

# 基於小波與 LDA 演算法之人臉辨識研究

賴明志、黃登淵

E-mail: 9511443@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

人臉辨識系統廣泛地應用於身分辨識、門禁監控與人機界面等領域，近年來由於「智慧生活」科技的提倡，人臉辨識技術已延伸至人與機器最佳化介面之應用。此外視訊會議、影像內容檢索與醫學影像處理等方面，亦是其重要之應用領域。人臉特徵之擷取(extraction)與選擇(selection)是人臉辨識最重要的課題之一，其目的均在於降低人臉影像之高維度資料，藉以減少運算之複雜度與高負荷。通常由於訓練樣本數遠遠小於原影像空間維度(dimensionality)之特性，使得類別內散佈矩陣SW與類別間散佈矩陣SB均為奇異(singular)矩陣，造成特徵系統計算不穩定，這種問題通常稱為「小樣本問題(small sample size (SSS) problem)」。本研究基於人臉辨識時常遭遇以上之問題，因此提出一基於小波轉換與LDA之演算法則來解決以上兩個潛在之問題。本研究首先修正費雪準則(Fisher's criterion)為 $|? \backslash SB? \text{戊} / |? \backslash (SW+? \text{庚}) ? \text{戊}$ ，其中 $? \text{庚}$ 為優劣性峇 O 雪準則轉換空間， $? \text{庚}$ 極小正值(本文取  $=10^{-3}$ )，目的在於使得 $SW+? \text{庚}$ 為一正定(positive definite)矩陣，藉以保留SW之零空間，同時解決特徵系統計算不穩定之問題，因此本研究特稱此方法為M-LDA (Modified LDA)演算法，至於原費雪LDA(Fisher's LDA)法，本文則稱為傳統LDA演算法，另一比較方法則為近年來常被引用的D-LDA(Direct-LDA)演算法。本論文採用ORL人臉資料庫做為研究對象。當採用Haar小波時，在可取用之最高特徵空間時，M-LDA演算法之平均人臉辨識率為91.5%，比傳統LDA演算法的87.5%或D-LDA演算法的82.5%，平均提昇幅度約為6.5%左右。相對於Daubechies 9/7小波轉換而言，在相同的測試條件下，M-LDA演算法之平均人臉辨識率為91.5%，也比傳統LDA演算法的86.8%或D-LDA演算法的82.3%，大約提昇7%左右。特別是在訓練樣本只有2張之條件下，當採用Haar小波時，M-LDA演算法之人臉辨識率為83%，遠優於傳統LDA演算法之75%與D-LDA演算法之61%。同時實驗結果亦顯示：(1) 類別內散佈矩陣SW特徵值為零所對應之零空間資料並非為無用資訊，相反地它對人臉辨識結果有相當大的影響；(2) D-LDA之人臉辨識率均低於M-LDA與傳統LDA之運算結果，明白地說明類別間散佈矩陣SB之零空間亦含有重要之人臉辨識資訊。最後，為了瞭解小波轉換對人臉辨識之影響，可將本研究D-LDA之計算結果與文獻[11, 26]進行比較，本研究前處理是採用小波轉換，而文獻[11, 26]則無任何前處理。由比較結果可知，本研究所採用之「小波轉換+D-LDA演算法」之人臉辨識率為91%左右，比文獻[11]之82.9%高出許多，但與文獻[26]之90.8%則相差不多。本研究提出了M-LDA演算法則，並與傳統LDA與D-LDA等演算法互相比較，由結果可知M-LDA特別在訓練樣本數不足的條件下擁有最佳的辨識結果。此外當訓練類別或樣本數增加時，雖然人臉辨識率可以提高，但相對地也增長訓練所需的時間。

