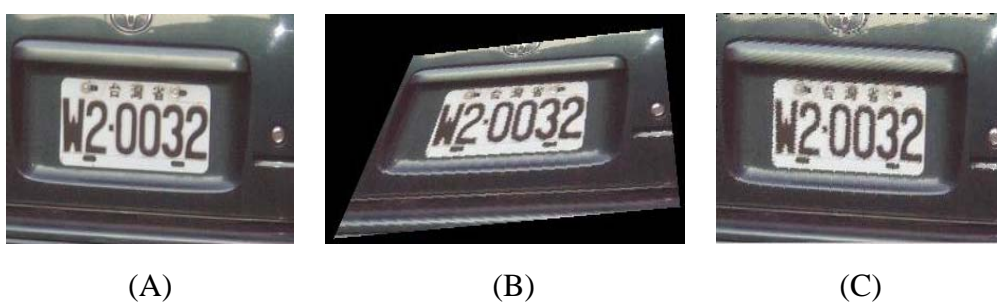


圖 12：四邊形轉換結果

完成四邊形轉換模擬之後，接下來要進行的是定位誤差的模擬，我們透過圖 12來說明。所謂車牌形狀校正是指從 I_b 這種非矩形的車牌影像，校正為固定長寬比的矩形車牌影像 I_c ，定位誤差就發生在選取 I_b 範圍的時候，原因如之前所述，影像模糊或是太小，使得定位困難，在選取 I_b 的四個頂點時容易有誤差。正常的

模擬方式是在程式將影像從 I_b 轉換為 I_c 的時候，把 I_b 的頂點座標做隨機的微幅調整，以模擬手動點選四頂點時的誤差行為。但是在程式的實作上會有問題，因為如果在 I_b 轉 I_c 時模擬定位誤差，則微調之後的 I_b 可能有部分影像會超出原來 I_b 的範圍，在把影像從 I_b 轉為 I_c 時，就會有部分的影像找不到對應的像素。因此在程式實作的時候並不採取以上的方式，而是在從 I_a 轉換為 I_b 時，將 I_a 的頂點座標做微幅調整，此時的 I_a 有足夠的影像區域供選取，不會有缺少圖像資訊的情形發生，如此可以得到等同定位誤差的模擬效果，同時簡化程式的運算。如圖13所示，圖中紅色方框內的區域即為圖12的(A)，而藍色區域就是我們所模擬的定位誤差。



圖 13：在選取 I_a 時模擬定位誤差

4.3 模擬系統介紹

我們開發具有簡單圖形操作介面的模擬程式(如圖14所示)，以提供方便、快速的模擬，簡化模擬的繁瑣過程並節省多次重複操作的時間。程式運作流程為：

- (1). 選擇來源影像：開啟要操作的影像檔。
- (2). 選定車牌位置：用滑鼠圈選出車牌的矩形區域。
- (3). 調整參數：程式提供參數調整功能，可以調整的數值包括：變形程度 (Range)，從矩形A變為不規則四邊形B時，各頂點移動的範圍大小；模擬數目 (Number of Test Cases)，定義程式的模擬次數，程式會用 $A \rightarrow B \rightarrow C$ (參考圖11)的方式，產生多張影像，再將之融合；定位誤差 (Error)：設定定位誤差的範圍。

(4). 產生模擬圖檔：根據參數設定，產生指定數量的模擬圖檔。

(5). 車牌影像融合：融合步驟(4)中所產生的多張模擬圖檔，輸出融合結果。

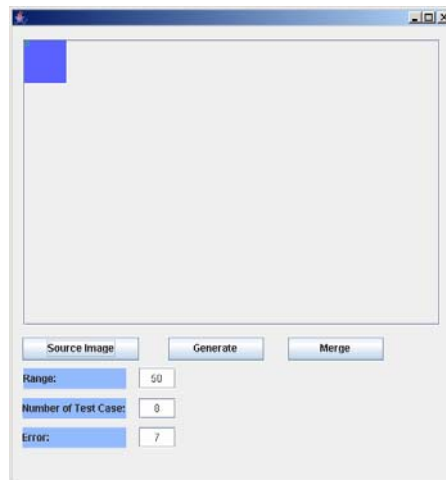


圖 14：模擬程式介面

4.4 清晰車牌影像之模擬

接下來我們實際用這個模擬程式來模擬各種結果。首先，先測試四邊形轉換的運算誤差會有多大的影響。各項參數設定為：

- Range：根據實際車牌大小調整，越小的車牌要設定越小的Range。
- Error：因為是要模擬零定位誤差，所以這個參數要設定為0
- Number of Test Cases：我們將固定Range和Error，然後測試不同的影像張數，以觀察輸入的影像數目對融合結果的影響。

