

人脸检测技术研究

Research on Face Detection

王金庭 (湖北经济学院 计算机与电子科学系 武汉 430205)

杨敏 (中国地质大学 信息工程学院 湖北 武汉 430074)

摘要:人脸检测问题已经成为计算机视觉领域中的重要问题。本文介绍了人脸的研究概况、应用领域,并对人脸研究问题的现状作了全面介绍,着重分析了肤色模型、模板匹配、弹性匹配、特征脸、人工神经网络、支持向量机、积分图像特征及概率特征等多种方法在人脸检测中的应用。最后提出了该研究领域还存在的问题及发展趋势。

关键词:人脸检测 人脸识别 特征脸 支持向量机 人工神经网络

1 引言

人脸检测(face detection)是指在输入图像中确定人脸(如果存在)的位置、大小等信息。人脸检测系统的输入是可能包含人脸的图像,输出是关于图像中是否存在人脸以及人脸的数目、位置、尺度、位置等信息的参数化描述。

人脸检测可以划分为两种类型:一类是在简单的人脸图像中检测人脸,这些图像包括各类证件上的大脸照(smug shot),坐在摄像头前面录制的包含人头和肩膀的图像,以及用于进行人脸识别研究而专门拍摄的带有很大限制条件的人脸图像。以后将这一类人脸定位称为“简单人脸检测”。另一类则是在任意的图像中检测人脸,对图像没有任何限制条件,图像的背景可以使任意的,人脸的个数可以是任意的,人脸的大小和出现的位置也可以是任意的。以后将这一类人脸检测称为“通用人脸检测”。

2 国内外研究概况

人脸检测问题最初来源于人脸识别(face recognition)。人脸检测是自动人脸识别系统中的一个关键环节。人脸识别技术是利用计算机分析人脸图像,进而从中提取出有效的识别信息,用来“辨认”身份的一门技术。

目前,国外对人脸检测问题的研究很多,美国、英国等许多国家有大量的研究组从事人脸检测和识别的研究,这些研究受到军方、警方及大公司的高度重视和

资助,美国军方每年还专门组织人脸识别比赛以促进这领域的发展,比较著名的有 MIT, CMU, USC, Rutgers, the Rockefeller, Institute 等。

MPEG7 标准组织已经建立了人脸识别草案小组,人脸检测算法也是一项征集的内容。近几年来关于人脸检测和识别的研究取得了很大的进展,国际上发表有关论文的数量大幅增长。IEEE 的 PAMI 还于 1997 年 7 月出版了人脸识别专辑,每年的国际会议上关于人脸识别的专题也屡见不鲜。

在国内,也有许多学校和单位从事人脸检测与人脸识别相关的研究。比如清华大学、北京大学、亚洲微软研究院、中科院计算技术研究所、西北工业大学和中国科学院自动化研究所等都有人员在从事人脸检测相关的研究。

3 应用领域

随着多媒体和人工智能在安全、信息等领域的应用日益广泛,人脸作为关注的焦点之一其在各个方面的检测需求也日益增多。人脸检测与识别可以被应用在各种不同的安全领域,比如身份认证、楼宇安全控制、重要场所中的监控和信息安全领域(计算机的登录控制,应用程序安全使用、数据库安全访问和文件加密,实现局域网和广域网的安全控制,保护电子商务的安全性)等等。其常见的应用有以下几个方面:①身份识别和出入控制;②改善低带宽的可视电话和视频会议交流效果;③人一机界面(HCI);④基于内容的人脸

查找;⑤对智能监控系统的支持。

4 人脸检测的基本思想和方法

Yang 等将人脸检测定义为:任意给定一幅图像或者一组图像序列,人脸检测的目的就在于判定该图像或图像序列中是否存在人脸。如果存在,则确定其位置和空间分布。人脸检测实际上是一个两类的人脸鉴别问题,即在一幅图像中只有“人脸”和“非人脸”之分。基本思想是基于知识或统计的方法对人脸建模,比较所有可能的带检测区域的人脸模型的匹配度,从而得到可能存在的人脸区域。其方法大致可分为以下几类。

4.1 基于肤色模型的方法

在彩色图像中,颜色是人脸表面最为显著的特征之一,利用颜色检测人脸是很自然的想法。Yang 等^[1]在考察了不同种族、不同个体的肤色后认为人类的肤色能在颜色空间中聚成单独的一类,而影响肤色值变化的最主要因素是亮度变化。即人类的肤色在去除亮度的色度空间表现有聚类特性,这种聚类性可用来检测人脸。Yoo 等^[2]利用肤色像素的连通性分割出区域,使用椭圆拟合各个区域,根据椭圆长短轴的比率判断其是否为人脸。Cai 等^[3]根据肤色模型提供的像素的似然度,采用从局部最大值处逐渐扩展的方法得到肤色区域,然后使用灰度平均脸模板匹配的方法验证区域内是否有人脸。

