

鴿子虹膜辨識系統

陳敬瑜

國立暨南國際大學資訊工程學系

wis@mail.chhw.doh.gov.tw

周家德

國立暨南國際大學資訊工程學系

ctchou@stu.csie.ncnu.edu.tw

石勝文

國立暨南國際大學資訊工程學系

swshih@ncnu.edu.tw

摘要—在早期用在鴿子身份辨識的方式主要以賽鴿所配帶之號碼腳環為主要辨識要件，再輔以羽色外觀為次要辨識要件。近年來由於科技進步，RFID (無線射頻辨識) 已成功運用於鴿子身份辨識。但上述方式仍無法有效的防止偽造及詐欺事件發生，無法落實競賽公平性。因此為了能夠有效防止上述偽造及詐欺事件發生，利用鴿子虹膜生物特徵來作為身份辨識的方法，是一種具有高安全性的方法。目前國內外研究中尚未有以虹膜特徵進行鴿子身分辨識的研究。

本論文提出使用鴿子虹膜辨識技術來進行鴿子身份辨識，現有人類虹膜辨識系統並無法適用於鴿子的虹膜辨識，因此設計一個適用於鴿子虹膜辨識系統，是本論文主要研究重點。我們所提出的鴿子虹膜辨識系統包含四個模組：前端取像模組、虹膜特徵定位模組、虹膜特徵萃取模組與分類辨識模組。在本論文中將探討以鴿子所取得之虹膜影像進行身份辨識。依據所取得的 37 個不同虹膜 259 張虹膜影像所做的實驗結果顯示，利用所取得之鴿子虹膜影像進行身份辨識，辨識效果可達 99.4%。

關鍵詞—前端取像模組，虹膜特徵定位模組，虹膜特徵萃取模組，分類辨識模組

一、前言

世界各地飼養鴿子歷史長遠，所飼養的鴿子主要分為兩種。一種為觀賞鴿，普遍飼養於公園中；另一種則是專門用來競翔的賽鴿。目前世界各地飼養鴿子的數目龐大且有增加的傾向。世界各國鴿子品種中，以比利時、義大利的鴿子品種最有名，拍賣會上動輒百萬以上的價碼，仍吸引許多買家前往競標，尤其這兩年亞洲勢力崛起，歐洲各大名鴿拍賣場都可看到亞洲國家的參與。賽鴿競翔活動是世界各地

一項歷史長久活動，因各地文化不同而有著不同形式的競翔方式，唯一的一項共同點也是最重要的核心要件，便是鴿子身份確認。

早期用在鴿子身份辨識的方式主要以賽鴿所配帶之號碼腳環為主要辨識要件，再輔以羽色外觀及人工加註之辨識記號為次要辨識要件，如圖 1。確認鴿子身份時，則是完全以人工逐一比對這些辨識資訊。這些早期的辨識技術容易造假，致使詐欺舞弊事件層出不窮。近年來由於科技進步，RFID (Radio Frequency Identify, 無線射頻辨識) 已成功運用於鴿子競翔活動身份辨識，為防止作弊動作的發生，在每隻賽鴿出生後即帶上 RFID 腳環，陪伴著鴿子成長到比賽，對於競翔活動的好處是便於管理及防止舞弊。雖然導入 RFID 技術增加可身份偽造的困難度，但仍無法有效的防止高科技偽造及詐欺事件發生，無法落實競賽公平性。



(a)



(b)

圖 1.目前鴿子身份辨識方式:(a) 號碼腳環及 RFID 腳環辨識 (b)人工註記資料(油墨印章) 辨識

為了能夠有效防止上述偽造及詐欺事件發生，利用鴿子的生物特徵來作為身份辨識的方法有實質的需求。目前國內外研究中尚未有利用生物特徵進行鴿子身份辨識的研究，在本論文中我們提出一個利用鴿子的虹膜生物特徵做身份辨識系統，以便有效防止偽造及詐欺事件發生，落實競賽公平性。

