

【自动化技术】

人脸识别技术综述^{*}

薛冰, 郭晓松, 蒲鹏程

(第二炮兵工程学院, 西安 710025)

摘要: 对人脸识别技术的理论背景、研究现状进行了介绍, 重点对现今人脸识别常用算法及其优缺点进行了分析, 并对当今人脸识别中存在的主要问题提出了相应的解决对策。

关键词: 人脸识别; 人脸检测; 姿态问题; 光照变化; 表情变化

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2010)07-0119-03

人脸识别是图像分析与理解最重要的应用之一, 也是人类开发自身生物特征的又一次伟大尝试。所谓人脸识别, 就是利用计算机分析人脸视频或者图像, 并从中提取出有效的识别信息, 最终判别人脸对象的身份。

人脸识别的研究可以追溯到 20 世纪 60 年代末期, 随着人们对人机交互、图像理解、自动身份识别的要求的提高, 人脸识别技术得到了飞速发展。但是, 真正人脸识别技术的发展是在 20 世纪的 80 ~ 90 年代, 促进这一发展的原因是计算机硬件成本的下降。近年来, 特别是“911”恐怖袭击事件发生之后, 由于各方面对安全保障系统的迫切需求, 人脸识别的研究变得非常热门。各种关于人脸识别的研究成果也层出不穷, 这其中既包括新技术的提出、经典理论的改进, 也包括多种理论的综合。在国外, 还出现了针对人脸识别专门召开的国际会议, 例如, AFGR (the international conferences on automatic face and gesture recognition) 和 AVBPA (the international conferences on audio-and video-based person authentication)^[1]。这一研究方向之所以能够吸引如此多的注意力, 本质上是由于这一领域蕴含着无限的商业价值。在科技飞速发展的时代, 人们迫切需要一种全新的安保技术: 这种技术能够确保每个人的安全, 而与此同时, 这种技术又能不打扰每个人的正常生活。其他的安保技术, 例如指纹识别、视网膜和虹膜扫描等, 虽然这些技术目前已经十分可靠, 然而这些技术得以应用的前提是必须得到参与人的合作, 也就是要不可避免地影响人们的正常生活。但在这个个人生存空间越来越受重视的时代, 这一点恰恰是很多人所厌恶的。而人脸识别技术能够很好地解决这个问题, 因而当前世界各国有许多机构都在从事这方面的研究, 并受到军方、警方以及许多大公司的高度重视和资助。从整体上看, 一个人脸识别系统应该包括 2 个部分: 人脸检测^[2] 和 人脸识别^[3], 人脸检测是指对于任意一幅给定的图像, 采用一定的策略对其进行搜索

以确定其中是否含有人脸, 如果是则返回人脸的位置及大小。人脸识别则是指利用已知的人脸身份数据库来鉴别被测图像中人脸的身份。这 2 个部分紧密相联, 人脸检测是人脸识别的基础, 如果人脸检测的效果不理想, 那么再好的人脸识别策略都是空谈。而反过来, 如果人脸识别的效果不理想, 即使有完全精确的人脸检测方法, 最终的系统还是无法正确判断出被检测人的身份。现今基于 Ada-boost 技术^[4] 的人脸检测技术已经十分成熟, 能够很好的解决相关问题, 对此不再阐述。

1 人脸识别常用算法

针对人脸识别算法的研究已经很多年, 目前常见的人脸识别基本算法可分为几类: 基于几何特征的人脸识别、基于子空间分析的人脸识别、基于模板匹配的人脸识别、基于隐马尔可夫模型的人脸识别、基于神经网络的人脸识别和基于 3-D 的人脸识别等。

1.1 基于几何特征的方法

这类识别方法首先将人脸用一个几何特征矢量表示, 进而用模式识别中的层次聚类思想设计分类器对人脸进行识别。在这种基于几何特征的识别中, 识别总归为特征矢量之间的匹配, 基于欧氏距离的判决^[5] 是最常用的识别方法。

