

文章编号: 1005—0523(2006)05—0070—05

基于 K-L 变换的人脸识别系统

赵 敏, 舒 俭

(华东交通大学 电气与工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 围绕人脸识别问题对人脸特征提取及识别技术进行了研究. 主要有: 运用灰度投影提取出在简单背景中的人脸图像, 进行归一化操作; 以类间散布矩阵作为产生矩阵, 通过 K-L 变换降维并提取出代数特征; 为了减少计算量, 运用了奇异值分解, 最后用最小距离分类器分类对图像进行分类. 实验结果表明本方法的有效性. 并且对人脸姿态, 表情, 光照等都具有一定的免疫性.

关 键 词: 人脸识别; 特征提取; 眼睛定位; K-L 变换; 模式识别

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

0 引言

人脸识别作为一个重要的身份鉴别方法, 可广泛应用于安全入口控制和金融贸易, 国家安全, 公众安全等. 与指纹, 手掌, 视网膜, 虹膜等识别方法相比, 人脸识别具有直接, 友好, 无侵犯性等特点^[1], 是一种比较理想的识别方法. 本文将围绕将从人脸检测到图像归一化, 再运用 K-L 变换来提取代数特征, 最终用这些特征来归类人脸图像这一思路展开. 我们用了两个人脸库来证明该算法的有效性.

1 人脸检测与图像归一化

1.1 人脸检测算法^[1]

设处理的图像为 $I(x, y)$, 其大小为 $M \times N$, 则该图像的垂直灰度投影函数为:

$$PV(X) = \sum_{y=1}^N I(x, y) \quad (1)$$

PV 称为垂直灰度投影曲线. 人脸所在区域的

投影曲线具有两个一定宽度的凸峰. 所以通过凸峰可以定位人脸的左右边界. 为了去除噪声的影响, 对垂直灰度投影曲线先进行平滑处理. 当人脸的左右边界确定之后, 取左右边界之大小为 $M' \times N$, 该图像区域的水平灰度投影得到脸上上下边界.

得到上述包含眉眼的矩形区域后, 需要加以区分的有脸上的各种器官. 对矩阵区域进行分块, 根据眼睛的大小将区域分成 $S \times S$ 的大小, 其中相邻两块是半块半块重叠的, 这样做的目的是为了后面微调方便.

首先, 如果图片带有白色斑点, 则对眉眼区域图像进行去噪、增强处理. 然后根据眼睛部位的像素变化较多这一特点, 对小块进行灰度变化统计, 选择其中最大值的若干块(如 20), 这时人的眼睛, 鼻孔, 眉毛一般都在这些较大值的块里.

如果同一高度上图像块有重叠, 去掉纵向复杂度小块, 留下复杂度大的块. 经过合并的小方块并不一定就框住了眼睛和鼻孔, 要进一步对小方块进行微调, 微调的幅度是方块的半宽和半高, 找到所有微调中纵向复杂度的最大的方块取代原来的方块. 经过微调后, 在一般情况下还会有图像块在水平方向上重叠. 做第二次合并, 并去除离边界较近的小方块.

收稿日期: 2006—01—24

作者简介: 赵 敏(1973—), 女, 浙江东阳人, 讲师.

对剩下的方块,用一些人脸器官特征,如眼距与脸宽比值在一定的范围内,鼻孔离两眼距离相同,眼睛下方有鼻孔等来判断其是否可能是双眼.对满足要求的方块对,取相似度最大的为双眼.

1.2 图像的归一化

通过上述算法,我们已经得到了人脸正面图像的左右两眼的中心位置,并分别记作和,根据两眼坐标,进行图像裁剪.

设O点为Er El的中心,并设Er El的长度为d,经过裁剪,在2d×2d的图像内,可以保证O点固定于(0.5d,d)处.对取出的图像进行缩小和放大变换,得到统一大小的校准图像,然后把得到的脸部图像再进行灰度拉伸,以改善图像的对比度.采用直方图修正技术使得图像具有统一的均值和方差,以部分地消除光照的影响,得到最终归一化后的图像.