鴿子的虹膜特徵明顯取樣容易，與人類虹膜特徵具有下列相同特點：1.鴿子的瞳孔外觀構造與人類相似，同為近似圓形，如圖 2 所示。2.瞳孔遇光源刺激具有相同收縮功能。相異之處則有下列幾點：1.鴿子眼球無睫毛且其上下眼皮連結成環狀，其虹膜直徑約 0.5 公分 (人類虹膜的直徑大小則約為 1 公分)。2.鴿子眼睛幾乎看不到鞏膜，且其虹膜外緣經常受眼皮遮蔽。故虹膜外緣偵測困難度遠高於偵測人類虹膜外緣，如圖 2 所示。3.鴿子虹膜紋理特徵與人類虹膜幅射狀紋理特徵明顯不同。4.鴿子與人類取像過程迥然不同，人類取像過程可以充分配合取像要求，以取得清晰之虹膜影像，但鴿子無法配合取像過程之要求，乃是以被動方式取得其虹膜影像。現有人類虹膜辨識系統並無法適用於鴿子的虹膜辨識，因此設計一個適用於鴿子虹膜辨識系統，是本論文主要研究重點 [1][2][3]。

我們所提出的鴿子虹膜辨識系統大致上分為四個部份：鴿子虹膜取像模組、虹膜影像特徵定位模組、虹膜特徵萃取模組、以及虹膜特徵比對模組。系統流程如圖 3 所示。

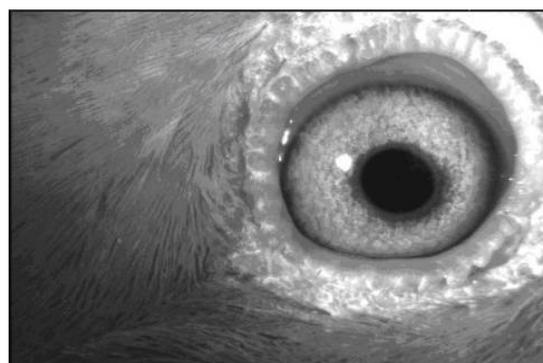


圖 2. 鴿子虹膜影像

虹膜取像系統必須使用攝影機在適當的距離下拍攝虹膜影像，加上鴿子的虹膜區域亮度偏暗，因此需要適當的照明設備協助系統取得足夠亮度的影像。因此要讓取像操作者感到容易而又能快速的取得清晰的虹膜影像，是取像系統設計的重點[4][5][6]。

虹膜影像特徵定位模組則是要從取得的虹膜影像內，定位出系統所需要的虹膜特徵區域。在影像中，包含了瞳孔、虹膜區域、眼皮等資訊，如何能快速且正確的完成虹膜影像特徵定位，並且移除角膜上不正常反光等各種雜訊，這些定位資訊正確與否深深影響著辨識系統的辨識率[10][11][13][15][16]。

虹膜特徵萃取及比對模組則是設計一個適當且通用的特徵萃取模組將虹膜紋理表為一特徵向量，在本研究中我們以 DoG (derivative of Gaussian) 和 LoG (Laplacian of Gaussian) 濾波器來萃取虹膜特徵，並且使用不同尺度的 Filters 所建構的虹膜碼，對取像模組所取得的虹膜影像資料庫計算兩兩虹膜碼之間的 NHD (Normalized Hamming Distance, 正規化漢明距)，作為判斷兩兩虹膜影像相似程度的依據 [13]。