侧影识别是最早的基于几何特征的人脸识别方法, 主要是从人脸侧面轮廓线上提取特征点入手。一般将侧影简化为轮廓曲线, 从中抽取若干基准点, 用这些点之间的几何特征来进行识别。由于现在的证件照片多为正面, 所以对侧面人脸识别的研究最近已不多见。正面人脸识别最关键的一步是合适的归一化, 使之不依赖于图像中人脸位置的尺度和旋转变化。识别所采用的几何特征有人脸的五官如眼睛、鼻子、嘴巴等局部形状特征, 脸型特征及五

^{*} 收稿日期: 2010-03-28

作者简介: 薛冰 (1987—), 男, 硕士研究生, 主要从事人脸检测及人脸识别方面的研究。

官在脸上分布的几何关系特征。以人脸器官的形状和几何关系为基础的特征矢量,其分量通常包括人脸指定两点间的欧式距离、曲率、角度等。

基于几何特征的识别方法具有的优点:①符合人类识别人脸的机理,易于理解;②对每幅图像只需存储一个特征矢量,存储量小;③对光照变化不太敏感。但同时存在如下问题:①从图像中抽取稳定的特征比较困难,特别是当特征受到遮挡时;②对强烈的表情变化和姿态变化的鲁棒性较差;③一般几何特征只描述了部件的基本形状与结构关系,忽略了局部细微特征,造成部分信息丢失。其典型的算法主要有活动轮廓模型和可变形模板模型等。

1.2 基于子空间分析的人脸识别

子空间方法的基本思路是将高维的人脸图像特征通过空间变换(线性或非线性)压缩到一个低维的子空间进行识别。

最初的子空间被看作一组正交归一的基本向量,所以统计正交展开的方法得到了应用。20世纪80年代末,研究人员将KL变换的思想引入图像表达领域,开发出一种最小均方误差意义下描述人脸图像的最优技术。由此,利用重构权向量作为识别用的特征,提出“特征脸”识别技术^[6]。从所提取特征的角度来看,基本的线性子空间方法中包含表达性特征提取方法和鉴别性特征提取方法2类。表达性特征提取方法中有2类代表性技术:①主成分分析(PCA);②独立分量分析(ICA)。鉴别性特征提取方法中也分为2类:①线性鉴别分析(LDA);②类以来特征分析(CFA)。PCA方法实际上是在二阶统计量上的去相关^[7],而ICA则是在所有阶统计量上的去相关,从而使信号的二阶统计量和高阶统计量都得到了有效利用,其基本思想是通过线性变换,从训练样本中找到一组互相独立的基(独立分量),并以此来描述样本数据。ICA方法可以看成是PCA方法的泛化^[8],在人脸识别中有广泛的应用。在基于线性子空间的人脸识别中,实际上是把人脸图像中存在的表情、姿态及光照等复杂的变化进行了线性简化,因此不可能得到人脸充分的描述。

1.3 基于模板匹配的人脸识别

这类方法的基本思想是将人脸灰度图像当作数据库中的模板^[9],然后通过计算未知样本和已知模板间的归一化相关来进行人脸识别,对全局模板整个人脸或局部模板眼睛、鼻子和嘴巴都进行了尝试。他们在一个由个人组成的人脸数据库上将该方法与基于几何特征的方法进行了比较,实验结果表明:在人脸尺度、光照、姿态条件稳定的情况下,模板匹配方法取得的识别精度更高。此外,在对模板性能的评估中他们得出的结论:眼睛区域模板效果最好,然后依次是鼻子、嘴巴和整个人脸。简单模板的方法易于实现,但它的大小固定,不能动态检测人脸的位置,于是论文中提出了基于弹性模板的方法。弹性模板是由一个根据被测物体形状而设定的参数化的可调模板和与之相应的能量函数所构成,能量函数要根据图像的灰度信息、被测物体轮廓等先验知识来设计。弹性模板的参数向能量减小的方向调整,当能量达到最小时,这组参数对应

的模板形状^[10]最符合特征形状。由于弹性模板可调,能够检测不同大小、具有不同偏转角度的物体。

模板匹配方法虽然简单直观,但由于特征向量维数通常就是人脸图像像素个数,因此2个样本之间的相似性的计算量很大。在实际应用中,当模板数据库中的人数较多时,该方法的识别速度将是难以忍受的。此外,由于该方法需要将图像数据作为模板文件存储起来,又造成了存储的不紧凑性问题。目前已应用于人脸识别中的非线性子空间方法有核主分量分析、核Fisher判别分析和核独立分量分析等。

