

基于摄像头 PTZ 控制的人脸识别

蒋可心, 于鸿洋

(电子科技大学 电子科学技术研究院, 四川 成都 611731)

摘 要: 提出一种基于 PTZ(Pan, Tilt, Zoom)摄像头的人脸识别方法. 该方法根据人脸中心位置坐标, 计算得到 PTZ 摄像头的运动参数, 控制 PTZ 摄像头旋转, 使人脸中心位置与摄像头的视野中心重合, 然后将几何特征和 PCA(Principal Component Analysis)提取的特征在特征级进行融合, 把融合后的特征作为人脸识别的特征. 实验表明, 该方法能够减少单一特征的人脸识别的不足, 显著提高识别率, 且能识别出大范围内的人脸.

关键词: PTZ 摄像头; 人脸识别; 几何特征; PCA 特征

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)04-0048-04

Face Recognition Based on PTZ Camera Control

JIANG Ke-xin, YU Hong-yang

(Research Institute of Electronic Science and Technology,
University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: In this paper, a camera face recognition method based on PTZ (Pan, Tilt, Zoom) is proposed. In this method, the motion parameters of PTZ camera are retrieved based on the face center position coordinate and the PTZ camera rotates. With the rotation, the face center and the camera viewing field center overlap. Then the combined face characteristics extracted from geometric characteristic and PCA (Principal Component Analysis) are used as the face recognition characteristics. The camera effective recognition range is improved through reducing the influence of face attitude and position. Experiment results show that the method can reduce the scarcity of a single feature for face recognition, improve the effective recognition rate significantly with a wide distance range.

Key words: PTZ camera; face recognition; geometric features; PCA features

1 引言

随着视频监控、信息安全等应用领域的发展, 基于视频的实时人脸识别已经成为视频监控领域内最为活跃的研究方向之一. 由于静态摄像头能够检测到的视野有限, 且人站的位置会造成人脸角度的偏转较大, 严重影响人脸识别准确率. PTZ 摄像头^[1]用于监控区域的人脸识别, 可以扩大识别范围, 对于任何位置的人脸, 只要是人脸面对 PTZ 摄像头就能进行准确识别. 另外, 在人脸识别算法上, 主成分分析法^[2](PCA)是人脸识别的经典算法之一, 能够满足实时识别的要求, 而 PCA 提取的是人脸的统计信息, 受光照或者是化妆影响较大. 人脸几何特征^[3]是

人固有的生物特征, 受光照、化妆等的影响较小, 能够提取人脸的几何特征进行人脸识别, 但受角度影响较大.

单一特征识别由于受到各个方面的影响, 限制了人脸识别率的提高. 本文采用几何特征和 PCA 特征在特征级融合, 组成融合特征向量用于人脸识别, 能够减弱 PCA 受光照的影响和几何特征受角度影响较大的缺点, 显著提高人脸识别率.

2 人脸识别

2.1 几何特征识别

人脸面部的关键点是人脸识别的关键特征点, 人脸特征点的定位精度将直接影响到人脸识别率.

本文采用 ASM^[4] (Active Shape Model, 主动形状模型) 对人脸的特征点进行初始定位. ASM 首先对一组训练图像的局部灰度和形状进行建模, 这组训练图像标有标定点; 然后在对图像进行搜索的过程中利用模型的形状和模型上的点的局部灰度不断的调节姿态和形状参数, 从而使该模型的形状达到目标化. 经典 ASM 模型总共可分为三个部分, 分别为形状模型的建模、对局部灰度模型进行建模和最终的目标搜索.

点分布模型是用一组分布点来描述一个物体的形状特征. 点分布的原理是假设有一组含有 M 个样本的训练形状样本集合, 从该样本集合中我们可以得到形状的统计描述和其变化. 训练形状样本被我们认为是由物体轮廓上的关键标定点的坐标构成, 本文中人脸形状我们通过 68 个标定点的点分布来进行标示. 然后对标定好的训练形状样本进行标准化的对齐操作, 从而使形状样本集在空间中具有比较集中的分布. 通过对训练样本集的形状向量进行标准化对齐后, 我们可以得到一组新的形状向量, 从而利用这组新的形状向量建立起人脸的形状模型. 然后就可以对每个训练样本图像在每个标定点处进行灰度变化统计, 该变化统计方向是沿轮廓在该点的法线方向进行的, 得到该标定点在该区域灰度的变化规律. 然后就可以在目标图像中利用该模型进行目标形状搜索. 搜索到与训练样本相同形状的目标后在图像上标记出来各个特征点. 搜索标记结果如图 1 所示.