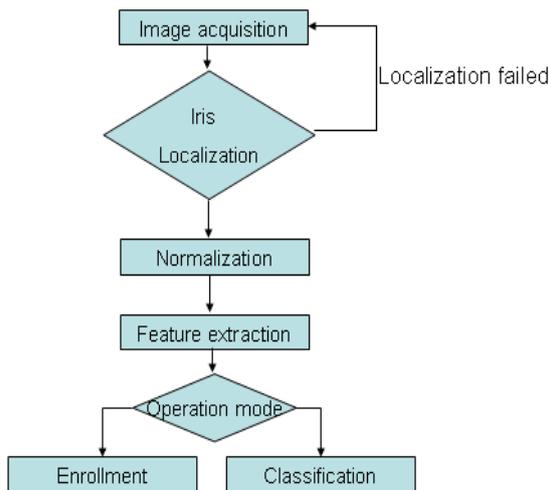


圖 3. 鴿子虹膜辨識系統流程

在本論文中，我們提出以鴿子虹膜為主的取像機構，建立了一套新的鴿子取像機構來進行取像。並且試著設計 LoG/DoG 參數萃取虹膜特徵，以得到良好的鴿子虹膜辨識效果；同時我們也針對鴿子虹膜外緣偵測不易的特性發展獨特的虹膜定位方法，試著了解鴿子虹膜特徵在正規化虹膜影像上的變化對辨識系統的影響。由實驗結果可看出，我們所設計的鴿子虹膜辨識系統，除了前端取像可提供優良的影像品質和資訊外，特徵萃取及比對模組也提供了可靠的辨識效果。

本論文結構安排如下，我們將在第二節介紹所設計的取像系統，在第三節將說明將系統所取得之影像進行虹膜特徵定位的方式並介紹如何正規化虹膜影像。第四節將介紹 DoG 和 LoG 濾波器來萃取虹膜特徵的基本特性，以及萃取虹膜影像內的虹膜特徵得到虹膜碼，再計算兩兩虹膜碼間的 NHD 作為判斷虹膜相似程度的依據。第五節將說明本實驗的研究成果。第六節為本論文的結論並提出未來可以改進和研究的方向。

二、鴿子虹膜取像機構

一個完整的鴿子虹膜辨識系統，必需要有良好的虹膜影像做分析。而一張良好的虹膜影

像必需包含清晰且足夠大小的虹膜區域特徵，人類虹膜的直徑大小大約為一公分，而鴿子虹膜直徑則僅約 0.5 公分比起人類小了許多，所以必需仰賴攝影機在近距離下取像。但是鴿子的眼睛對於外在光源的刺激很敏感，如何設計一個系統在穩定光源之下能快速的在短時間內就取得清晰的影像提供分析使用，是設計時重要的目標之一。另外系統所攝得的虹膜影像，也包含了外在光源在角膜所形成的反射光雜訊，這些雜訊的抑制和偵測，也影響到虹膜辨識系統的辨識率。所以，設計一個操作方便使用，並且提供良好品質的虹膜影像，是我們設計取像系統的重要目標。

為了取得足夠大小的虹膜影像，系統使用焦距 75mm 的鏡頭，實際的取像距離約為 10 公分左右，如圖 4 所示，經由此鏡頭所拍攝到的虹膜影像，直徑約為 280 個像素左右，符合實際系統使用求。系統同時使用近紅外線光源與可見光光源進行照明，近紅外線光源置於鏡頭左側與鏡頭平行處，可見光光源置於鏡頭右側 5 公分處，主要是以可見光光源進行瞳孔刺激，使得瞳孔縮收，以取得具有較大範圍之虹膜影像進行系統辨識。

