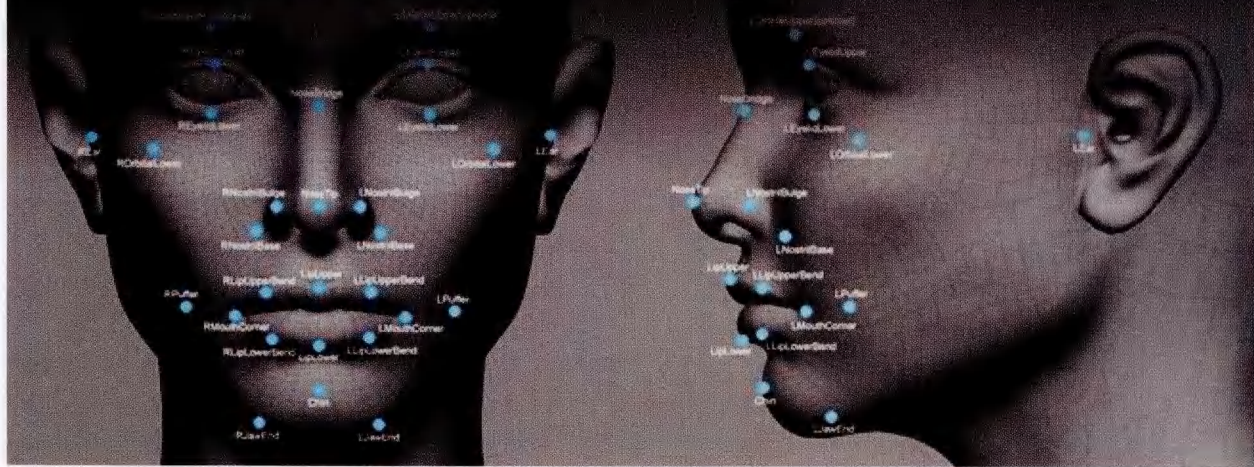


3D人脸识别技术及应用

田强^{1,2} 张权³ 朱桐³ 田青^{1,2} 夏卫军³ 戚鹿宁³

1. 公安部第一研究所 2. 证件防伪公安部重点实验室 3. 公安部警卫局信息技术中心



摘 要: 介绍了人脸识别技术的主要方法、3D人脸识别技术和基于2D图像的3D人脸识别技术, 重点阐述了基于二维图像的三维人脸识别技术概念和建模技术, 并对人脸识别技术的未来发展方向做了简要描述。

关键词: 2D 3D 人脸识别 人脸三维建模

一、引言

随着社会的不断进步及各方面对于快速有效自动身份验证的迫切需求, 生物特征识别技术在近几十年中得到了飞速的发展。人脸识别由于具有直接、友好、方便的特点, 使用者无任何心理障碍, 易于接受, 得到了广泛的研究和应用。

经过几十年的研究和积累，人脸识别领域产生了数量庞大的文献和方法，现有的人脸识别技术大致可分为2D人脸识别和3D人脸识别两类。其中，3D人脸识别技术可细分为基于数据的3D人脸识别技术和基于2D图像的3D人脸识别技术。

基于二维空间的人脸识别系统尽管已广泛应用于工作和生活的各个领域,但是要做到非常准确的识别仍然存在很大困难,比如图像采集时很容易受到光照、拍摄角度等客观因素的影响等。鉴于此类缺陷,目前已有越来越多的学者致力于研究基于三维人脸数据的3D人脸识别系统(见图1),并取得了一定程度上的突破。



图1 3D人脸识别建模

二、基于三维数据的3D人脸识别方法

基于三维数据的3D人脸识别是直接利用人脸深度图像进行研究,自80年代末期开始,已经取得了一定的研究成果,主要有基于图像特征的方法和基于模型可变参数的方法。

(一) 基于图像特征的方法

该方法主要利用深度图像处理技术, 获取深度图像自身曲三维人脸建模技术探讨面的曲率几何特征、凹凸区域特征和正侧面轮廓边缘特征用于比较和识别。最初采用的

方法是基于轮廓线的方法,通过人脸曲面曲率的分析,提取轮廓线上的特征点,利用轮廓线作为特征进行人脸识别。后来出现了从3D人脸结构中分离出姿态的算法。该方法首先匹配人脸整体尺寸轮廓和三维空间方向,然后在保持姿态固定的情况下,进行脸部不同特征点的局部匹配。