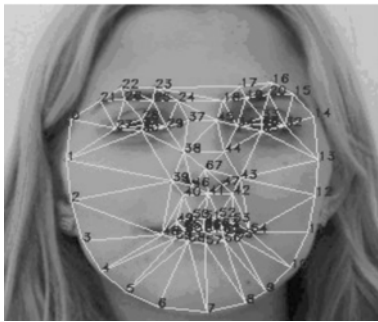


图1 定位到的人脸特征点

准确定位到人脸的特征点后, 根据关键特征点计算人脸的几何向量. 若选用 68 个点首尾相接组成的几何距离作为人脸几何特征提取, 使得到的向量维数过大, 计算过慢. 分析人脸几何分布得出, 对人脸分类作用较大的特征是眼睛、嘴巴和鼻子, 本文采用两只眼睛的左右眼角点、两个嘴角点、鼻尖点、两个鼻翼点、下巴中点等 13 个关键点组合成 14 个距离, 构成 14 维的向量. 由于图像大小对提取到的几

何距离有影响, 设计中, 以计算出人脸的两个内眼角间的距离作为参考, 其他距离除以该参考距离, 得到归一化的距离组成几何向量来表征每个人脸的几何特征.

2.2 PCA 人脸特征提取

PCA 方法是由 Turk 和 Pentlad 提出, 该方法是一种线性映射方法, 模式识别判别分析经常使用. 该方法通过样本点在多维空间的分布, 把样本点在空间中的变化最大的方向, 也就是最大方差的方向, 作为判别矢量来实现数据的压缩和特征提取. 从统计观点可知, 一个随机变量包含信息越多, 该随机变量的方差越大, 而当一个变量的方差为零时, 则不包含任何信息. 所谓主成分就是把原始数据的 m 个变量通过线性变换重新组合后得到的变量, 该线性变化使得其变换后的变量的方差为最大. 它的基础就是 Karhunen-Loeve 变换^[5] (K-L 变换), 是一种常用的正交变换. 下面对 K-L 变换作一个简单介绍:

假设 X 为 n 维的随机变量, X 可以用 n 个基向量的加权和来表示: $X = \sum_{i=1}^n \alpha_i \phi_i$, 式中, α_i 是加权系数, ϕ_i 是基向量. 此式还可以用矩阵形式表示:

$X = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)^T = \Phi\alpha$, 取基向量为正交向量, 即 $\Phi^T\Phi_j = \begin{cases} 1 & i=j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \Rightarrow \Phi^T\Phi_j = 1$, 则系数向量为: $\alpha = \Phi^T X$.

在人脸识别问题中, PCA 方法^[6] 又称为“特征脸”法, 是一种基于整幅人脸图像的识别算法. 通连接一幅 $M \times N$ 的二维人脸灰度矩阵的每列, 从而得到一个一维的大小为 $D = M \times N$ 列向量. 其中, 人脸图像的维数为 D , 也是图像空间的维数. 设训练样本的数目为 n , X_j 表示第 j 幅人脸图像的向量, 则所需样本的协方差公式如下表示为: $S_r = \sum_{j=1}^n (X_j - u)(X_j - u)^T$, u 为训练样本平均向量: $u = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j$.

令 $A = [X_1 - u, X_2 - u, \dots, X_n - u]$, 则 $S_r = AA^T$, 其维数为 $D \times D$.

根据 K-L 变换原理可知, 矩阵 AA^T 的非零特征值对应的特征性向量组成做所需要的新坐标系. 假如直接计算维数为 $D \times D$, 计算量过大, 因此采用奇异值分解 (SVD) 定理, $A^T A$ 的特征值和特征向量通过求 AA^T 的特征值和特征向量获取.