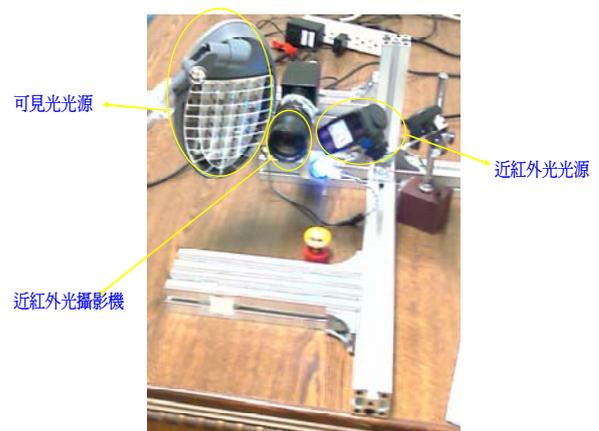


圖 4. 取像機構

為了讓取像者能夠快速的使用系統取像以及為了配合本篇論文研究鴿子虹膜的特性，在

設備上於 LCD 螢幕即時提供系統所欲取得影像，如圖 5 所示，使得取像者可以快速及正確取得清晰之虹膜影像，如圖 6 所示。

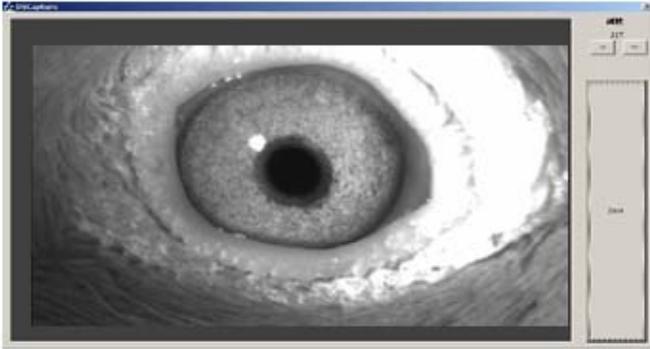


圖 5. LCD 取影像螢幕

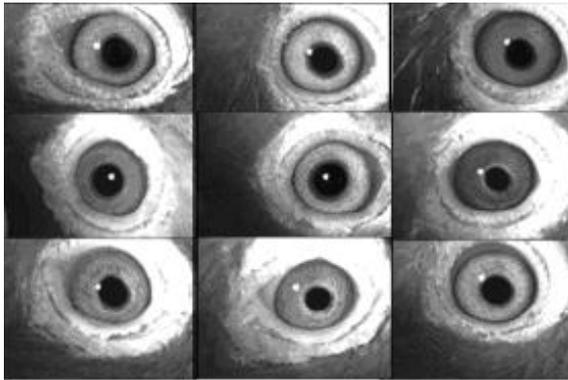


圖 6. 系統拍攝之虹膜影像

三、虹膜定位模組

良好的虹膜定位系統，必須要能夠正確的偵測到影像內的瞳孔、虹膜、眼臉等特徵。所取得之鴿子虹膜影像與人類虹膜影像在外觀上並不相同，在整個眼球構造上鴿子無睫毛且其眼皮外觀為圓型。以下我們將介紹定位出虹膜區域的方法。

在虹膜影像中可以由設定臨界值的方式，得到瞳孔的邊緣資訊，如圖 7 所示。經過上述步驟之後，因為鴿子的虹膜影像與人類並不相同，鴿子虹膜影像在虹膜邊界與眼臉之間尚有瞬膜等構造，因此無法以人類虹膜定位的方法求得虹膜內外緣的正圓邊界線，以及上下眼臉等邊界資訊。事實上若使用人類虹膜外緣定位

方法[1][2][3]，來估測鴿子虹膜外緣所得之結果易受環形眼皮影響而造成定位不準，嚴重影響辨識結果，如圖 8 (a) 所示。

既然鴿子虹膜外緣無法有效估測，在本論文中，我們將採取近似的分析方法。我們假設虹膜外緣與瞳孔為一同心圓，而瞳孔與虹膜外緣之半徑分別為 R_p 與 R_l 。令虹膜內外緣之半徑比值為 $k = R_l/R_p$ ，因為 R_l 為未知數，故 k 亦為未知數。雖然 R_l 為一常數，但 R_p 會隨著入射光線的強度變化而縮放，所以 k 將會隨著 R_p 的變化而變動。必須注意的是瞳孔縮放的範圍有限，因此 k 值亦會被限制在某一範圍之中。假設 k 的最大值與最小值分別為 k_{max} 與 k_{min} ，則 $k \in [k_{min}, k_{max}]$ 。因為 $[k_{min}, k_{max}]$ 為一有限區間，所以可以利用窮舉搜尋法來決定 k 值。此外，即使在人類虹膜外緣定位計算中，也無法確保虹膜外緣參數估測百分之百準確。因此，虹膜辨識系統對虹膜外緣的估測誤差有一定的容忍能力，故在搜尋時可在 k_{min} 與 k_{max} 中間等間隔 Δk 取樣，再一一檢驗取樣所得的 k 值中哪一個值可得到最佳辨識效果。 Δk 的數值可由實驗程序決定。