(二) 基于可形变模型的方法

该方法将通用人脸模型的3D变形和基于距离映射的矩阵迭代最小相结合的方法,恢复头部姿态和3D人脸并进行识别。随着模型形变关联关系的改变不断更新姿态参数,重复此过程直到最小化尺度达到要求。

基于可形变模型的方法与基于图像特征的方法的最大区别在于:后者在人脸姿态每变化一次后,需要重新搜索特征点的坐标,而前者只需调整3D变形模型的参数。

三维数据人脸识别技术增加深度(Z坐标)的信息,形成了面孔真正的曲面。精确的3D信息允许面孔在一个连续角度的范围转到一定的位置,基本不受视角变化的影响,这是2D人脸识别不可能实现的。并且,面部特征通过曲面信息构成,对光线的依赖因此消失,大大提高了识别精确度。

三、基于2D二维图像的3D识别技术

传统的3D人脸识别技术将人体头部模型正面可见部分建立全三维立体坐标,一直存在采集设备昂贵、采集系统复杂、传输量大、人脸3D模型库重建算法复杂、识别速度慢等缺点。因此,许多研究机构着手研发基于2D图像的3D人脸重建识别技术。

基于二维图像的三维人脸重建识别技术可有效利用较为成熟的二维图像识别技术,同时结合三维信息所包含的人脸三维形状属性,从而获得更好的人脸识别效果。其核心思想为从二维图像重建三维人脸模型,即分别从2D人脸和3D人脸上提取特征并合并为一个整体的特征向量,输入人脸分类器进行识别计算。基于二维图像的三维人脸建模方法分为以下几类:基于单幅图像的方法、基于两幅或多幅图像的方法、基于可形变模型的人脸三维建模和识别方法。

(一) 基于单幅图像的方法

从单幅图像恢复出场面的深度信息是一个复杂的问题,因此对于输入单幅图像的人脸三维建模算法,一般需要借助人脸的先验信息来辅助人脸建模过程。利用单幅图像重建人脸的算法主要有从明暗恢复形状(Shape from Shading, SFS)的方法和基于统计学习模型的方法。

SFS是指从图像的灰度值中恢复出物体的三维形状及表面方向,是计算机视觉中的一个经典研究问题。SFS算法一般需要假设物体表面是朗伯体表面且外界光源条件已知,比较适于灰度变化平缓的图像区域的深度恢复。将其直接应用到人脸表面重建时,在处理面部器官区域会出现深度二义性的问题,比较典型的是鼻子区域,本应隆起的鼻子被恢复为凹陷的。针对这个问题,Hancock等人提出了一种基于Local Shape Indicators的SFS算法和基于表面法向量统计模型的SFS算法。基于Local Shape Indicators的算法SFS利用曲率指示当前局部形状的凹凸变化趋势,并通过指定一个全局的最高深度值(鼻尖点)作为基准,来确定当前恢复出的深度值的指向。该方法可以很好地从灰度图中恢复出三维人脸的深度信息。

基于统计学习模型的算法主要对图像纹理数据进行处理,挖掘其深度信息。基于统计学习模型的方法主要有:基于图像灰度值和深度值的多元正态分布法、基于标准相关分析(Canonical Correlation Analysis, CCA)法等。多元正态分布法将图像灰度值和相对应的深度值连成一个向量,并利用一个多元正态分布,描述该向量的统计特性。输入一幅待恢复深度的人脸图片,其灰度值相当于已知数据,通过条件密度函数估计,可以根据灰度值恢复出对应的深度值。该方法的主要不足在于对人脸图像没有很好地配准,导致了较大的误差。CAA法从彩色RGB图像中恢复深度图像。该方法通常先定位出人脸面部的特征点,并通过人脸对齐和变形过程完成人脸纹理图像和深度图像的配准,对配准后的人脸纹理图像使用LBP进行编码得到LBP图像,然后利用基于核的偏最小二乘回归算法建立从LBP纹理图像空间到深度图像空间的映射关系。对于新输入的人脸图像,在经过配准并生成LBP图像之后,即可通过映射关系得到其估计的深度图,该方法取得了不错的重建结果。