2 K-L 算法

2.1 K-L 算法基本思想^[1]

彭辉,边肇祺等提出算法思想:假设数据库里有P个人,每人有ω_i幅人脸图像,设每位训练者图像的平均矢量为m_i,则M=[m₀, m₀, … m_{p-1}],其总体灰度平均值为m, M与之相减后构成一组大矢量A=[φ₁, φ₂… φ_p],其中φ_i=m_i-m,它用于进行主分量分析,找出M个正交矢量μ_k及本征值λ_k最好地描述数据分布规律,μ_k及λ_k是协方差矩阵C的本征矢量和本征值^[1]:

C=Σ_p(ω_i) φ_iφ_i^T=AA^T (2)

求解出来的特征值和特征向量即为“特征脸”,设为矩阵U,对每个人的训练样本的平均图像矢量m_i(i=0, … P-1),向由“特征脸”图像矢量所张成的子空间上投影,其坐标系数矢量就是其K-L变换的展开系数矢量,即

c_i=U^Tm_i i=0, … P-1 (3)

对待识别图像f,首先用“特征脸”参数把图像投影到子空间内,得到f的系数向量η,然后运用最小距离公式分别计算c_i与η的距离,取距离最小的c_k,则可认为f为训练样本库中的第k位人.对随意输入的图像f,如果其信噪比大过某个阈值,则可认为输入的图像f不是人脸.

由于φ_i是行堆叠形成的,所以矩阵C是一个大型对称矩阵,解一个大型对称矩阵的特征值和特征向量的计算量是非常大的,几乎是行不通的,为

此,我们需要引入2.2节的算法.

2.2 矩阵分解算法^[3]

本文采用训练样本集的类型散布矩阵作为K-L变换的产生矩阵,为了求N²×N²维矩阵的特征值和正交归一的特征矢量,引出奇异值分解定理.

定理(SVD)

设X是一秩为r的n×r维矩阵,则存在两个正交矩阵:

U=[u₀, u₁, … u_{r-1}]∈R^{n×r} U^TU=I

V=[v₀, v₁, … v_{r-1}]∈R^{r×r} V^TV=I

以及对角阵Σ=diag[λ₀, λ₁, … λ_{r-1}]∈R^{r×r}

且λ₀≥λ₁≥… λ_{r-1}满足X=UΣ^{1/2}V^T (4)

其中:λ_i(i=0, 1, … r-1)为矩阵XX^T和X^TX的非零特征值,u_i和v_i分别为XX^T和X^TX对应于λ_i的特征向量.上述分解称为矩阵X的奇异分解(SVD),√λ_i为X的奇异值.

由定理可知:U=XVΣ^{-1/2} (5)

S_b=1/P X X^T∈P^{n²×n²}其中X=[(m₀-m), (m₁-m), … (m_{p-1}-m)]∈R^{n²×p}

构造矩阵R=X^TX∈R^{p×p} (6)

运用雅可比方法^[2]容易求出其特征值λ_i及相应的正交归一特征矢量v_i(i=1, 2, … P-1),上述推论可知,S_b的正交归一特征矢量为

u_i=1/√λ_i X v_i, i=1, 2, … p-1 (7)

这就是所谓的“特征脸”图像矢量,它是通过计算较低维矩阵R的特征值矢量而间接求出的.

3 实验结果

我们按上面的算法运用MFC(Microsoft Foundation Class)VC6.0设计出的一个Face2软件,界面效果如图1所示,其中1视图区是一个面板,它是一个导航菜单,统领Face2Soft的全部功能;2视图区是一个列表视图,用于显示训练样本和进行样本训练,识别人脸,识别率测试等,其K-L算法,SVD算法都是在这个视类里实现的;3视图区是一个用于对灰度图像运用灰度投影方法进行人脸提取的视图,包括Sobel提取轮廓,眼睛定位,提取脸区域,灰度拉伸等;4视图区和5视图区是两个用于以后软件功能扩展的视类.

