

基于支持向量机的人脸识别算法研究

王玉德 张学志 封玲娟

(曲阜师范大学物理工程学院, 曲阜 273165)

摘要 对基于支持向量机的人脸识别算法进行了研究,并通过仿真实验验证算法的有效性。通过缩小图像的尺寸和离散余弦变换(DCT)来实现图像的预处理,应用基于类内平均脸的主成分分析(PCA)提取人脸图像的特征,应用支持向量机(SVM)实现人脸图像识别。还重点对影响人脸识别系统速度和识别准确率的相关因素进行了研究,为研究人脸识别技术的应用提供理论依据。

关键词 人脸识别 尺寸缩小 离散余弦变换 类内平均脸 主成分分析 支持向量机

中图分类号 TP391.41; **文献标志码** A

人脸识别是生物特征识别方法中的一种,它具备人的内在属性,具有很强的自身稳定性和个体差异性,是身份验证的最理想依据,具有重要的学术研究价值和广泛的应用前景^[1-4]。

由于人脸的特征维数高,正确识别难度大,利用计算机技术对人脸图像进行分析,从中提取有效的特征来识别人的身份,其关键技术在于人脸特征的提取和模式识别^[3,5]。为此,本文提出利用离散余弦变换(DCT)和基于类内平均脸的主成分分析(PCA)法提取人脸图像特征,应用支持向量机(SVM)进行分类识别的人脸识别算法。对该人脸识别算法进行研究,以更好地为人脸识别技术的应用提供理论依据。

1 人脸图像预处理

1.1 几何变换

ORL人脸库中图像的尺寸大小为 112×92 ,维数太高,在这儿采用缩放方法将给定的图像在 x 方向和 y 方向按比例 a 缩放,使人脸图像都统一到同样的大小,图像的缩放对比图如图1所示。



图1 同一个人的不同尺寸的图像

1.2 离散余弦变换

对于一幅大小为 $N \times N$ 的数字图像 $f(x, y)$,先将整体图像分成 $N \times N$ 像素块,对每一块逐一进行离散余弦(DCT)变换;设定阈值,滤除高频部分的系数,对余下的系数进行量化以去掉冗余数据;调用反离散余弦变换(IDCT)恢复图像。变换前后图像对比结果如图2所示。

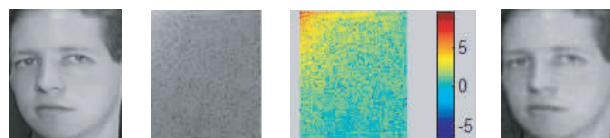


图2 离散余弦变换前后图像对比图

1.3 类内平均脸

对于一幅大小为 $m \times n$ 的人脸图像,将其每列依次相连,构成一个大小为 $D(D = m \times n)$ 维的列向量。设 M 是训练样本的数目, X_i 为第 i 幅人脸图像形成的人脸向量,则所有训练样本的平均图像向量和协方差矩阵分别为

2011年9月23日收到

第一作者简介:王玉德(1970—),曲阜师范大学副教授,硕士生导师,研究方向:图像处理与模式识别。

$$\mu = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i \quad (1)$$

$$S_T = AA^T = \sum_{i=1}^M (X_i - \mu)(X_i - \mu)^T \quad (2)$$

式中 $A = (\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n)$, $\Psi_i = X_i - \mu$, $i = (1, 2, \dots, M)$ 。

由于方差矩阵 S_T 的维数为 $(m^2 \times n^2)$, 直接对其求解很困难, 转变为求解 $A^T A$ 的特征值和特征向量。选择前 d 个最大的特征向量组成特征子空间即可。在新的特征正交子空间 U 中, 人脸样本 X_i 就可以表示为

$$Y_i = U^T X_i \quad (3)$$

由于这些特征向量与人脸相似的形状, 因此又称之为特征脸 (Eigenfaces)。

类内平均脸方法的基本思想是设样本的维数为 $m \times n$, 用 N_1, N_2, \dots, N_L 分别表示每一类训练样本的数目, N 为训练样本总数。则第 i 类训练样本集合表示为

$$X_i = \{X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iN_i}\} \quad (4)$$

第 i 类训练样本的类内平均脸为

$$\mu_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} X_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, L \quad (5)$$

因此, 对第 i 类训练样本进行规范化

$$\psi_{ij} = X_{ij} - \mu_i; \quad i = 1, 2, \dots, L; \quad j = 1, 2, \dots, N_i \quad (6)$$

此时, 协方差矩阵为

$$S_T = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{N_i} \psi_{ij} \psi_{ij}^T \quad (7)$$

从矩阵 S_T 的特征向量中, 取 m 个较大特征值对应的特征向量, 即 $u_i, i = 1, 2, \dots, m$, 从而构造特征脸空间 $U = [u_1, u_2, \dots, u_m]^T$ 。