1.4 基于隐马尔可夫模型的人脸识别

在人脸识别中识别的对象应该包括人脸各个器官的数值特征及各个器官联系特征信息。而隐马尔可夫模型(HMM)^[11]提供了解决这一问题的方法,按照这种模型,观测到的特征被看成是另一组不可观测“状态”产生的一系列实现。因而可以将不同的人用不同的HMM参数来表征,而同一个人由于姿态和表情变化产生的多个观测序列可以通过同一个HMM模型来表征。

最早由Samaria提出了关于人脸的隐马尔可夫模型^[12]。隐马尔可夫过程是一个双重的随机过程:一个潜在的过程称为“状态”过程;另一个可观测过程称为“观测序列”,观测序列是由隐含的状态过程决定的。基于HMM的人脸识别方法能够允许人脸有表情变化和较大幅度的头部转动,具有较高的识别率,但同时提取特征和训练模型参数时却需要较大的运算量,因而应用较少。

1.5 基于神经网络的人脸识别

所谓人工神经网络,是一种模仿生物神经网络行为特征的分布式并行信息处理算法结构的动力学模型。将人工神经网络应用于人脸识别,一个直观的想法是建立一个神经网络,其中每个神经元对应图像中的一个像素。

最早将人工神经网络用于人脸识别的是Kohonen,他建立了一个采用关联图的人脸记忆系统,当输入图像含有大量噪声或者有部分遮挡的时候,也能准确地回忆出人脸。然而,由于图像的维数非常高,直接采用图像向量进行训练很困难。因此一般不直接对输入图像进行训练学习,而是先把原图像作降维处理。对此,Cottrell和Fleming提出了一个解决方案^[13],他们引入了一个自联想模型,采用两层神经网络结构:第1层神经网络用来降维;第2层用来分类。遗憾的是,经实验表明这种类型的神经网络的人脸识别效果并不比“特征脸”方法出色。为了充分发挥神经网络的非线性学习能力,其他类型的神经网络被研究应用于人脸识别领域。如采用卷积神经网络方法进行人脸识别,由于卷积神经网络集成了相邻像素之间的相关性信息,因而在一定程度上具有对图像平移、旋转和局部变形的不变性,因此可以得到比较好的识别结果。然而,人工神经网络也会遇到诸多问题,比如当输入的训练样本集较大时,会出现过拟合现象,当输入样本维数过高导致算法收敛缓慢而出现学习等问题。此外神经网络在训练最优参数时必须有多样本输入,因此对单样本人脸识别问题是无能为力的。

1.6 基于3-D的人脸识别

目前的人脸识别主要还是针对二维图像或二维动态视频序列进行研究,二维图像识别技术在其他领域已有很多的应用,但是由于人脸是个塑变体,使得通过二维图像识别技术对人脸识别存在困难。另外,基于二维图像的人脸识别,不可避免受到环境光线、背景、视角等和人脸的姿态、表情、遮挡等不利影响,因而其识别精度很难有进一步的提高。

为了克服基于二维图像人脸识别技术的不足,有研究者已经开始对三维人脸识别技术进行研究。Bronstein^[14]提出了一个3D人脸识别方法,该方法允许与面部表情有关的变形,把3D人脸数据转换成“特征形式”,使它成为模型的形状变化的不变量;Gokberk把基于扩展的高斯图像、ICP匹配、距离轮廓、PCA和线性判别式分析(LDA)的方法分别用作3D人脸识别,并使用Beumier和Acheroy使用的数据;Lee提出了基于人脸8个特征点的曲率值的3D人脸识别方法;Lu和Jain发展了以前基于ICP的识别方法,用它清楚地处理人脸面部表情的变化;Chang将人脸数据映射成圆形的距离图像将多区域方法引入到3D人脸识别中它是一种分类器集合体方法,对鼻子周围的多个重叠子区域分别用进行ICP匹配,并合并多重3D匹配的结果;Passalis^[15]采用的是带注释的可变模型研究3D人脸识别,在统计学的基础上对训练集计算出平均3D人脸。