由 SVD 定理, 设矩阵 $A^T A$ 的 r 个非零特征值为 l_i , 而 v_i 代表 $A^T A$ 对应于 l_i 的特征向量, 则 AA^T 的正

交归一化的特征向量 u_i 为

$$u_i = \left[\frac{1}{\sqrt{t_i}} \right] A v_i, (i = 1, 2, \dots, r), \text{ 则组成的“特征脸”空间为: } \omega = (u_1, u_2, \dots, u_r).$$

通过把训练样本投影到“特征脸”空间,可以得到一组投影向量,将这组投影向量组合成人脸识别的数据库.在进行人脸识别时,将待识别的人脸图像投影到“特征脸”空间,然后利用距离分类器与数据库中保存的人脸数据进行比较,识别出是否是库中的人脸,是哪一幅,从而识别出人脸者的身份.

利用 PCA 统计特征可以提取人脸总体特征,通过 PCA 提取人脸特征的主成分,去掉对识别作用不大的特征,通过 K-L 变换,将人脸图像用一个低维子空间进行描述.本文中将人脸图像降维到 28,可以大大减少特征向量的维数,提高识别的速度.

2.3 人脸特征提取主流程图

本文将在几何特征提取阶段得到的人脸的几何特征和在 PCA 特征提取阶段得到的人脸主成分特征在特征级融合,组成一个 42 维的特征向量,然后利用特征向量间的欧氏距离进行识别.人脸特征提取流程图如图 2 所示.



图 2 人脸特征提取流程图

首先加载人脸图像库,将库中每人选择 20 张图像加载到项目中,然后对每张图像进行人脸检测,然后裁剪出人脸区域,为减少光照的影响,对剪裁出的每张人脸图像进行预处理,然后将人脸归一化为 200×200 大小的图像.

得到人脸图像矩阵后,对保存的人脸图像进行 PCA 变换,得到“特征脸”子空间.依次将每张图像投影到子空间得到人脸 PCA 特征向量,对每张人脸图像使用 ASM 进行特征点定位,对关键特征点求取几何特征向量.对提取的人脸 PCA 特征向量和几何特征向量进行融合,组成 42 维人脸特征向量.

最后将得到的人脸特征向量和人的名字等信息一起存为分类库 (facedata.xml) 文件,在识别阶段加载该库进行人脸识别.在本文中每人的特征向量

维数不高,可以满足识别的要求.

2.4 人脸识别过程

人脸识别的最后一个过程就是分类过程,通过分类将判定各个图像归属于哪个类别.人脸图像经过某一种有效的算法进行特征提取以后,就要根据这些特征来构造判据准则,来设计分类器.分类过程就是将获取的人脸图像进行特征进行归类的过程.本文中利用提取的特征向量,计算视频中人脸图像和训练样本得到的特征向量之间的欧氏距离,求出最小的欧氏距离,然后与设置的阈值相比,如果大于该阈值则将图像分为该类.

距离分类器是最简单、计算速度最快的识别方法,且欧氏距离是使用最普遍计算最快的决策准则,本采用欧氏距离作为识别分类器,欧氏距离的公式:

$$d(x_i, x_j) = \|x_i - x_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2}.$$

人脸识别时首先获得 PTZ 摄像头的预置位,每次识别开始的时候都将 PTZ 摄像头恢复到该位置.然后从服务器获取人脸所在的空间坐标,然后通过该空间坐标计算出人脸所在位置和 PTZ 摄像头的初始位置的相对关系,控制 PTZ 摄像头的运动,使人脸位于 PTZ 摄像头的视野中心,对获取到的视频进行人脸检测,若检测到人脸就开始进行识别,否则的话继续进行检测.

识别过程流程图如图 3 所示.

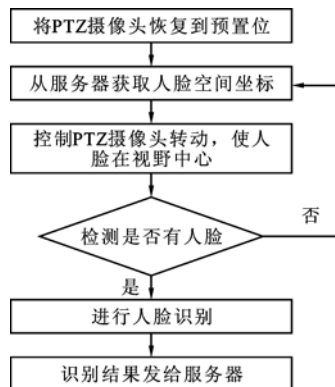


图 3 人脸识别过程流程图

3 PTZ 摄像头控制

当视野中出现人脸时,控制 PTZ 摄像头移动,使人脸处在 PTZ 摄像头视野的中心位置.以 PTZ 摄像头为零点建立空间坐标系,设置 PTZ 摄像头的预置位,将 PTZ 摄像头正对着监控门口,当人脸出现在 PTZ 摄像头视野中心且人脸大小为 200×200 易于识别时为 PTZ 摄像头的预置位,此时人脸中心

点的坐标为 $(0, d, 0)$, d 为人在的位置距离 PTZ 摄像头的距离. 则此时人对于 PTZ 摄像头水平和垂直角度均为 0 度. 空间坐标系如图 4 所示.