同时, 为了使测试样本与训练样本具备可比性, 先计算所有训练样本的混合平均脸, 即

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{N_i} X_{ij} \quad (8)$$

然后对训练样本和测试样进行规范化。将 Ψ_{ij} 投影到特征脸空间, 即可获得训练样本和测试样本的投影特征为:

$$Y = U^T \psi_{ij} \quad (9)$$

图 3 所示为经过类内平均脸处理的 4 张人脸图像。



图 3 四个人的类内平均脸

2 支持向量机

支持向量机 (SVM) 的基本思想是在低维样本空间下, 选择某种非线性变换, 将输入向量映射到一个高维特征空间, 把线性不可分数据集变为线性可分的数据集, 随后在特征空间建立一个具有最大隔离距离的最优分离超平面, 实现数据分类^[2,6]。选择合适的 SVM 参数惩罚因子 $-c$ 和函数设置参数 $-g$, 提取人脸特征数据标签, 把提取的人脸的特征数据分类为训练集和测试集, 训练并得到支持向量机模型 (model)。进行人脸识别时把测试数据提供给支持向量机, 由 SVM 模型给出对人脸图像识别的结果。

3 实验研究

应用 ORL 人脸库数据来实验验证本文所提出的人脸识别方法。该图库由 40 个人组成, 它们具有不同的光照、表情、发型、转角, 以及睁闭眼和有无眼镜等区别, 如图 4 所示部分图像。



图 4 部分 ORL 中的人脸图像

3.1 影响人脸识别准确率和速度的因素研究

实行“一次性将人脸库导入”的方法。把 ORL 人脸库中图像一次全部导入, 由程序建立数据库存储, 需要训练集数据时, 直接从数据库中调用。这种方法处理的好处是避免了训练集样本的重复导入, 从而节省运行时间。不同数据读入方法对识别

速度的影响如表 1 所示。

| 表 1 导入 ORL 人脸库的方法对识别速度的影响 | | | |
|---------------------------|-------|----------|--------|
| 方法 | 图像数/幅 | 训练集图像数/幅 | 导入时间/s |
| 传统的方法 | 400 | 200 | 5.01 |
| 一次性导入 | 400 | 200 | 3.27 |

在一定的范围内缩小图像的尺寸,减少信息量、计算特征向量,计算速度更快;但过度的缩小图像的尺寸,又会降低识别的准确率。将 DCT 的截止阈值设定为 4, SVM 参数 $-c$ 为 3, $-g$ 为 0.4,训练样本和测试样本都为 5 的条件下进行实验验证,得到图像尺寸大小对人脸识别准确度的影响如表 2 所示。

| 表 2 不同尺寸图像的影响 | | | |
|---------------|------------|----------------|--------------|
| 图像尺寸 /像素 | 特征向 量维数 | 人脸识别的 准确度/% | 程序运行 时间/s |
| 5×5 | 25 | 94% | 3.13 |
| 7×6 | 34 | 95.5% | 3.17 |
| 8×7 | 48 | 98.5% | 3.20 |
| 20×15 | 48 | 94% | 3.43 |
| 70×60 | 48 | 91.5% | 15.87 |

通过设定 DCT 阈值,将图像中的高亮区和部分噪声分布在高频区中的系数化为零,滤除了光照和其它一些噪声对识别结果的影响;类内平均脸有利于缩小类内样本之间的识别距离,扩大类间样本之间的识别距离,从而对人脸识别准确率有一定影响。选择人脸特征向量维数为 48,图像尺寸为 8×7,设定 SVM 参数 $-c$ 为 3, $-g$ 为 0.4,训练样本和测试样本都为 5 的条件下进行实验验证,得到 DCT 和类内均值脸对识别准确率的影响,如表 3 所示。

| 表 3 DCT 和类内均值脸对识别准确率的影响 | | |
|-------------------------|-------|---------|
| 离散余弦变换 | 类内平均脸 | 识别准确度/% |
| 有 | 有 | 95.5 |
| 无 | 有 | 97 |
| 有 | 有 | 98.5 |
| 有 | 无 | 94.5 |

在实验过程中调整 SVM 的参数进行多次试验,得到了 SVM 参数 $-c$ 和 $-g$ 对图像识别准确率的影响的结果,如表 4 所示。

| 表 4 核函数参数对识别准确率(%)的影响 | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|--|
| $-c$ | $-g$ | | | | | | | | |
| | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | |
| 0.01 | 95.5 | 95.5 | 95.5 | 96 | 95.5 | 93.5 | 90.5 | 87 | |
| 0.1 | 95.5 | 95.5 | 95.5 | 96 | 95.5 | 93.5 | 90.5 | 87 | |
| 1 | 95.5 | 97 | 98 | 97 | 96 | 96 | 95.5 | 92.5 | |
| 10 | 97.5 | 98.3 | 98.5 | 98 | 97 | 96.5 | 96 | 94 | |