為簡化表達方式，將Range簡寫為R，Error簡寫為E，Number of Test Cases簡寫為N，一組參數設定就寫為(R, E, N)，例如(15, 0, 3)，就表示設定Range為15，Error為0，測試數量為3。下面將以零定位誤差，微小定位誤差，中度定位誤差這三種方式來模擬。

4.4.1 零定位誤差

圖15是在零誤差的情況下，調整Range為15，測試不同張數的影像所得到的融合效果；圖16除了將Range增加為30外，其他參數的設定與圖15的參數相同。

從模擬的結果可以看到，在零誤差的情況下，影像還原的程度相當高，也就是說形狀校正的效果很不錯，只要融合了三張以上的影像，就可以得到幾乎跟原來相同的影像。同時我們也模擬了不同的Range，而Range代表的意義為變形的程度，以圖15及圖16來比較，不管變形的程度多大，形狀校正都可以有相當好的還原結果。



圖 15：零誤差，R=15



圖 16：零誤差，R=30

4.4.2 微小定位誤差

接下來我們模擬有定位誤差的情形，把Error設定為2，也就是說在選取頂點的過程中，可能會有 ± 2 個像素的誤差。從圖17的結果可以看到，因為微小的定位誤差，已經有明顯的影響出現，影像開始受到定位誤差的干擾而變得不清楚，雖然在融合十張以上的影像之後就有改善，但是相對的也使影像變得模糊。



4.4.3 中度定位誤差

當Error的值提高為4時，其定位誤差的影響可以從圖18的結果看到。E=4的結果比E=2的結果更加的模糊不清，就算融合了50張影像之後可以使得定位誤差造成的鋸齒效果較為平滑，卻也使得影像模糊許多。



圖 18：E=4, R=30

4.5 模糊車牌影像之模擬

4.4節中模擬的影像來源是大張且清晰的車牌影像，而模擬結果也告訴我們定位誤差和車牌變形程度對於形狀校正的影響。接下來，我們再以小張的模糊車牌影像作簡單模擬，將之與上面的結果作比較。圖19為模擬用的原始影像，表2為用圖19的模擬影像來模擬的結果。從表2的模擬結果看，定位誤差對小張模糊影像的影響更加明顯。



圖 19：原始影像，55x30

表 2：模糊影像之模擬結果

E\N	5	10	20	30
2				
3				

4.6 模擬結果之探討

從以上模擬的結果來看，形狀校正可以得到良好的效果，因為就算我們設定了蠻大的變形參數(圖16，其變形程度為影像高度的30%)，也是可以得到非常高的校正還原效果。但是在定位誤差的方面，微小的定位誤差就已經有肉眼可辨的模糊產生(參考圖17)，尤其在Error=4的時候，其誤差影響更是明顯，要用30張以上的影像融合才可以得到比較接近原影像的結果，而且還產生了一定程度的模糊(參考圖18)。因此我們可以推論，車牌定位將是影響車牌重建的重大因素。



五、實驗結果與探討

透過第四章的模擬，我們對於影像重建的效果已經有初步的概念，但是當用實際的影像來操作時，還是會遇到許多不同的問題。就拿車牌形狀校正來說，我們的模擬系統是用A→B→C的方式運作(如圖11所示)，由於處理的演算法是一樣的，若是計算誤差很小的話，可以視之為可逆的運算，因此可以得到良好的校正效果，但是如果用實際的影像來做形狀校正，就無法得到相同的效果，會有一定程度的誤差和資訊遺失，例如當拍攝角度過大，車牌中較遠那一邊的影像資訊會遭到擠壓而遺失，這是形狀校正所無法還原的。

在這一章，我們把從不同角度所拍攝的車牌以平面投影轉換來校正，分析其校正結果。然後我們實際進行車牌影像重建，並分析比較各重建結果。



5.1 車牌形狀校正

表3列出從各角度拍攝的影像經過平面投影轉換校正的結果，從結果來看，3-A及3-B的校正效果最好，因其拍攝的角度不會太大，影像的資訊沒有受到過度的擠壓，故校正之後可以得到不錯的效果。對於3-C、3-D及3-E，可以很明顯的看到車牌往左邊扭曲，這是因為拍攝的傾斜角度實在太大，左側的影像部分資訊已經被擠壓而消失，缺少了這些資訊，形狀校正的結果也因而變差；而另一可能的原因是，車牌字體為浮雕，和車牌不處於同一平面，故在小傾斜角度時不會有太大影響，但在大傾斜角度時就會使校正結果有明顯的誤差。

