**人脸识别技术综述**

陈尧森

（）

摘要：

关键词

A Survey：

*1 引言*

基于生物特征的识别技术在现代社会中应用越来越广泛，其中基于指纹、虹膜及人脸的识别技术已经在多个领域应用，如门禁、监控、公安、安检、数字支付、无人智能超市等。人脸识别因其较其他生物特征识别技术有更友好、便捷得到了研究者的更多研究和市场的追捧。虽然人类可以很轻易的分辨不同人的脸部特征，但对于计算机来说是非常困难的。人脸识别技术是一典型的模式识别技术，利用数字图像处理提取特征予以区分不同人脸。在这个过程中，应用什么样的方法提取什么样的特征以提高自动识别的准确性是一大极具挑战性的工作。从不同的应用场景来看，可以把人脸识别系统分为以下几个方面：

2 人脸识别技术的发展与现状

2.1人脸识别研究历史

人脸识别技术的研究可以追溯到1888年,英国著名的生物学家弗朗西斯·加尔顿(Francis Galton，1822—1911)就在《Nature》杂志发文阐述了对人类生物特征特别是指纹和人脸特征在遗传和进化过程中的研究，指明了可以利用人脸进行身份识别[1，2]。1965年陈（Chan）和布莱索（Bledsoe）在Panoramic Research Inc发表技术报告阐述了人脸自动识别技术（AFR1）。

第一阶段（1964 年~1990年）

这一阶段人脸识别通常只是作为一个一般性的模式识别问题来研究，所采用的主要技术方案是基于人脸几何结构特征（Geometric feature based）的方法。这集中体现在人们对于剪影（Profile）的研究上，人们对面部剪影曲线的结构特征提取与分析方面进行了大量研究。人工神经网络也一度曾经被研究人员用于人脸识别问题中。较早从事 AFR 研究的研究人员除了布莱索（Bledsoe）外还有戈登斯泰因（Goldstein）、哈蒙（Harmon）以及金出武雄(Kanade Takeo)等。金出武雄于 1973 年在京都大学完成了第一篇 AFR 方面的博士论文，直到现在，作为卡内基-梅隆大学（CMU）机器人研究院的一名教授，仍然是人脸识别领域的活跃人物之一。他所在的研究组也是人脸识别领域的一支重要力量。总体而言，这一阶段是人脸识别研究的初级阶段，非常重要的成果不是很多，也基本没有获得实际应用。

第二阶段（1991 年~1997年）

这一阶段尽管时间相对短暂，但却是人脸识别研究的高潮期，可谓硕果累累：不但诞生了若干代表性的人脸识别算法，美国军方还组织了著名的 FERET 人脸识别算法测试，并出现了若干商业化运作的人脸识别系统，比如最为著名的 Visionics（现为 Identix）的 FaceIt 系统。 美国麻省理工学院（MIT）媒体实验室的特克（Turk）和潘特（Pentland）提出的“特征脸”方法无疑是这一时期内最负盛名的人脸识别方法。其后的很多人脸识别技术都或多或少与特征脸有关系，现在特征脸已经与归一化的协相关量(Normalized Correlation)方法一道成为人脸识别的性能测试基准算法。 这一时期的另一个重要工作是麻省理工学院人工智能实验室的布鲁内里（Brunelli）和波基奥Poggio）于 1992 年左右做的一个对比实验，他们对比了基于结构特征的方法与基于模板匹配的方法的识别性能，并给出了一个比较确定的结论：模板匹配的方法优于基于特征的方法。这一导向性的结论与特征脸共同作用，基本中止了纯粹的基于结构特征的人脸识别方法研究，并在很大程度上促进了基于表观（Appearance-based）的线性子空间建模和基于统计模式识别技术的人脸识别方法的发展，使其逐渐成为主流的人脸识别技术。