在鴿子虹膜辨識系統中，虹膜定位可分為兩個不同的程序。第一個程序為虹膜註冊時的定位程序，第二個則為虹膜辨識時的定位程序。在虹膜註冊時的定位程序，因鴿子虹膜外緣無法有效估測，因此我們在定位程序中不計算虹膜外緣資訊，而是透過將影像二值化所得知的瞳孔邊緣資訊計算出 R_p 值，利用 $k = R_l/R_p$ 算式，透過近似分析方法得出虹膜區域，如圖 8 (b) 所示，使得虹膜區域最大且無眼臉及瞳孔區域等雜訊。本實驗中我們在每隻鴿子中選擇一張影像進行註冊。

而在虹膜辨識時的定位程序，我們則以參數 k_{match} ， $k_{match} \in [k_{min}, k_{opt}]$ 為計算虹膜區域參數，以等間隔 Δk 值遞增方式計算出虹膜區域，將所得之結果進行正規化程序後，再一一檢驗取樣的辨識效果。



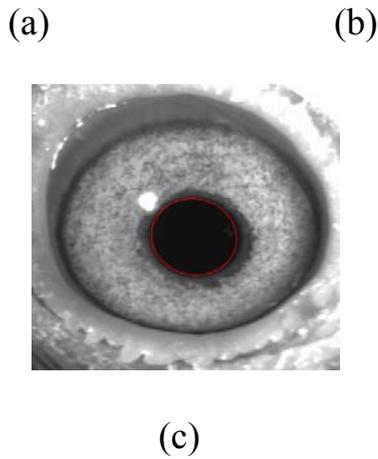


圖 7: (a) 原始影像 (b) 二值化瞳孔影像 (c) 瞳孔邊緣資訊

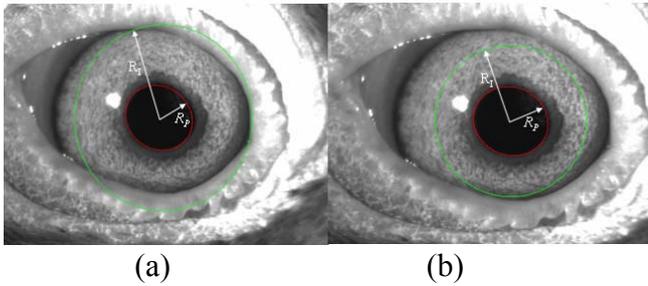


圖 8: (a) 使用人類虹膜外緣定位方法估測鴿子虹膜外緣邊界定位資訊
(b) 以近似分析方法得出鴿子虹膜區域

四、正規化虹膜影像

由於所拍攝到影像，瞳孔、虹膜等特徵大小不一定完全相同，加上瞳孔容易因受到外界光線影響而收縮或放大，而改變虹膜區域內特徵的大小。即使是同一隻鴿子在不同的時間和地點所拍攝到的虹膜影像大小也不會完全相同，進而影響到後端進行虹膜特徵萃取的困難性和正確性。為了避免這個無法控制的因素影響虹膜辨識系統的準確性，我們參考人類虹膜辨識所提出的方法，將定位出的虹膜特徵區域轉換到以虹膜中心做為原點的旋轉角度和半徑方向的極座標系統。經由這樣轉換方式，就可以確保系統在任何時間和地點所拍攝到不同大小的虹膜影像，都可轉換到同樣大小的影像空間內。