3-F、3-G及3-H，是採用比較低解析度的模糊影像來測試，我們觀察3-F的影像，其車牌號碼為SMM-500，比對校正前和校正後字元，可以發現校正前的字元有圓順的字元筆劃，而校正後字元，其各筆劃就有明顯的鋸齒產生，因此我們推論，平面投影轉換對於低解析度的影像校正結果會有較大的影響，而對於高解析度的影像而言，除非拍攝的角度太大，不然都可以得到不錯的校正效果。

表 3：車牌校正結果之比較

編號	原始影像	校正結果
3-A		
3-B		
3-C		
3-D		
3-E		
3-F		
3-G		
3-H		

5.2 車牌影像重建






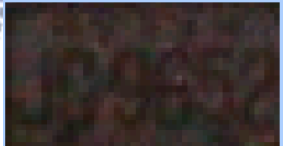





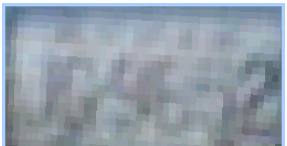


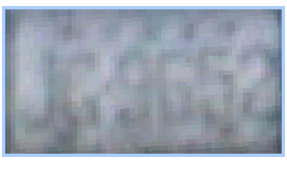
我們將一些實地拍攝的影像拿來做車牌形狀校正，並融合校正後的結果，以觀察影像重建的效果。實驗方式有兩種，第一種是模擬多台攝影機拍攝的情形，

從不同的視角來拍攝各種情形的影像；第二種是模擬單台攝影機，對移動中的車輛所拍攝的連續多張影像。以下將以這兩種實驗方式來進行，並分析其實驗結果。

5.2.1 多視角影像之重建

在這個實驗裡，輸入的影像是從各種角度所拍攝，而拍攝的情形也各有不同，例如雜訊高，晃動劇烈，影像模糊，角度較大等等。表 4 列出一系列的多視角車牌影像，並透過手動定位找出車牌的四個頂點，得到形狀校正的結果。

表 4：多視角車牌影像之原圖與校正結果

編號	原始影像	車牌框選	校正結果
4-A			
4-B			
4-C			
4-D			
4-E			

從表 4 的校正結果中選擇不同組合來進行影像重建，其結果列在表 5。校正後的車牌有各種不同的特性，透過各種組合的融合，我們可以分析其特性對融合結果所造成的影響。

表 5：多視角車牌影像重建之融合結果



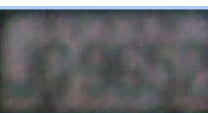
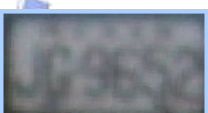
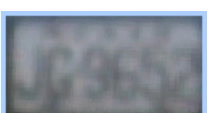
編號	融合對象	融合結果
5-A	4-C, 4-D	
5-B	4-D, 4-E	
5-C	4-C, 4-D, 4-E	
5-D	4-A, 4-B	
5-E	4-A, 4-B, 4-C, 4-D	
5-F	4-A, 4-B, 4-C, 4-D, 4-E	

表5的融合對象是指表4中該編號的校正結果。我們依序對融合結果做分析：

5-A：重建結果比原圖的品質都來得好，4-C的輪廓雖然清晰，但字體的許多部份都不完整，而4-D的字體則是過度模糊，經過融合重建之後，兩者產生互補作用，4-C的缺陷部分被4-D補上，而4-D的模糊被4-C的明顯輪廓所淡化，因此得到一個整體而言較為清晰的影像。

5-B：雖然原圖都有一定的清晰度，但融合結果非常的差，推測其原因是原圖的定位誤差所導致，若由左而右畫出一條切過所有車牌字元頂端的線，可以發現4-D的切割線是向右下傾斜，而4-E的切割線是向右上傾斜。