贝尔胡米尔（Belhumeur）等提出的 Fisherface 人脸识别方法是这一时期的另一重要成果。该方法首先采用主成分分析（Principal Component Analysis，PCA，亦即特征脸）对图像表观特征进行降维。在此基础上，采用线性判别分析（Linear Discriminant Analysis, LDA）的方法变换降维后的主成分以期获得“尽量大的类间散度和尽量小的类内散度”。该方法目前仍然是主流的人脸识别方法之一，产生了很多不同的变种，比如零空间法、子空间判别模型、增强判别模型、直接的 LDA 判别方法以及近期的一些基于核学习的改进策略。 麻省理工学院的马哈丹（Moghaddam）则在特征脸的基础上，提出了基于双子空间进行贝叶斯概率估计的人脸识别方法。该方法通过“作差法”，人脸图像对的相似度计算问题转换为一个两类（类内差和类间差）分类问题，类内差和类间差数据都要首先通过主成分分析（PCA）技术进行降维，计算两个类别的类条件概率密度，最后通过贝叶斯决策（最大似然或者最大后验概率）的方法来进行人脸识别。

人脸识别中的另一种重要方法——弹性图匹配技术(Elastic Graph Matching，EGM) 也是在这一阶段提出的。其基本思想是用一个属性图来描述人脸：属性图的顶点代表面部关键特征点，其属性为相应特征点处的多分辨率、多方向局部特征——Gabor变换12特征，称为Jet；边的属性则为不同特征点之间的几何关系。对任意输入人脸图像，弹性图匹配通过一种优化搜索策略来定位预先定义的若干面部关键特征点，同时提取它们的Jet特征，得到输入图像的属性图。最后通过计算其与已知人脸属性图的相似度来完成识别过程。该方法的优点是既保留了面部的全局结构特征，也对人脸的关键局部特征进行了建模。近来还出现了一些对该方法的扩展。 局部特征分析技术是由洛克菲勒大学(Rockefeller University)的艾提克（Atick）等人提出的。 LFA在本质上是一种基于统计的低维对象描述方法，与只能提取全局特征而且不能保留局部拓扑结构的PCA 相比，LFA 在全局 PCA 描述的基础上提取的特征是局部的，并能够同时保留全局拓扑信息，从而具有更佳的描述和判别能力。LFA技术已商业化为著名的 FaceIt 系统，因此后期没有发表新的学术进展。 由美国国防部反毒品技术发展计划办公室资助的 FERET 项目无疑是该阶段内的一个至关重要的事件。FERET 项目的目标是要开发能够为安全、情报和执法部门使用的 AFR 技术。

该项目包括三部分内容：资助若干项人脸识别研究、创建 FERET 人脸图像数据库、组织 FERET人脸识别性能评测。该项目分别于 1994 年，1995年和 1996 年组织了 3 次人脸识别评测，几种最知名的人脸识别算法都参加了测试，极大地促进了这些算法的改进和实用化。该测试的另一个重要贡献是给出了人脸识别的进一步发展方向：光照、姿态等非理想采集条件下的人脸识别问题逐渐成为热点的研究方向。 柔性模型（Flexible Models）——包括主动形状模型（ASM）和主动表观模型（AAM）是这一时期内在人脸建模方面的一个重要贡献。 ASM/AAM 将人脸描述为 2D形状和纹理两个分离的部分，分别用统计的方法进行建模（PCA），然后再进一步通过 PCA将二者融合起来对人脸进行统计建模。柔性模型具有良好的人脸合成能力，可以采用基于合成的图像分析技术来对人脸图像进行特征提取与建模。柔性模型目前已被广泛用于人脸特征对准（Face Alignment）和识别中，并出现了很多的改进模型。 总体而言，这一阶段的人脸识别技术发展非常迅速，所提出的算法在较理想图像采集条件、对象配合、中小规模正面人脸数据库上达到了非常好的性能，也因此出现了若干知名的人脸识别商业公司。从技术方案上看， 2D人脸图像线性子空间判别分析、统计表观模型、统计模式识别方法是这一阶段内的主流技术。