如圖 9，我們將特徵定位後的虹膜影像正規

化成 256×512 的二維影像，並同時計算影像遮罩以移除正規化影像裡不屬於虹膜紋理特徵的區域，如角膜上的反光等。

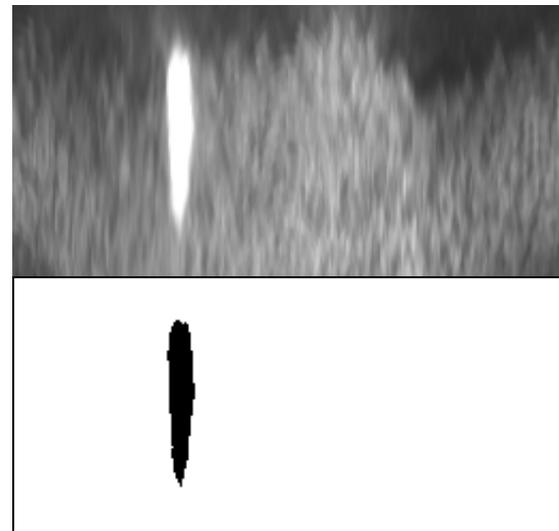
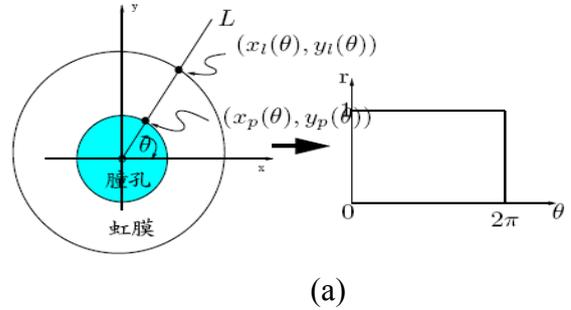


圖 9: (a) 虹膜影像正規化 (b) 正規化後的虹膜影像以及其對應的有效區域遮罩

五、虹膜特徵萃取及比對模組

雖然虹膜影像富含紋理資訊，但因為其影像資料量大，直接比對正規化虹膜影像的速度較慢，且需要較大的記憶體，所以鴿子虹膜辨識系統與人類虹膜系統相同以萃取虹膜影像內的特徵，來代表虹膜資訊，以此降低計算所需的時間。本論文以 DoG 和 LoG 濾波器 [13] 來建構虹膜特徵萃取模組。因此，本章節將會介紹 DoG 和 LoG 濾波器的特性，並且使用不同尺度的濾波器所建構的虹膜碼，再計算兩兩虹膜碼之間的 NHD，作為判斷兩兩虹膜影像相似程度的依據。

DoG 和 LoG 特徵萃取模組的特性可由下列函數描述，其定義如下：

$$DoG \frac{\ell}{\theta} = \frac{\partial}{\partial \phi'} e^{-\pi \left[\frac{\phi'^2}{2\alpha_\ell^2} + \frac{\rho'^2}{2\beta_\ell^2} \right]}, \quad (1)$$

而

$$LoG \frac{\ell}{\theta} = \frac{\partial^2}{\partial \phi'^2} e^{-\pi \left[\frac{\phi'^2}{2\alpha_\ell^2} + \frac{\rho'^2}{2\beta_\ell^2} \right]}, \quad (2)$$

其中

$$\begin{bmatrix} \rho' \\ \phi' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho \\ \phi \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$(\alpha_\ell, \beta_\ell)$ 和 θ 為特徵萃取器的大小與位置參數，其中大小參數 α 與 β 為其特徵萃取器的寬度與高度。

為了比對鴿子兩兩虹膜碼 code A 和 code B 的相似程度，使用 XOR 來計算兩兩虹膜碼間相異的位元個數，求出其 NHD 作為判斷的依據，算式如下：

$$NHD = \frac{\|(\text{codeA} \otimes \text{codeB}) \cap \text{maskA} \cap \text{maskB}\|}{\|\text{maskA} \cap \text{maskB}\|} \quad (4)$$