關鍵詞：人臉辨識；小波轉換；線性鑑別式分析

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	iii
. . . . .	iv	英文摘要 . . . . .	vi
. . . . .	ix	目錄 . . . . .	x
. . . . .	xiii	表目錄 . . . . .	xv
第一章 緒論 1.1 前言 . . . . .	1	1.2 文獻回顧 . . . . .	3
. . . . .	1	1.3 研究動機 . . . . .	2
. . . . .	2	1.4 本文架構 . . . . .	3
第二章 人臉辨識相關技術 2.1 人臉辨識技術綜述 . . . . .	5	2.1.1 基於幾何特徵的方法 . . . . .	5
. . . . .	5	2.1.2 基於統計模型的方法 . . . . .	6
. . . . .	6	2.1.3 基於類神經的方法 . . . . .	9
. . . . .	9	2.1.4 基於3D人臉識別的方法 . . . . .	9
. . . . .	9	2.2 研究探討 . . . . .	10
第三章 基於小波與線性鑑別式的人臉辨識系統 3.1 前言 . . . . .	11	3.2 小波轉換理論基礎 . . . . .	11
. . . . .	12	3.3 線性鑑別式理論基礎 . . . . .	16
. . . . .	12	3.3.1 線性鑑別式分析方法 . . . . .	17
. . . . .	21	3.3.2 特?系統解決方法 . . . . .	21
. . . . .	21	3.3.3 傳統型線性鑑別式分析方法(LDA) . . . . .	22
. . . . .	24	3.3.4 直接線性鑑別式分析方法(D-LDA) . . . . .	24
. . . . .	24	3.3.5 改良型線性鑑別式分析(M-LDA) . . . . .	28
. . . . .	30	3.4 人臉特徵子空間性質 . . . . .	30
. . . . .	30	3.5 人臉辨識分類器 . . . . .	31
第四章 人臉辨識系統流程與實驗結果 4.1 前言 . . . . .	34	4.2 人臉辨識系統流程設計 . . . . .	35
. . . . .	34	4.3 發展環境 . . . . .	36
. . . . .	36	4.4 實驗結果 . . . . .	37
. . . . .	36	4.4.1 訓練樣本數與特徵空間對人臉辨識之影響比較 . . . . .	38
. . . . .	38	4.4.2 訓練樣本數與訓練時間對之關係比較 . . . . .	53
. . . . .	54	4.4.3 實驗結果討論 . . . . .	54
第五章 結論與未來研究方向 5.1 結論 . . . . .	54		