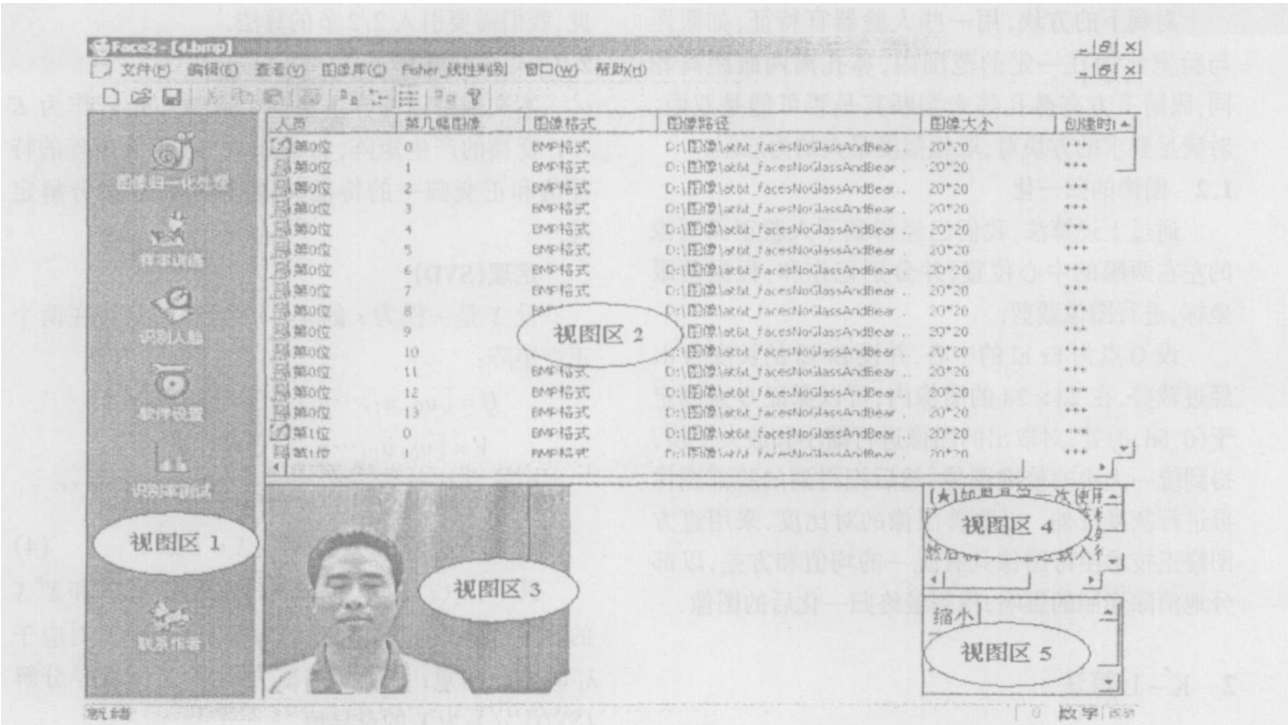


图 1 Face2Soft 的界面效果图

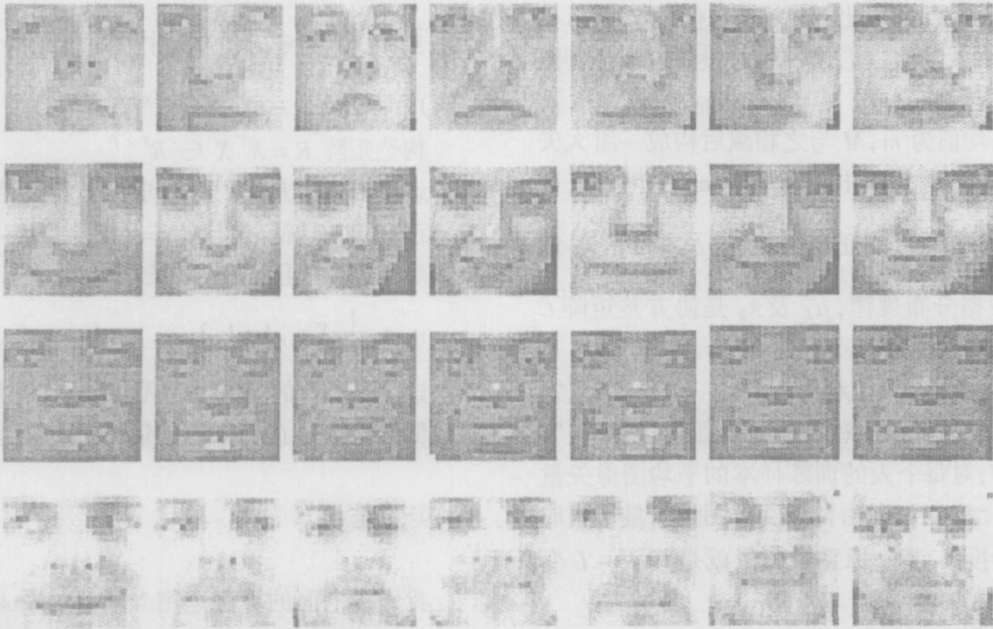
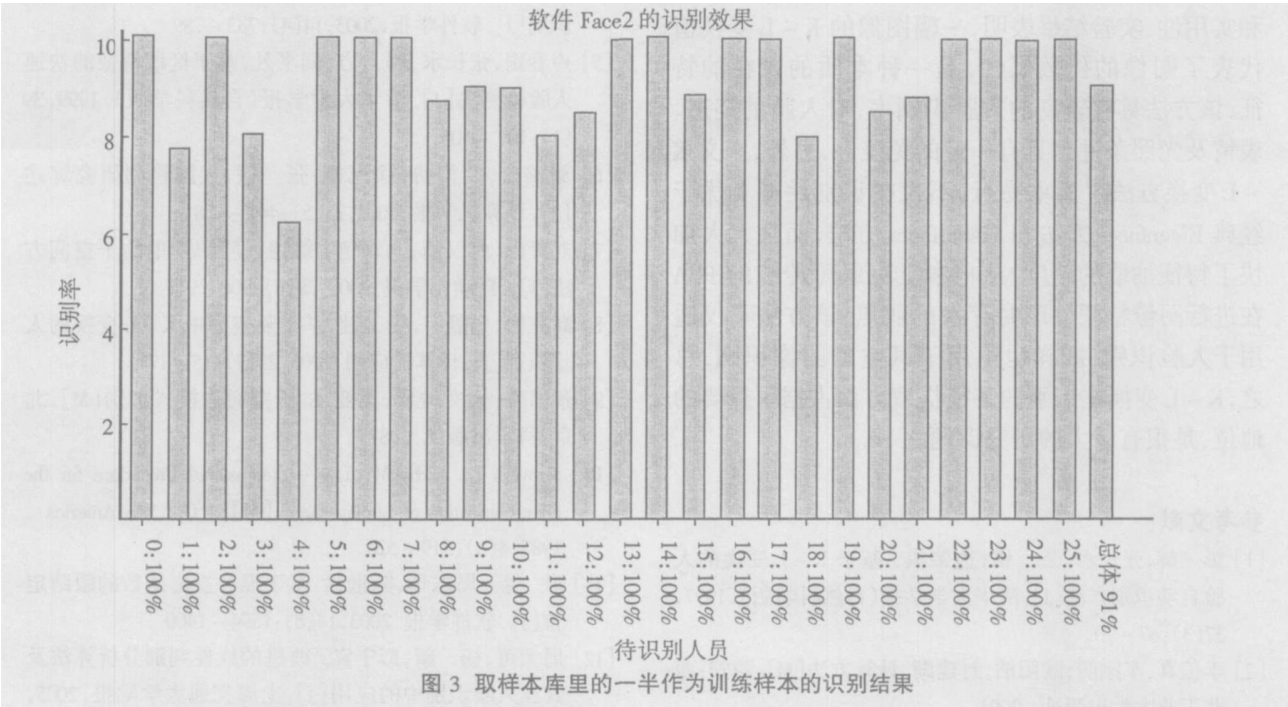


图 2 取自 AT&T 人脸库的几个示例人脸

我们用 AT&T 人脸库中的 26 位待训练者共 453 幅图像进行了实验,部分图片如图 2 所示.该数据库包括了在不同光照条件下拍摄的状态、表情、姿态等各不相同的人脸正面图像,用这些图片用于训练,同时也用这些图片作为待识别图片,得到了 90.