5-C：將4-C、4-D、4-E一起融合，其效果介於5-A和5-B之間，因此可以說明在融合過程中不良影像(如4-E)造成的誤差效果可被其他影像所逐漸修正。

5-D：4-A很模糊，而4-B雜訊非常高，將兩者融合，得到一張清晰且雜訊比率也大幅下降的融合結果

5-E：將原圖的4-A、4-B、4-C、4-D一起融合，得到一張非常良好的影像，比任何一張原圖都清晰得多。

5-F：由於受到4-E的影響，使得整體影像變得模糊。

結論是，由於這些多視角車牌影像具有不同特性，將之融合可以有效產生互補的效果，提升整體的清晰度。但是還是要小心選擇融合對象，儘量剔除會降低融合效果的影像，如表4中的4-E。

5.2.2 移動中連續影像之重建

在這個實驗中，我們對一輛逐漸駛遠的汽車拍攝多張連續影像來當輸入。對於這些輸入的影像，有兩個地方要特別注意：第一，由於車輛漸行漸遠，因此影像隨著距離拉遠而變得模糊；第二，車輛主體的顏色是銀白色，而車牌也是白色的，顏色差別不明顯，而影像模糊更使得車牌邊緣難以辨別，故車牌定位變得相當困難。在無法正確定出車牌位置的情況下，只好採用bounding box的方式，選取出一個恰好包圍所有車牌字元的四邊形。

採用bounding box的優點是定位變得簡單，我們可以從表6中看出車牌定位的效果還不錯，而其缺點有兩個：第一，因車牌區域變小，單一像素佔車牌區域的比例變大，相對的定位誤差也會被放大；第二，我們的車牌形狀校正是把選取區域轉換成 270×150 的大小，故小的車牌影像會被自動放大，而放大的演算法是用DLT轉換矩陣 H 所提供的縮放效果，因其為簡單的最近鄰內插法(Nearest Neighbor Interpolation)，故放大後的影像會變得顆粒狀。

對於這兩個缺點，我們提出可能的解決方法。對定位誤差被放大的問題，可採用較大區域的定位方式，向外找可以提供定位的邊界，而不是向內找bounding box；對於影像放大後所造成的顆粒情形，可以動態調整車牌校正結果的大小，儘量使其不要有縮放的情形產生，然後再採用其他內插演算法來放大，如雙線性內插法(Bilinear Interpolation)或是雙立方內插法(Bicubic interpolation)等等。表6列出車牌校正結果，可看到影像從上而下，逐漸變模糊：

表 6：移動中車牌影像之原圖與校正結果


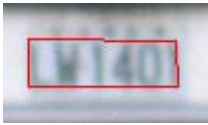


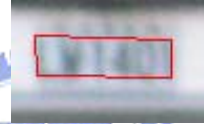


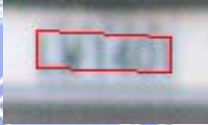

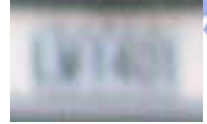
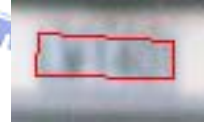

編號	原始影像	車牌框選	校正結果
6-A			
6-B			
6-C			
6-D			

表 7：移動中車牌影像重建之融合結果

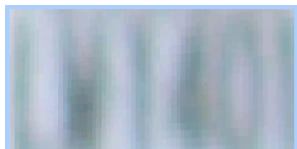
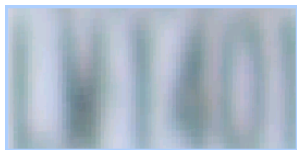
編號	融合對象	融合結果
7-A	6-B, 6-C	
7-B	6-A, 6-B, 6-C	

表7列出融合結果，其中，由於6-D的校正結果相當模糊，會降低融合的效果，故融合時沒有包含6-D。我們看第一個結果，7-A，其結果和原始影像沒有太大差別，再看7-B，由於加入了較清晰的6-A，故影像品質變好，但是融合的結果還是沒有比6-A清楚。分析其原因，在於影像因距離變遠、影像變小的關係而變得模糊，影像間的資訊不具有互補能力，故融合後的結果無法提升整體的清晰度。

5.3 實驗結果分析

在車牌形狀校正部分，我們經由實驗結果可以得知，形狀校正應用在低解析影像上會有明顯的鋸齒產生，但在高解析度的影像上則可以得到良好的效果。此外，定位誤差在越小的影像上越明顯，因此接下來的努力方向，在於如何透過演算法讓電腦幫我們定位出車牌的正確位置；對於拍攝角度過大所造成的校正誤差，又該如何偵測出來，並加以修正或是從影像融合的過程中剔除。