## 參考文獻

- [1] P. N. Belhumeur, J. P. Hespanha, and D. J. Kriegman, "Eigenfaces vs. Fisherfaces : Recognition using class specific linear projection," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 19, pp. 711-720, 1997.
- [2] M. Turk, and A. Pentland, "Eigenfaces for recognition," *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 3, No. 1, pp. 71-86, 1991.
- [3] C. Liu, and H. Wechsler, "Enhanced Fisher Linear Discriminant Models for Face Recognition," *Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 1368-1372, 1998.
- [4] Z. Kouzani, F. He, K. Sammut, and A. Bouzerdoum, "Illumination Invariant Face Recognition," *Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 5, pp. 4240-4245, 1998.
- [5] R. Bruneli, and T. Poggio, "Face recognition : features versus templates," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, No. 10, pp. 1042-1052, 1993.
- [6] D. L. Swets, and J. J. Weng, "Using Discriminant Eigenfeatures for Image Retrieval," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 18, No. 8, pp. 831-836, 1996.
- [7] S. Z. Li, and J. Lu, "Face Recognition Using the Nearest Feature Line Method," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 10, No. 2, pp. 439-443, 1999.
- [8] L. F. Chen, H. Y. Mark Liao, M. T. Ko, J. C. Lin, and G. J. Yu, "A new LDA-based face recognition system which can solve the small sample size problem," *Pattern recognition*, Vol. 33, pp. 1713-1726, 2000.
- [9] R. Lotlikar, and R. Kothari, "Fractional-step dimensionality reduction," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, No. 6, pp. 623-627, 2000.
- [10] A. M. Martinez, and A. C. Kak, "PCA versus LDA," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 23, No. 2, pp. 228-233, 2001.
- [11] H. Yu, and J. Yang, "A direct LDA algorithm for high-dimensional data – with application to face recognition," *Pattern Recognition*, Vol. 34, pp. 2067-2070, 2001.
- [12] J. Wang, K. N. Plataniotis, and A. N. Venetsanopoulos, "Selecting discriminate eigenfaces for face recognition," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 26, pp. 1470-1482, 2005.
- [13] J. Lu, K. N. Plataniotis, and A. N. Venetsanopoulos, "Face recognition using LDA-Based Algorithms," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 14, No. 1, pp. 195-200, 2003.
- [14] M. S. Bartlett, H. M. Lades, and T. Sejnowski, "Face Recognition by Independent Component Analysis," *IEEE Transaction on Neural Networks*, Vol. 13, No. 6, pp. 1450-1464, 2002.
- [15] W. S. Lee, H. J. Lee, and J. H. Chung, "Wavelet-based FLD for face recognition," *Proceedings of the 43rd IEEE Midwest Symposium on Circuits and Systems*, Vol. 2, pp. 734-737, 2000.
- [16] H. Chan, and W. W. Bledsoe, "A man-machine facial recognition system : some preliminary results Technical report," *Panoramic Research Inc., Cal*, 1965.
- [17] C. Wu, and J. Huang, "Human face profile recognition by computer," *Pattern Recognition*, Vol. 23, pp. 255-259, 1990.
- [18] B. Moghaddam, C. Nastar and A. Pentland, "A Bayesian Similarity Measure for Direct Image Matching," *International Conference on Pattern Recognition*, Vienna, Austria, 1996.
- [19] D. Valentin, H. Abdi, A. J. O' Toole, and Garrison W. Cottrell, "Connectionist Models of Face Processing : A survey," *Pattern Recognition*. Vol. 27, pp. 1209-1230, 1994.
- [20] R. Brunelli, and T. Poggio, "HyperBF networks for gender classification," in *Pro. DARPA Image Understanding Workshop*, pp. 311-314, 1992.
- [21] A. J. O' Toole, H. Abdi, K. A. Deffenbacher, and D. Valentin, "A low-dimensional representation of faces in the higher dimensions of the space," *Journal of the Optical Society of America A.*, Vol. 10, No. 3, pp. 405-410, 1993.
- [22] J. Huang, B. Heisele, and V. Blanz, "Component-based Face Recognition with 3D Morphable Models," *Proc. of the 4th International Conference on Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication, AVBPA 2003*, Guildford, UK, pp. 27-34, 2003.
- [23] W. Zhao, R. Chellappa, and P. J. Phillips, "Subspace Linear Discriminant Analysis for Face Recognition," *Center for Automation Research, University of Maryland, College Park, Technical Report CAR-TR-914*, 1999.
- [24] M. J. Er, J. Wu, J. Lu, and H. L. Toh, "Face recognition with radial basis function (RBF) neural networks," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 13, No. 3, pp. 697-710, 2002.
- [25] C. J. C. Burges, "A tutorial on support vector machines for pattern recognition," *Data Min. Knowl. Disc.*, Vol. 2, No. 2, pp. 121-167, 1998.
- [26] X. J. Wu, J. Kittler, J. Y. Yang, K. Messer, and S. Wang, "A new direct LDA(D-LDA) algorithm for feature extraction in face recognition,

" Pattern recognition, ICPR 2004. Proceedings of the 17th International Conference, Vol. 4, pp. 545-548, 2004.

[27] H. Gao, and J. W. Davis, " Why direct LDA is not equivalent to LDA, " Pattern Recognition, Vol. 39, pp. 1002-1006, 2006.

[28] 吳佳珍, " 以鑑別性小波參數為主之人臉辨識系統 ", 國立成功大學資訊工程系碩士論文, 民90。

[29] 林咸仁, " 改良線性鑑別式分析在少量訓練樣本下之人臉辨識研究 ", 國立成功大學資訊工程系碩士論文, 民91。

[30] 洪倩玉, " 建立動態線性鑑別式分析於線上人臉辨識與驗證 ", 國立成功大學資訊工程系碩士論文, 民92。

[31] 繆紹剛譯, " 數位影像處理 第二版 ", 普林斯頓, 民92。

[32] ORL人臉資料庫查詢網址: <http://www.cl.cam.ac.uk/Research/DTG/attarchive/facedatabase.html>