第三阶段（1998 年~现在）

FERET’96 人脸识别算法评估表明：主流的人脸识别技术对光照、姿态等由于非理想采集条件或者对象不配合造成的变化鲁棒性比较差。因此，光照、姿态问题逐渐成为研究热点。与此同时，人脸识别的商业系统进一步发展。为此，美国军方在 FERET 测试的基础上分别于 2000 年和 2002年组织了两次商业系统评测。 基奥盖蒂斯（Georghiades）等人提出的基于光照锥 (Illumination Cones) 模型的多姿态、多光照条件人脸识别方法是这一时期的重要成果之一，他们证明了一个重要结论：同一人脸在同一视角、不同光照条件下的所有图像在图像空间中形成一个凸锥——即光照锥。为了能够从少量未知光照条件的人脸图像中计算光照锥，他们还对传统的光度立体视觉方法进行了扩展，能够在朗博模型、凸表面和远点光源假设条件下，根据未知光照条件的 7 幅同一视点图像恢复物体的 3D 形状和表面点的表面反射系数（传统光度立体视觉能够根据给定的 3 幅已知光照条件的图像恢复物体表面的法向量方向），从而可以容易地合成该视角下任意光照条件的图像，完成光照锥的计算。识别则通过计算输入图像到每个光照锥的距离来完成。 以支持向量机为代表的统计学习理论也在这一时期内被应用到了人脸识别与确认中来。支持向量机是一个两类分类器，而人脸识别则是一个多类问题。通常有三种策略解决这个问题，即：类内亦称窗口傅里叶变换或短时傅里叶变换(Short Time FourierTransformation,STFT)，1946 年Gabor提出。差/类间差法、一对多法（one-to-rest）和一对一法（one-to-one）。

布兰兹（Blanz）和维特（Vetter）等提出的基于 3D变形(3D Morphable Model)模型的多姿态、多光照条件人脸图像分析与识别方法是这一阶段内一项开创性的工作。该方法在本质上属于基于合成的分析技术，其主要贡献在于它在 3D形状和纹理统计变形模型（类似于 2D时候的 AAM）的基础上，同时还采用图形学模拟的方法对图像采集过程的透视投影和光照模型参数进行建模，从而可以使得人脸形状和纹理等人脸内部属性与摄像机配置、光照情况等外部参数完全分开，更加有利于人脸图像的分析与识别。Blanz 的实验表明，该方法在 CMU-PIE（多姿态、光照和表情）人脸库和FERET 多姿态人脸库上都达到了相当高的识别率，证明了该方法的有效性。 2001 年的国际计算机视觉大会（ICCV）上，康柏研究院的研究员维奥拉（Viola）和琼斯（Jones）展示了他们的一个基于简单矩形特征和 AdaBoost 的实时人脸检测系统，在 CIF 格式上检测准正面

人脸的速度达到了每秒 15 帧以上。该方法的主要贡献包括：

1）用可以快速计算的简单矩形特征作为人脸图像特征；

2）基于 AdaBoost 将大量弱分类器进行组合形成强分类器的学习方法；

3）采用了级联（Cascade）技术提高检测速度。目前，基于这种人脸/非人脸学习的策略已经能够实现准实时的多姿态人脸检测与跟踪。这为后端的人脸识别提供了良好的基础。

沙苏哈（Shashua）等于 2001 年提出了一种基于商图像13的人脸图像识别与绘制技术。该技术是一种基于特定对象类图像集合学习的绘制技术，能够根据训练集合中的少量不同光照的图像，合成任意输入人脸图像在各种光照条件下的合成图像。基于此，沙苏哈等还给出了对各种光照条件不变的人脸签名（Signature）图像的定义，可以用于光照不变的人脸识别，实验表明了其有效性。 巴斯里（Basri）和雅各布（Jacobs）则利用球面谐波（Spherical Harmonics）表示光照、用卷积过程描述朗博反射的方法解析地证明了一个重要的结论：由任意远点光源获得的所有朗博反射函数的集合形成一个线性子空间。这意味着一个凸的朗博表面物体在各种光照条件下的图像集合可以用一个低维的线性子空间来近似。这不仅与先前的光照统计建模方法的经验实验结果相吻合，更进一步从理论上促进了线性子空间对象识别方法的发展。而且，这使得用凸优化方法来强制光照函数非负成为可能，为光照问题的解决提供了重要思路。