六、實驗結果

我們使用鴿子取像模組共拍攝了 37 組共 259 張的虹膜影像，每組虹膜資料中，各別紀錄了 7 張的虹膜影像來進行分析。所拍攝到的虹膜影像解析度為 720×480 。

由於系統使用 DoG 和 LoG 特徵萃取模組來萃取鴿子虹膜特徵並比對，因此兩兩虹膜間的差異性是由 NHD 來決定，可將比對的結果分成兩族群，同一虹膜間的比較結果稱為群內聚 (Intra-class Distance)，不同虹膜間的比較結果稱為群間距 (Inter-class Disatnce)。在辨識結果的分佈範圍中，會設立一個門檻值，小於此數值則判斷此虹膜為相同者，若大於此數值則判斷為相異者。鴿子虹膜辨識系統的好壞可以由下列數值來判斷：

FMR (False Match Rate)：在不同鴿子間之群間距中小於門檻值的虹膜比較個數佔全體個

數的百分比數值，此數值愈小愈好。實驗中全體群間距共進行 32634 次的比對。

FNMR (False Non Match Rate)：在相同鴿子間之群內距中大於門檻值的虹膜比較個數佔全體個數的百分比數值，此數值愈小愈好。實驗中群間距共進行 777 次的比對。

將系統所收集到鴿子虹膜影像資料進行比對。系統的門檻值為 0.4006，其中 FMR 趨近於 0.64% 以下，FNMR 趨近於 0.6% 以下，而系統 EER 值為 0.598% 可看出有相當不錯的辨識效果，如圖 10 與圖 11 所示。

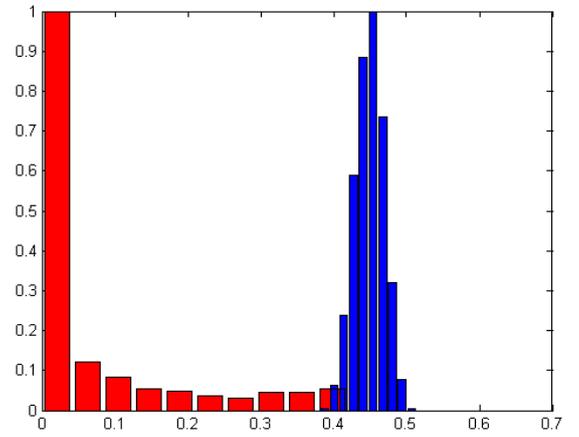


圖 10. 鴿子虹膜影像辨識結果群內距 (紅色) 及群間距 (藍色) NHD 分佈情形

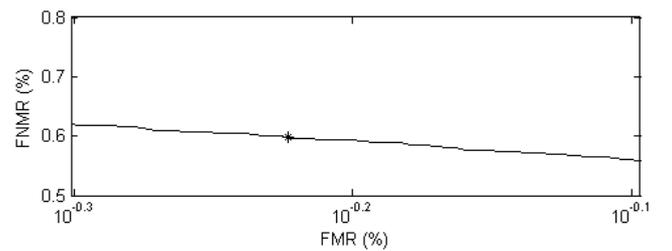


圖 11. 鴿子虹膜影像辨識 DET 曲線

七、結論

本論文中，我們參考人類虹膜辨識系統的取像機構，建立了一套新的鴿子取像機構來進行取像。並且試著使用人類虹膜辨識系統的特徵萃取模組及比對模組，以得到良好的鴿子虹膜辨識效果；以及試著了解鴿子虹膜特徵在正

規化虹膜影像上特徵的變化，以及對辨識系統的影響。

整體而言，由實驗結果可看出，本論文所設計的鴿子虹膜辨識系統，無論是前端取像可提供優良的影像品質和資訊外，特徵萃取及比對模組也提供了可靠的辨識效果。但仍有許多部份有待進一步深入探討，我們認為有幾點是值得繼續分析及改進的研究方向：