从表 4 可以看出,基于交叉验证网格搜寻的方法,并根据经验选择参数,找到合适的 $-c$ 和 $-g$,有利于提高人脸识别的准确率。

3.2 结果与分析

通过应用 DCT、PCA 对图像数据进行预处理并选择 SVM 模型的优化参数,实现了人脸图像的准确识别。在表 5 所示条件下识别准确率可达 98.5%,程序的运行时间 3.54 秒。

| 表 5 实验参数设置及实验结果 | | |
|---------------------------|------|------|
| 图像尺寸/像素 | | 8×7 |
| DCT 的截止阈值 | | 4 |
| 类内平均脸 | | 有 |
| 特征向量维数 | | 48 |
| SVM 参数 | $-c$ | 3 |
| | $-g$ | 0.4 |
| 训练样本/(幅·人 ⁻¹) | | 5 |
| 测试样本/(幅·人 ⁻¹) | | 5 |
| 程序运行时间/s | | 3.54 |
| 人脸识别的准确度/% | | 98.5 |

4 小结

对基于 DCT、PCA 和 SVM 分类器的人脸图像识别算法进行了研究,并应用 ORL 人脸库数据对算法的有效性和准确率进行了仿真验证实验,人脸图像识别准确率可达 98.5%;并研究了影响人脸识别准确率和识别速度的相关因素,给出了影响人脸识别准确率和速度的结果。研究结果对进一步研究人脸识别技术提供了理论依据。

(下转第 8644 页)

4 结束语

在国内口径达 650 mm 空间碳化硅指向镜设计方法是鲜有报道的,在国际上也是不多见的。本文作为抛砖引玉,介绍了一种设计方法,为国内设计大口径空间碳化硅指向镜提供参考经验。

参 考 文 献

1 马克苏托夫 Д Д 著. 天文光学工艺. 杨世杰译. 北京:科学出版

社,1964
2 裴云天,刘正兴. 用于空间光学仪器的镜子的轻量化研究. 中国空间科学技术,1991;11(6):11—16
3 傅丹鹰. 空间详查相机摇摆头反射镜轻量化分析研究. 中国空间科学技术,1992;8(4):33—37
4 Hookman R A, Zurmehly G E, Hodgman N S. Scanning mirror design considerations for a geostationary spaceborne radiometer. SPIE vol Surveillance Technologies II, Orlando, FL, 1992: 318—329

Light-weighted Design of Space Big Pointing Mirror Made of SiC

WANG Wei-cheng, PEI Yun-tian

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Science, Shanghai 200083, P. R. China)

[Abstract] A kind of light-weighted design of space big pointing mirror made of SiC is introduced, that involves the figure of pointing mirror, the structure of light-weighted holes on the back of the mirror. The mode of the mirror is done by the finite element method. It is supported to design of space big pointing mirror in the country.
[Key words] light-weighted design space pointing mirror

(上接第 8626 页)

参 考 文 献

1 Ergun Gumus, Niyazi Kilic, Ahmet Sertbas, et al. Evaluation of face recognition techniques using PCA, wavelets and SVM. Expert Systems with Applications 37, 2010;6404—6406
2 Sang-KiKim, YounJungPark, Kar-AnnToh, et al. SVM-based feature extraction for Face recognition. Pattern Recognition43, 2010;2873

3 赵传强. 基于 DCT 人脸识别方法研究. 通信与信息系统, 2007; (5):14—17
4 何国辉. 甘俊英. PCA 类内平均脸法在人脸识别中的应用研究. 计算机应用研究, 2006; (3):165—166
5 张学工. 模式识别(第 3 版). 北京:清华大学出版社, 2010
6 张浩然. 韩正之. 李昌刚. 支持向量机. 计算机科学, 2002; (1): 136—137

Face Recognition Algorithm Research Based on Support Vector Machine

WANG Yu-de, ZHANG Xue-zhi, FENG Ling-juan

(College of Physics And Engineering, Qufu Normal University, Qufu 273165, P. R. China)

[Abstract] Face recognition algorithm based on support vector machine is studied, and the validity of the algorithm is validated by the simulation experiment. By reducing the image size and adjusting discrete cosine transform (DCT) can realize the preprocessed image, applicating the principal component analysis (PCA) of class-based average face extraction of face image characteristics, applicating support vector machine (SVM) to implement face recognition. The impact of face recognition system on speed and the accuracy, are studied mainly which provides the theory basis for face recognition technology.
[Key words] face recognition reduce the size discrete cosin transform within-class average face principal component analysis support vector machine