

# 眼睛檢測演算法的比較

學生：周達峰

指導教授：張志永博士  
黃遠東博士

國立交通大學電機學院與資訊學院電子與光電學程（研究所）碩士班

## 摘 要

本論文最主要是研究及探討，人的臉部器官中眼睛的辨識。為什麼要辨識人臉器官中的眼睛呢？因為人的眼睛可以傳達很多的訊息，當人累的快睡著的時候，眼睛會不自覺的闔上；而當你精神飽滿的時候眼睛就會比平常時還要大。如果我們能把眼睛辨識的方法應用在駕駛人身上，我們就可以做一個自動提醒駕駛人的安全系統；或者應用在辨識人的身份。因為只要我們能夠建立一個公司員工的臉部影像的資料庫，那我們在辨識一個人的身份時，臉部的五官就非常重要了；尤其眼睛是靈魂之窗，每個人的眼睛在臉的什麼位置、什麼形狀跟大小，我們都可以依據這些資訊來判斷這個人的身份。

然而做眼睛檢測的方法有許多，比如：1、粗略輪廓預測副程式 RCER(Rough Contour Estimation Routine)、數學型態學(mathematical morphology)配合變形樣本模型(deformable template model) 這些影像處理的技術。2、邊緣搜尋的技術。然後利用這些技術來找出眼睛的位置跟形狀，並比較彼此之間的準確度。在本篇論文中，最主要是評估本論文所提及檢測眼睛的形狀及大小的方法，並作之間的優劣比較與說明。

# A COMPARISON OF EYE DETECTION ALGORITHMS

student : Ta-Feng Chou

Co-Advisors : Dr.Jyh-Yeong Chang  
Dr.Yang-Tung Huang

Degree Program of Electrical Engineering and  
Computer Science  
National Chiao Tung University

## ABSTRACT

This thesis is towards the research of detecting people's eyes in the face. People's eyes contain transmit and rich information. When we are tired and sleepy, eyes will not be getting conscientious. On the other hand, Eyes will be also large when you are energetic. If we can watch driver's eyes, We can design a driving security system reminding the driver automatically. Eyes are also important to distinguish people's identity. If we can set up the face image database of the staff of a company, Then we can distinguish a person's identity by one's facial features. Especially eyes are the window of the soul, how big and where in the face, and iris are crucial to determine the identity of a person. There are many methods to detect eyes in a face, For example, 1, The rough eye outline prediction by RCER (Rough Contour Estimation Routine), mathematical morphology and deformable template model; 2, edge detection technologies. We make use of these technologies to find the position and shape of eyes, and then the accuracy of each method is computed. This thesis aims at finding out an efficient method to detect the eyes and their shapes. Comparison among these methods are made. Furthermore, advantages and disadvantages of these methods are finally shown and noted.

## 誌 謝

在漫長的七年中，一邊要顧及事業一邊要把研究做好，又要完成人生中的好幾件大事。真的是一路走的非常辛苦。從台北到新竹的這段日子，有很多的回憶；有很多的收穫，也得到老師很多的指導。最後能夠把這篇論文提出來，真的要感謝許多人的幫助。首先要感謝張志永老師，也就是我的指導教授，能夠在每個星期撥空指導我研究論文的方向，並且在我有限的時間裡幫助我有效的研讀相關文章跟論文；也要感謝我的共同指導教授黃遠東老師，再我要放棄的時候鼓勵我再加油，讓我撐過難關。最後當然要感謝我的家人在這艱辛的日子，能夠體諒我、支持我，如果沒有他們的全心支持我也沒辦法熬過這些日子。最後的最後，除了感謝還是感謝！

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 目     | 錄   |     |
| 中文提要  | 摘要  | i   |
| 英文提要  | ABSTRACT  | ii  |
| 誌謝    | ACKNOWLEDGEMENTS                                  | iii |
| 目錄    | CONTENTS  | iv  |
| 表目錄   | LIST OF TABLES                                    | v   |
| 圖目錄   | LIST OF FIGURES                                   | vi  |
| 符號說明  | LIST OF NOTATIONS                                 | vii |
| 一、    | 緒論  | 1   |
| 1.1   | 研究背景  | 1   |
| 1.2   | 論文大綱  | 2   |
| 1.3   | 研究理論大綱  | 4   |
| 二、    | 基礎概念 (研究內容與方法)                                    | 7   |
| 2.1   | 數學形態學 (Morphology)                                | 7   |
| 2.1.1 | Dilation and Erosion                              | 8   |
| 2.1.2 | Opening and Closing                               | 10  |
| 2.1.3 | Extensions to Gray-Scale Images                   | 14  |
| 2.2.  | RCER (rough contour estimation routine) 粗略輪廓預測副程式 | 15  |
| 2.2.1 | 連續物件區域 (Contiguous Object Region Finding) .....   | 15  |
| 2.3   | 邊緣檢測的基本概念   | 20  |
| 三、    | 理論：研究內容與方法  | 23  |
| 3.1   | 變形樣本模型 (deformable template model) .....          | 23  |
| 3.2   | 邊緣搜尋 (Edge detection)                             | 28  |
| 3.2.1 | Roberts 的運算方法                                     | 28  |
| 3.2.2 | Sobel、Prewitt 的邊緣搜尋演算法                            | 30  |
| 3.2.3 | Frei-Chen 的邊緣搜尋演算法                                | 33  |
| 3.2.4 | Canny 的邊緣搜尋演算法                                    | 36  |
| 四、    | 實驗部份 Simulation Results                           | 46  |
| 4.1   | 臉部影像的資料庫(Database of the Face Images) 與實驗步驟       | 46  |
| 4.2   | 實驗結果(Recognition Results) .....                   | 65  |
| 五、    | 結論(Conclusion) .....                              | 66  |
| 參考文獻  | (REFERENCES) .....                                | 68  |