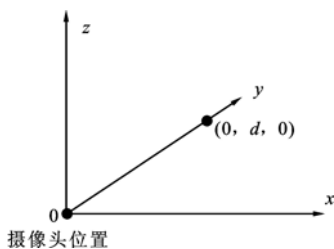


图 4 PTZ 三维坐标系

通过人脸中心的空间坐标计算 PTZ 摄像头的转动方向与角度. 设摄像头每次水平旋转的角度为 α_0 , 垂直旋转的角度为 β_0 , 水平角度和垂直角度为 α 和 β , 人脸所在的位置坐标为 (x, y, z) , 则 α 和 β 的计算公式如下:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{x}{y}\right)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right)$$

则 PTZ 摄像头水平和垂直转动的次数分别为 $\text{LevelNum} = \frac{\alpha}{\alpha_0}$, $\text{VerticalNum} = \frac{\beta}{\beta_0}$. 经过 LevelNum 次水平旋转和 VerticalNum 次垂直旋转使人脸在 PTZ 摄像头的视野中心.

接下来要控制 PTZ 摄像头的放大和缩小使得得到的人脸图像大小为 200×200 , 与训练数据库的大小接近, 以便提高识别率. 在设置预置位时使 PTZ 摄像头处于非放大状态, 设置 PTZ 摄像头每次放大 1.2 倍, d_0 为每放大一次人脸中心坐标靠近 PTZ 摄像头的单位距离. 则人脸在点 (x, y, z) 要放大的次数为 $\text{ZoomNum} = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{d_0}$. 控制 PTZ 摄像头旋转到合适位置并且放大到合适大小, 开始进行人脸识别.

4 实验结果与分析

本文对视频流和自行创建的人脸库进行测试, 分析对比单纯几何特征、PCA 特征以及两者融合特征三者的识别率可以看出, 几何特征和 PCA 特征融合后的识别率显著提高, 并且速度能满足实时性的需要. 识别结果如表 1 所示.

由表 1 可知在小样本的情况下能够达到 91%, 在增大样本或者是视角偏转较大的情况下会使识别

率下降. 在使用 PTZ 摄像头进行识别时, 当人脸与 PTZ 摄像头正对时基本能正确识别出人脸者; 当人脸偏转角度较大时, 会对人脸有部分遮挡, 不能完全提取到整个面部特征, 使识别率下降. 与普通静态摄像头相对比, PTZ 摄像头能够对较大范围内人的位置处人脸进行准确识别, 且距离较远的人脸也能识别出, 而静态摄像头基本只能识别正对摄像头的视野内的人脸, 且有角度时识别率不高.

表 1 静态图像识别结果

图像总数	100	150	200	500
几何特征	87	82.7	84	84.2
PCA 特征	88	87.3	86.5	84.4
融合后特征	91	90.7	89.5	89

5 结束语

基于 PTZ 摄像头的人脸识别可以根据人在视野中的位置旋转 PTZ 摄像头, 使人脸位于视野中心位置, 并以预设大小的人脸图像用于识别. 本文提出使用 PTZ 进行人脸识别的方法能够增大人脸识别的场景视野, 将人脸几何特征和 PCA 特征在特征级融合, 显著提高了人脸识别率.

参考文献:

- [1] 裴仁旺. 摄像头 PTZ 控制的目标跟踪[D]. 武汉: 华中科技大学, 2012.
- [2] 李冠楠, 李强. 一种基于人脸核心特征的 PCA 人脸识别算法及应用[J]. 电子器件, 2012, 35(5): 607—610.
- [3] 姜贺. 基于几何特征的人脸识别算法的研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [4] 孙成志. 人脸关键特征点定位研究及应用[D]. 成都: 电子科技大学, 2009.
- [5] 张学工. 模式识别[M]. 3 版. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [6] 尹飞, 冯大政. 基于 PCA 算法的人脸识别[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(10): 31—33.

作者简介:

蒋可心 女, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为图像处理、人脸识别.

于鸿洋 男, (1964-), 副教授. 研究方向为数字视频、图像传输、三维技术和算法.