科技行业发展现状：

**2017人脸识别技术企业排行榜TOP10**  
 2017《互联网周刊》&eNet研究院选择排行

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 排名 | 名称 | 用途 |
| 1 | 商汤科技 | 与京东、银联、招商银行、拉卡拉、融360等均有合作；布局智慧城市安防项目；智能视频方面，SenseFace人脸布控系统已开始广泛落地；以图搜图的图腾系统，已应用在广州、重庆、河北等地的公安局；Faceu应用SenseAR增强现实感引擎；人像背景虚化功能、智慧相册中的人脸聚类功能应用在OPPO、小米等手机。 |
| 2 | 旷视科技 | 为支付宝客户端提供人脸登录功能支持；为公安部第一研究所提供“网上身份证”人脸识别技术；为美图旗下产品提供技术支持；通过人脸识别技术对司机身份进行核验应用到e代驾、易到用车、神州租车；旷视智能开放平台Megvii Cloud是人工智能开放平台，为开发者提供人脸识别、文字识别、图像识别及其它人工智能能力。 |
| 3 | 云从科技 | 受邀起草与制定人脸识别国家标准；中国农业银行超级柜台、刷脸取款；安防领域产品已在22个省上线实战。 |
| 4 | 依图科技 | 招商银行、浦发银行、京东金融、360金控；江苏省公安厅运用依图系统。 |
| 5 | 百度 | 百度内部正在使用人脸识别闸机，2016年11月与乌镇景区合作，游客刷脸便可自由进出景区；与首都机场签订协议，未来首都机场将实现刷脸登机；与“宝贝回家”公益平台合作利用人脸识别寻找走失儿童；携手雨诺股份CRM系统，通过服务集成商Cella联合为医药零售行业输出智慧药房解决方案，目前已应用在先声再康连锁药房。 |
| 6 | 阿里 | 人脸识别技术各模块可通过API参数自由组合，服务定制灵活；基于深度学习和海量人脸标注数据，再加阿里云的技术实力，能够提供稳定、可靠的大流量服务；有了人脸识别，可以提供效率、高准确率排查未经明显允许而使用其代言的商品，反过来保障阿里妈妈直通车和钻展中明星代言商品的广告效果。 |
| 7 | 腾讯 | 财富通与公安部所属的全国公民身份证号查询服务中心达成人像比对服务战略合作；优图人脸识别技术将广泛引用EMS的政务、贵重物品和重要文书快递中；在腾讯微证券等产品上应用人脸识别。 |
| 8 | 汉王科技 | 助力银川市政府应用生物识别技术打造智慧政务平台；助力杭州市国税局实现人脸生物识别比对技术展开“刷脸”办税；在公安刑侦、追逃领域有大量应用；技术授权已与华硕、海尔、长虹、海信、平安银行等达成合作，并推广应用到智能家电、笔记本、移动终端等应用平台。 |
| 9 | 科大讯飞 | 科大讯飞联合香港中文大学汤晓欧教授团队，共同推出世界领先的人脸识别技术，剔除人脸验证、在线/离线人脸检测和人脸关键点检测等功能；联合中国银联和微商银行发布“声纹+人脸”融合认证个体转账应用；科大讯飞在用的身份证考勤，全国各地分公司通过app进行“人脸+声纹”打卡即可。 |
| 10 | 川大智胜 | D人脸识别产品已经推向市场，3D人脸采集和识别产品主要处于工程样机和产品样机阶段；主要应用领域是公共安全领域，2D在北京师范大学和四川大学的学生宿舍的门禁系统中应用，铁路认证票验中在试用，已在成都火车东站试用。 |

3 人脸识别的关键技术

4 结论与展望

参考文献

1. S.F.Galton. Personal identification and description –Ⅰ [J].Nature,1888,21(6):173-177）
2. S.F.Galton. Personal identification and description –Ⅱ[J].Nature,1888,28(6):201-203）