对目前的三维人脸识别技术而言,存在的最大困难是人脸三维点云数据的获得。近几年光学三维形貌测量技术有了很大的进展,已发展出一些具有实用潜力的三维形貌测量技术,如结构光投影相移技术、结构光投影傅里叶变换技术等,使得三维人脸的识别成为可能。但是,通过向人脸投射结构光事实上已经是一种接触式的识别方法,对被识别者不够友好,并且也失去了信息隐蔽采集的能力,这样在很大程度上减弱了较之指纹识别等的优势。因此,如何快速高效并且隐蔽地获取被识别者的三维人脸信息是今后需要研究的重点。

2 人脸识别存在的主要问题和对策

目前,人脸识别技术已经从理论走向了实用,在特殊场合已经得到了广泛应用,但是限制其应用的最主要难题是:人脸姿态、光照变化、表情变化所导致的识别效果不理想。

对于姿态的变化,采用通用3D模型和形变模型的方法是目前较好的选择。一旦建好人脸的3D模型,通过几何变换可以生成任意姿态的图像。采用图像或视频序列,通过调节通用3D模型的方法可以获得特定人的3D模型,但是对图像质量要求较高,而且需要自动准确的定位特征点。特征点较少获得的模型不够准确,这种误差对识别性能的影响还需要在大的数据库上进一步验证。基于2DAAM的方法,由于只能在一个小的变化范围内变形,因此需要建立多个基于视角的AAM模型,对于光照、姿态同时变化处理不够好。借助3D数据和形变模型的方法可以

处理姿态、光照、表情等多种变化,并能获得很好的识别效果。但3D模型向2D图像的快速匹配是关键。通过ISO-MAP^[16]等方法估计低维的内嵌结构来消除姿态变化的非线性特征是一个好的选择,该类方法在人脸识别中的应用研究仍较少。

对于光照变化,熵图像是处理光照变化的一个有效方法。结合图像变形技术可以更好地处理光照和姿态的变化。早期的研究表明:光照变化的人脸图像位于一个低维子空间中,而球谐函数分析法从理论上证明了这一点。基于阴影的形状恢复技术可以同时恢复3D形状和表面反射系数^[17],从而合成任意姿态和光照变化的人脸图像。它存在的主要问题是需要多个控制下的不同光照图像,实际应用比较困难。而且该方法建模算法复杂,模型受到噪声的影响也较大。目前对于光照子空间的方法研究较多,但从视觉的角度出发,对如何消除光照的影响,从而恢复出均匀光照的图像的研究仍然较少。

对于表情变化,采用同一个体和不同个体的图像进行弹性变形的概率模型方法获得了较好的识别效果,也可以采用3D模型和形变模型进行识别。采用对表情变化鲁棒的分形编码也是一个好的尝试。对于年龄变化,基于模拟年龄变化的方法是一个好的尝试,但是这方面研究很少。既然部分人脸也能够提供很多信息,对于有遮挡的人脸图像只需对可见部分进行匹配识别,主要问题是准确地分割并获得输入图像和库图像的对应区域。超分辨率复原技术是解决低分辨率图像识别的一个有效方法,如何快速有效地恢复有用信息是主要目标。

3 结束语

随着研究的逐渐深入,人脸识别技术正在逐步走向实用。现有人脸识别技术已经在安全认证、人员考勤、港口管理等领域得到了应用。虽然仍存在一定的错误率,但是随着社会的进步和计算机技术,以及人脸识别技术的不断深入,人脸识别技术必将迎来一个更大的发展期,进而推进人脸识别成果的转化应用,为人们生活提供便利。

参考文献:

- [1] Bledsoe W. The model method in facial recognition. Technical Report PRI 15[Z]. Palo Alto: Panoramic Research, Inc, 1966.
- [2] Yang M, Itt, Kr legman D J, Ahuja H. Detecting faces in images: A survey[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(1): 34-58.
- [3] Zhao W, Chellappa R, Rosenfeld A, et al. Face recognition: A literature survey[J]. ACM Computing Surveys, 2003(6): 399-458.
- [4] 梁路宏, 艾海舟. 人脸检测研究综述[J]. 计算机学报, 2002, 25(5): 449-458.