26% 的识别率.随意取 26 位的图像的一半作为待训练者,再让所有的图片又作为待识别样本,得到识别率为 91%,如图 3.实际上 K-L 变换的识别率可达到 96% 以上,这里的识别率未达到 96% 是因为取的图片表情过于丰富.



下表是在 26 人中选出 8 人共 131 张图片,并区别开训练图像与待识别图像时运用两个分类器的识别率比较.

训练人数/测试人数张/其他张/其他半/其他部/全部				
均方根号	62%	78%	87%	95%
最大绝对值	65%	76%	91%	95%

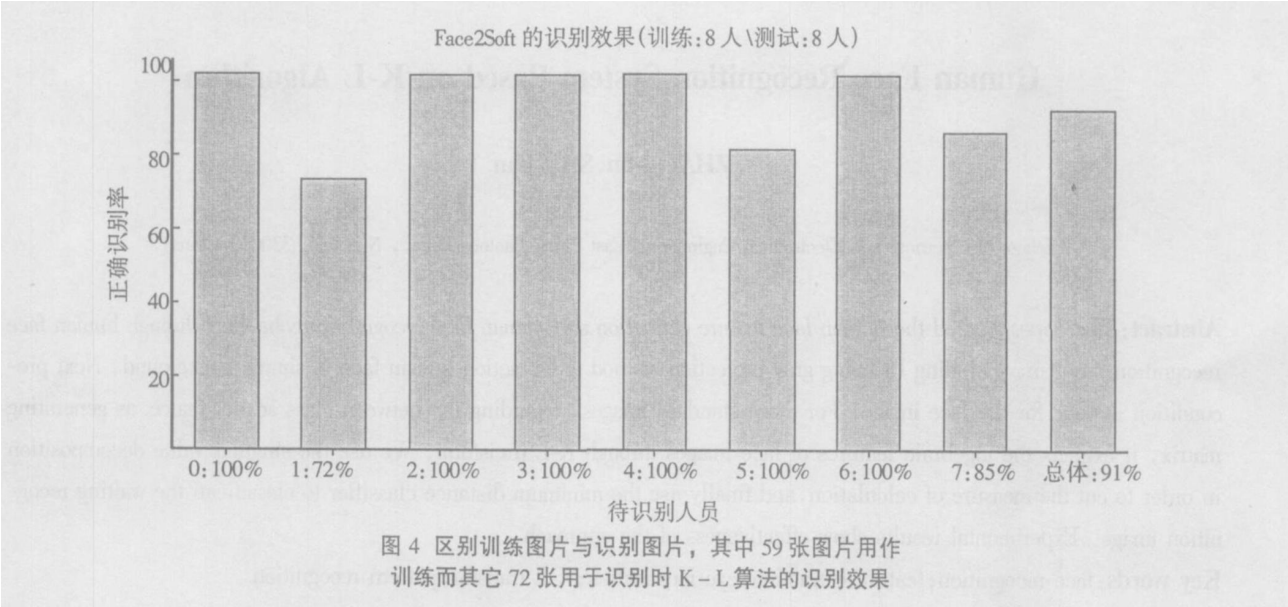


图 4 是用 AT&T 中 8 位随意选出 59 张用于训练,剩下的 72 张用于识别的效果的一个例子.可以看出在每位训练者只有一两张训练图片时,其识别率都不是很高,这也是 K-L 算法需要再次改进的地方.但在每位训练者用于训练的图片有六张以上时其识别率明显上升,可达到 90%以上,当训练图片再增至十多张时,其识别效果稳定在 95%左右,这时再增加训练者图片数量也很难再有明显地提高算法识别率了.