鴿子虹膜資料樣本數的不足：比起人類的虹膜影像資料庫，本論文所收集且比對的鴿子虹膜數量仍然太少，收集更多的鴿子虹膜影像以進行特徵比對仍是需要努力的目標。

辨識效果尚未達到完全正確，同一虹膜影像間的辨識效果仍需進一步探討分析。

取像程序的便利性：即使取像者可以利用取像機構所即時提供的影像資訊來進行取像，但對於進行拍攝鴿子虹膜影像仍須由人力固定其頭部位置，以進行取像。未來如何設計一自動化之取像機構快速的進行取像，如此一來，不僅可以協助系統得到更精確的特徵定位結果，也可以協助系統進行更多生物物種虹膜影像取像工作。

八、參考文獻

- [1] J. Daugman, "High confidence recognition of persons by rapid video analysis of iris texture," European Convention on Security and Detection, pp. 244-251, 1995.
- [2] R.P. Wildes, "Iris recognition: an emerging biometric technology," Proceedings of the IEEE, vol. 85, no. 9, pp. 1348-1363, 1997.
- [3] J. Daugman, "High confidence recognition of persons by rapid video analysis of iris texture," in Proceedings of the IEEE International Carnahan Conference on Security Technology, 1992.
- [4] J. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, no. 11, pp. 1148-1161, 1993.
- [5] J. Daugman, "Biometric personal identification system based on iris analysis," United States Patent, Patent Number: 5291560, IriScan Inc., 1994.
- [6] J. Daugman and C. Downing, "Recognizing iris texture by phase demodulation," Image Processing for Biometric Measurement, IEE Colloquium on, (2), pp. 1-8, 1994.
- [7] J. Daugman, "The importance of being random: Statistical principles of iris recognition," Pattern Recognition, vol. 36, no. 2, pp. 279-291, 2001.
- [8] J. Daugman and C. Downing, "Epigenetic randomness, complexity and singularity of human iris patterns," in Proceedings of the Royal Society, B. 268, Biological Sciences, pp. 1737-1740, 2001.
- [9] R.P. Wildes, J.C. Asmuth, G.L. Green, and S.C. Hsu, "A system for automated iris recognition," in Proceedings of the IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp. 121-128, 1994.
- [10] R.P. Wildes, J.C. Asmuth, K.J. Hanna, S.C. Hsu, R.J. Kolczynski, J.R. Matey, and S.E. McBride, "Automated, noninvasive iris recognition system and method," United States Patent, Patent Number: 5572596, David Sarnoff Research Center, Inc., 1996.
- [11] L. Ma, Y. Wang, and T. Tan, "Iris recognition based on multichannel gabor filtering," in Proceedings of the Asian Conference on Computer Vision, 1, pp. 279-283, 2002.
- [12] J. Daugman, "Complete discrete 2-d gabor transforms by neural networks for image analysis and compression," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 36, no. 7, pp. 1169-1179, 1988.
- [13] C.-T. Chou, S.-W. Shih, W.-S. Chen, and V. W. Cheng. "Iris recognition with multi-scale edge-type matching." in Proceedings of the IAPR International Conference on Pattern Recognition, vol. 4, pages 545-548, 2006.
- [14] X. He and P. Shi, "A new segmentation

approach for iris recognition based on hand-held capture device,” *Pattern Recognition*, vol. 40, no. 4, pp. 1326-1333, 2007.

- [15] Z. Zheng , J. Yang, and L. Yang, “A robust method for eye features extraction on color image,” *Pattern Recognition Letters* vol. 26, pp. 2252-2261, 2005.
- [16] Z. He, Z. Sun, T. Tan, X. Qiu, C. Zhong and W. Dong, “Boosting ordinal features for accurate and fast iris recognition,” in *Proceedings of the IEEE Computer Society International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2008.
- [17] K. Miyazawa, K. Ito, T. Aoki, K. Kobayashi, and H. Nakajima, “An effective approach for iris recognition using phase-based image matching,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 30, no. 10, pp. 1741-1756, 2008.