表目錄 LIST OF TABLES

|   |    |
|---|----|
| 表 3.1 Solbel、Prewitt、Frei Chen 三種演算法的比較 | 36 |
| 表 4.1 A 君的五種眼睛檢測方法的比較表                  | 55 |
| 表 4.2 B 君的五種眼睛檢測方法的比較表                  | 56 |
| 表 4.3 C 君的五種眼睛檢測方法的比較表                  | 57 |
| 表 4.4 D 君的五種眼睛檢測方法的比較表                  | 58 |
| 表 4.5 E 君的五種眼睛檢測方法的比較表                  | 59 |
| 表 4.6 F 君的五種眼睛檢測方法的比較表                  | 60 |
| 表 4.7 G 的五種方眼睛檢測法的比較表                   | 61 |
| 表 4.8 H 君的五種眼睛檢測方法的比較表                  | 62 |
| 表 4.9 I 君的五種眼睛檢測方法的比較表                  | 63 |
| 表 4.10 J 君的五種眼睛檢測方法的比較表                 | 64 |
| 表 4.11 五種檢測眼睛方法的準確率                     | 65 |
| 表 4.12 五種檢測眼睛方法的計算時間                    | 65 |

## 圖目錄 LIST OF FIGURES

|  |    |
|--|----|
| 圖 1.1 本篇論文的设计流程  | 3  |
| 圖 2.1 膨脹運算圖解   | 9  |
| 圖 2.2 腐蝕運算圖解   | 9  |
| 圖 2.3 原始影像跟結構元素  | 11 |
| 圖 2.4 開啟(Opening)運算圖解                                      | 12 |
| 圖 2.5 關閉(Closing)運算圖解                                      | 13 |
| 圖 2.6 The searching mask                                   | 16 |
| 圖 2.7 搜尋的次程序   | 17 |
| 圖 2.8 Using the figure to explain the searching subroutine | 18 |
| 圖 2.9 C 君眼睛的粗略輪廓   | 19 |
| 圖 2.10 子區域跟像素與像素之間的關係圖                                     | 21 |
| 圖 2.11 邊緣(Edge)示意圖   | 21 |
| 圖 2.12 線條示意圖   | 22 |
| 圖 3.1 眼睛樣本模型   | 25 |
| 圖 3.2 原始的灰階影像的人臉   | 26 |
| 圖 3.3 RCER 配合變形樣本所檢測出的眼睛輪廓                                 | 27 |
| 圖 3.4 各種的邊緣介紹  | 28 |
| 圖 3.5 Roberts 的 Template                                   | 30 |
| 圖 3.6 Prewitt 的 Template                                   | 31 |
| 圖 3.7 Sobel 的 Template                                     | 32 |
| 圖 3.8 Frei Chen 的 Template                                 | 34 |
| 圖 3.9 一般邊緣臨界值與 Frei Chen 的臨界值的比較                           | 35 |
| 圖 3.10 雙臨界值技術的圖解   | 41 |
| 圖 3.11 抑制非極大值 (non-maxima suppression, NMS) 圖解             | 43 |
| 圖 4.1 十張原始的人臉影像  | 47 |
| 圖 4.2 十張取出 Y 訊號的原始的人臉影像                                    | 49 |
| 圖 4.3 RCER 所得到眉毛跟眼睛的輪廓                                     | 51 |
| 圖 4.4 變形樣本模型所得到的眼睛的輪廓                                      | 52 |
| 圖 4.5 A~J 君的全彩影像與 Y 成份影像圖                                  | 54 |

## 符號說明

|                      |   |
|----------------------|---|
| $A, B$               | : set                                   |
| $f(x, y)$            | : the input image                       |
| $b(x, y)$            | : the structure element                 |
| $E_{\text{total}}$   | The total energy function               |
| $E_{\text{edge}}$    | The edge potentials                     |
| $\phi_{\text{edge}}$ | The potential field for the edge        |
| $E_{\text{w-b}}$     | The potential of white and black points |
| $N_{\text{black}}$   | Number of black points                  |
| $N_{\text{white}}$   | Number of white points                  |
| $I(x, y)$            | The intension of image                  |
| $E_{\text{black}}$   | The black energy function               |
| AG                   | Average Gradient                        |
| $G(x)$               | 檢測邊緣的曲線                                 |
| $n(x)$               | 雜訊                                      |
| $H_G$                | 邊緣以外的影像訊號                               |
| $H_N$                | 雜訊的平方根                                  |
| SNR( $f$ )           | 訊號雜音比                                   |
| $E(x)$               | $x$ 的期望值                                |
| $Loc(f)$             | 定位準則                                    |
| $W$                  | 濾波器的半寬度                                 |
| $N_n$                | $2W$ 長的區域裡出現最大值的個數的期望值                  |
| $x_{zc}(f)$          | 函數 $g$ 濾波後輸出訊號中相鄰兩個零交叉點的距離              |
| $x_{\text{max}}(f)$  | 雜訊在 $f(x)$ 濾波後兩個相鄰極大值點的距離               |
| $\tau_1$ 和 $\tau_2$  | 雙臨界值                                    |