從結果來看，車牌影像重建確實可提升影像的清晰度，只是我們必須儘量降低不良影像(如表4的4-E)對融合結果造成的影響，也就是要想辦法找出定位結果與其他影像差異較大的車牌，將之刪除或給它較小的權重。

六、結論

6.1 總結

將影像處理、圖形辨識的概念應用於車牌辨識上的研究探討已越來越多，包括停車場車位的管理以及警察在路上隨時查詢可疑車輛是否為贓車等。

有別於傳統的車牌辨識系統只針對單一車牌影像來處理，本論文的目的是在探討一套以多視角影像為基礎的影像重建方法，配合形狀校正及影像融合，達到以多張低解析度影像重建出高解析度影像的效果。

在我們的系統中，對於車牌形變的問題以平面投影轉換的演算法將之從不規則的四邊形校正為固定長寬比的矩形車牌。車牌形狀校正的效果以及定位誤差對影像重建的影響也在第四章以一簡單的模擬系統做初步評估，並得知定位誤差將是一個左右影像重建效果的重大因素。

我們也嘗試輸入各種不同的影像，並探討其重建結果。實驗結果顯示，影像重建的確有提升影像清晰度的效果。雖然實驗中許多步驟目前都需要人工介入的手動操作，無法達到車牌辨識系統中自動處理的要求，但這也簡化了影響影像重建結果的各項因素，以達到更精確的分析。

6.2 未來工作

本論文的特色在於用簡單的方式將多張模糊的影像重建出較清晰的影像，實驗結果顯示可以達到一定程度的重建效果，並可在將來整合到車牌辨識系統中，以提高其辨識率。

最後，本論文需改進的地方是：

- (1). 在車牌定位的步驟，我們採用人工的方式來進行，然而透過模擬的結果得知，車牌定位是影響重建結果的一大因素，因此如何透過電腦的幫助得到更精準的定位效果，同時也簡化人工操作的繁瑣，將是未來努力的方向之一。

- (2). 在影像融合時，目前對所有影像都設定相同權重，對此，或許可以透過演算法判斷出各影像的優劣程度，再給予適當的權重。
- (3). 對於運動造成的模糊(Motion Blur)，可以用Motion Estimation處理，提高影像的清晰度之後，再進行校正或融合等工作。



參考文獻

- [1] 蔡銘鑫，小波轉換和類神經網路應用於車牌辨識，私立朝陽科技大學資訊工程學系碩士論文，2004。
- [2] 曾揚建，車牌辨識系統上車牌尋找、前處理及辨識之研究，國立交通大學電機與控制工程系碩士論文，1998。
- [3] K. Miyamoto, K. Nagano, M. Tamagawa, I. Fujita and M. Yamamoto, “ Vehicle License-Plate Recognition by Image Analysis”, Proc. Of Industrial Electronics, Control and Instrumentation, pp. 1734-1738, 1991.
- [4] 林泰良，智慧型車牌定位與字串分割，國立台灣大學電機工程學系碩士論文，2000。
- [5] C. Coetzee, C. Botha and D. Weber, “PC Based Number Plate Recognition System”, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 1998. Proceedings. ISIE '98., Vol.2, pp.605-610, July 1998.
- [6] R. Zunino and S. Rovetta, “Vector Quantization for License-Plate Location and Image Coding”, IEEE Trans. on Indus. Elect. Vol. 47, pp.159-167, No.1, Feb. 2000.
- [7] Y. S. Huang and C. Y. Suen, “A Method of Combining Multiple Classifiers - A Neural Network Approach”, Proc. of IAPR Int. Conf. on Computer Vision and Image Processing., Vol. 2, pp. 473-475, Oct. 1994.
- [8] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, “Digital Image Processing”, Prentice-Hall, Inc., 2002
- [9] <http://www.cee.hw.ac.uk/hipr/html/sobel.html>
- [10] 張勝仁，一個可增強車牌字元辨識效能的多重辨識器設計，私立中原大學電子工程學系碩士論文，2003。

- [11] R. Parisi, Di Claudio, E.D.; G. Lucarelli, and G. Orlandi, “Car Plate Recognition by Neural Networks and Image Processing”, Proc. of the 1998 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Vol.3, pp.195-198, 1998.
- [12] D. E. Rumelhard, G. E. Hinton, R. J. William, “Learning Internal Representation by Error Propagation”, in Parallel Distributed Processing, Vol.1, pp.318-462, 1986
- [13] Hartley, Richard and Zisserman, Andrew, “Multi View Geometry in Computer Vision”, Cambridge University Press, 2003