4 总结

使用 K-L 变换人脸识别算法,对准正人脸的识别率可达 95%左右,并且能够处理一定的光照强度、对比度和是否配戴眼镜等情况.通过对 AT&T 人脸库进行实验,证实了这些方法的正确性、有效性和实用性.实验结果表明,一幅图像的 K-L 变换值

代表了图像的代数属性,是一种本质的内在的特征.该方法具有较高的人脸识别率,对人脸的姿态、表情及光照条件也具有一定的免疫性.另外,广义 K-L 变换方法^[3]简单易行,不仅在识别性能上优于经典 Eigenfaces 方法和 Fisherfaces 方法,而且大大加快了特征抽取的速度,从根本上克服可传统的 PCA 在进行图像特征抽取时存在的弱点.该方法不仅适用于人脸识别,同样也适用于其它的图像识别.总之,K-L 变换在识别的特征提取方面占据了重要的地位,是很有潜力的研究课题之一.

参考文献:

- [1] 彭 辉,张长水,荣 钢,边肇祺. 基于 K-L 变换的人脸自动识别方法[J]. 清华大学学报(自然科学版). 1997, 37(3): 67—70.
- [2] 李信真,车刚明,欧阳洁,封建湖. 计算方法[M]. 西安:西北工业大学出版社. 2001.
- [3] 高秀梅,等. 一种广义的 k-l 变换与人脸识别[J]. 青岛化工学院学报. 2003, 23(3): 270—272
- [4] 周德龙,等. 基于奇异值分解和判别式 K-L 投影的人脸识别[J]. 软件学报. 2003, 14(4): 783—789
- [5] 卢春雨,张长水,闻 方,阎平凡. 基于区域特征的快速人脸检测法[J]. 清华大学学报(自然科学版). 1999, 39(1): 101—105.
- [6] 梁路宏,艾海舟,徐光档,张 钺. 人脸检测研究综述[J]. 计算机学报. 2002, 25(5): 449—458
- [7] 刘青山,卢汉清,马颂德. 综述人脸识别中的子空间方法[J]. 自动化学报. 2003, 29(6): 900—911
- [8] 高秀梅,杨静宇,杨 健. 基于复空间中 K-L 变换的人脸识别[J]. 计算机应用. 2003, 23(7): 15—17
- [9] 蔡国廉,杨文瑜译,奥亚 E. 子空间法模式识别[M]. 北京:科学出版社. 1987.
- [10] Sirovich L, Kirby M. Low dimensional Procedure for the characterization of human faces [M]. J Opt Soc America . 1987, 4(3): 519—524.
- [11] 耿 新,周志华,陈世福. 基于混合投影函数的眼睛定位[J]. 软件学报. 2003, 14(8): 1394—1400
- [12] 周大可,杨 新,彭宁嵩. 改进的线性判别分析算法及其在人脸识别中的应用[J]. 上海交通大学学报. 2005, 29(4): 527—530
- [13] 侯艳丽,杨国胜. 基于模糊聚类和 fisher 判据的图像分割算法[J]. 计算机工程与应用. 2004, 40(28): 62—63

Human Face Recognition System Based on K-L Algorithm

ZHAO Min, SHU jian

(School of Electrical and Electronical Engineering, East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper studied the human face feature extraction and human face recognition technology through human face recognition problem, including Utilizing gray projection method to extraction human face in simply background. Next pre-condition is done for the face image. For those standard images, regarding the between-class scatter matrix as generating matrix, it extracts the algebraic features of face images through K-L transform. We use the singular value decomposition in order to cut the measure of calculation, and finally use the minimum distance classifier to classificati the waiting recognition image. Experimental results show effectiveness of the approach.

Key words: face recognition; feature extraction; eye iocalization; K-L transfer; pattern recognition