(二) 基于两幅或多幅图像的方法

该方法利用传统的立体视觉来计算人脸的三维信息。按照对于输入图片要求的不同,基于两幅图像重构三维人脸的方法可分为基于正交图片的方法和基于非正交图片的方法;基于多幅图像重构人脸的方法主要有基于面片的多角度立体视觉法、基于多组人脸图像的方法和基于视频序列的方法。

所谓正交图片,就是要求输入的两幅图像,一幅为正面人脸图像,一幅为侧面人脸图像,二者成90°角。该方法首先从两幅正交图像提取出眼睛、鼻子、嘴巴等面部五

官特征点的位置信息,并提取出他们的三维信息,然后依据这些特征点,采用Dirichlet Free Form Deformation等算法完成人脸网格模型。

获取完全正交的图片一般是比较困难的,因此基于正交图片的方法应用范围较窄,更多的是基于非正交图片。对于输入图像为普通图像时,由于人脸图像中纹理变化比较平缓,梯度信息较少,且纹理重复性很强,使得进行立体匹配计算的时候很难得到可靠的视差信息,影响重建效果。因此,不在计算匹配时候需要借助人脸的先验信息来辅助计算。

在多幅图像重构三维人脸信息中基于面片的多角度立体视觉算法是最具代表性的一个,其算法分为两个阶段:点云生成和表面重建。首先利用特征点检测和匹配算法生成稀疏的种子面片,经过多次迭代面片扩展和面片滤波,可生成具有较高精度的人脸面片点云。再利用得到的人脸点云去逼近人脸的Visual Hull完成表面重建,得到人脸的三维模型。其方法并非特别针对人脸这一对象,而是适用于多种物体和场景的重建。通过该法利用四张较高分辨率的人脸图像,重建出了具有较高逼真度的人脸三维模型。

(三) 基于可形变模型的方法

三维可形变模型(Morphable Model)是近年来比较成功的一种三维人脸建模算法,由Blaiz和Vetter在1999年提出。该方法能够基于单幅或多幅图像完成特定人脸的建模,并且考虑了光照、姿态等因素,能够生成高真实感的三维人脸模型,在计算机视觉和计算机图形学方面都产生了很大的影响,其研究方法和思路对很多后续研究有着重要的借鉴意义。

形变模型的基本思想是,某类对象中的个体可以用该对象特征空间的基底的线性组合来表示。该方法最初在二维图像的表示方面取得成功,后来Poggio和Vetter提出了线性对象类(Linear Object Classes)概念,给出了三维对象满足线性对象类的充分条件,并证明了人脸对象在近似条件下是线性对象类。在三维可形变模型中,形状和纹理是分开表示的,相比二维图像形变模型中将它们糅合在一起的表示方式,能够更好地表示更为复杂、有姿态变化的三维对象。

此外,三维可形变模型在生成特定人脸的二维图像时,考虑到姿态、光照等因素的作用,还包括了一系列的外部参数,如旋转、平移、焦距、环境光强度、光源方向等,因此能够生成各种不同肤色、种族的人脸在不同光照、姿态下的具有高度真实感的人脸图像。

四、3D与2D人脸识别技术的对比

(一) 3D人脸识别技术优势

2D人脸识别技术易受光照、姿态、化妆、表情、年龄等因素的影响,相比2D人脸识别技术,3D人脸识别技术的优势主要体现在以下几个方面:

1. 精确度高

3D人脸识别系统采集人体面部三维特征,识别精度高,错误拒绝率和错误接受率极低,大量面部特征和数据点足以区分双胞胎。

2. 环境稳定性强

3D人脸识别系统对光线、背景等环境的实用性更强,系统更稳定。

3. 防伪稳定性高

3D人脸识别系统更稳定,系统不易被轻易愚弄、欺骗,而冒充身份者能够通过合法用户的视频图像或相片骗过2D人脸识别系统。

4. 实用性强

3D人脸识别系统不需用户配合,当人脸有姿态、角度、表情、面部遮挡物等时,其识别性能稳定,实用性强,而2D人脸识别系统识别性能下降剧烈。

表1为2005年新加坡举行的一次2D与3D人脸识别技术测试对比结果。从该表可以看出,3D人脸识别技术在精确性、可用性等方面领先2D人脸识别技术。

表1 2D与3D人脸识别测试对比结果

类型	错误接受率 FAR	错误拒绝率 FRR	环境的适应性			
			姿态 变化	面部头 发遮挡	头部遮挡(试验 戴帽子和头盔)	弱光线
2D	0.12%	9.79%	23%	50%	5%	0%
3D	0.0047%	0.103%	100%	87%	95%	100%

(二) 3D人脸识别技术劣势

相比2D人脸识别技术,3D人脸识别技术存在采集设备昂贵、采集系统复杂、传输量大、人脸3D模型库重建算法很复杂、识别速度较慢等缺点。

五、3D人脸识别技术的应用领域

3D人脸识别技术与2D人脸识别技术相比所具有的突出优点使其应用领域非常广泛,主要表现在以下几个方面:

(一) 电子证件防伪及相关管理

电子护照、身份证及其它很多证件都有照片,利用人脸识别技术,可对持证人身身份进行鉴别,从而实现自动化

智能验证。目前,国际民航组织(ICA0)的118个成员国和地区护照全部电子化,通过人脸识别实现身份认证,这是目前国际上最大规模的人脸识别应用。

(二) 刑侦破案

公安机关开展的“网上追逃”斗争,把逃犯的照片、身份证、特征资料发布到内网和公网,利用3D人脸识别技术,只需抓拍到嫌疑人的人脸,通过网络将人脸数据传送到中心数据库,系统即可自动与人脸数据库中的逃犯人脸进行比较,迅速准确做出身份判断。

(三) 出入口控制

对于机场、边防检查站等重要出入境安全场所,重要

会议、研究部门、金融系统等重点防范区域出入通道采用3D人脸识别技术,可以避免伪造或恶意盗用通行证等其他人员闯入的情况,防止非法用户进入。

(四) 其它社会应用

3D人脸识别技术可以和各种门禁控制器、电锁配合,构成重要场所的门口控制管理系统,这些场所如金融信息中心、机房、控制中心、实验室、军事基地及设施、社区管理等。甚至采用3D人脸识别技术可以将叠层式摄像矩阵部署在重要的交通、公共设施场所等出入口,并与金融、医疗、社会及公安系统相连,组成人脸识别天网,实现联动,加强整个社会的公共安全,如图2所示。

六、3D人脸识别技术应用展望

目前,成熟应用的人脸识别系统大多是2D照片比对系统,完全3D人脸识别系统的成熟应用案例还很少。2D人脸识别技术在光线、角度、表情等影响下识别率不够理想,而传统3D人脸识别技术虽然能够弥补2D人脸识别技术的不足,但一直存在采集设备昂贵、采集系统复杂、传输量大、人脸3D模型库重建算法非常复杂、识别速度较慢等缺点,实际应用案例很少。基于2D图像重建的3D人脸识别系统在传统2D图像的基础上采用3D人脸重建技术,即解决了2D人脸识别系统存在的问题,又可与目前的2D人脸识别系统兼容,且识别速度快,准确率还可满足实际应用要求。因此,基于2D图像的3D人脸识别系统是未来应用的趋势。



图2 3D人脸识别天网

参考文献

- [1] 周杰,卢春雨,张长水,李衍达. 人脸自动识别方法综述,电子学报,2000,4.
- [2] IC W Bowyer,K. Chang, EFlynn. A Survey of Approaches and Challenges in 3D and MultiModal 2D+3D Face Recognition. Computer Vision and Image Understanding,2006,101(1).
- [3] P. J. Phillips, H. Moon, P. J. Rauss, S. Rizvi. The FERET Evaluation Methodology for Face Recognition Algorithms. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 10, October 2000.
- [4] S. Rizvi, P. J. Phillips, H. Moon. The FERET Verification Testing Protocol for Face Recognition Algorithms.
- [5] ISO/IEC 19795-1 Information Technology — Biometric Performance Testing and Reporting — Part 1: Principles and Framework,2006.