4.2 基于模板匹配的方法

五官的拓扑位置信息是最早被用来检测人脸的信息。基于拓扑结构的模板匹配法的中心思想是将人脸的五官位置比例关系做成模板,用此模板在所检图像中逐点搜索匹配,计算输入图像与模板的匹配值,然后确定一个阈值,用以判断该输入图像中是否包含人脸。匹配值大于所定阈值处认为存在人脸,并把它标记出来。文献^[4]中采用“平均脸模板匹配”:首先选取多个样本人脸,构造平均脸原始模板,按多种宽长比拉伸原始模板,与待检测图像中所有可能尺度和形状的图像窗口进行匹配,并利用似然度计算公式计算出似然度,根据相应阈值进行判断。文献^[5]采用“双眼—人脸”模板,将平均脸的双眼模板剪裁出来,滤波时先使用双眼模板再使用人脸模板,以提高匹配速度并取得更好的性能。

4.3 弹性匹配

这种方法主要基于小波特征。在图像的敏感位置,小波变换后生成的特征矢量的模较大。人脸的相似度可用拓扑图的“即离”来表示。用拓扑图分别代表已知和待识别人脸,根据匹配拓扑图算出它们的“距离”,作为人脸的相似度准则。由于小波特征分析是一种时频分析,所以此方法对于光线、尺寸和角度具有一定的不变性。但由于图像中大量与识别无关的信息没有过滤而使计算变得复杂是此方法的一大缺点。

4.4 特征脸法

这种方法主要基于 KL 变换。从压缩能量的角度来看,KL 变换是最优的,它不仅使得从 n 维空间降到 m 维空间前后的均方误差最小,而且变换后的低维空间有很好的脸表达能力。更重要的是 KL 变换去掉了向量的各个分量间的相关性,这样如果在三维特征空间中则可以把特征限制在一个立方体中,这对于分类来说就简单多了。但是特征脸识别和检测方法存在对偏差特别敏感的缺陷,研究表明,随着光线、角度及人脸尺寸等因素的导入,识别率急剧降低。Moghaddam 等^[6]发现人脸在特征脸空间的投影聚集比较紧密,因此利用前若干张特征脸将人脸向量投影到主元子空间 F 和与其正交的补空间,相应的距离度量分别称为 DIFS 和 DFFS。对于人脸检测问题,由于没有考虑“非人脸”样本的分布,需要同时使用 DIFS 和 DFFS 才能取得较好的效果。

4.5 人工神经网络法

人工神经网络 (Artificial Neural Network, ANN) 的方法是通过训练一个网络结构,把模式的统计特性隐含在神经网络的结构和参数之中。CMU 的 Rowley 等^[7]使用了多个 ANN 检测多姿态的人脸:1 个位姿检测器用于估计输入窗口中人脸的位姿、3 个检测器分别检测正面、半侧面和侧面的人脸。使用经过对准和预处理的“人脸”样本以及采用“自举”(bootstrap)方法收集分类器错分的样本作为“非人脸”样本训练各个 ANN,进一步修正分类器。基于人工神经网络的方法对于复杂的、难以显式描述的模式,具有独特的优势。但是基于神经网络的人脸识别和检测方法计算量特别大,难于实现实时应用。

4.6 支持向量机法

支持向量机 (Support Vector Machines, SVM) 是

Vapnik 等提出的基于结构风险最小化原理 (Structural Risk Minimization Principle, SRM) 的统计学习理论^[8], 用于分类与回归问题。SRM 使 VC (Vapnik Chervonnikis) 维数的上限最小化, 这使得 SVM 方法比基于经验风险最小化 (Empirical Risk Minimization Principle, ERM) 的人工神经网络方法具有更好的泛化能力。对于人工神经网络中一些难以逾越的问题, 如: 模型选择和过学习问题、非线性和维数灾难问题、局部极小点问题等都得到了很大程度上的解决。

4.7 基于积分图像特征法

基于积分图像 (Integral Image) 特征的人脸检测方法是 Viola 等^[9] 新近提出的一种算法, 它综合使用积分图像描述方法、Adaboost 学习算法及训练方法、级联弱分类器, 积分图像是指该像素以前、以上所有像素灰度和。级联弱分类器是多个弱分类器的组合, 弱分类器由单个传感器组成, 传感器的输入是待检测图像子窗口, 输出集是用来表示该检测窗口“是否”人脸模式 {T, F}。

4.8 基于概率模型的方法

基于概率模型方法的一种思路是计算输入图象区域 region 属于人脸模式 object 的后验概率 $p(\text{object} | \text{region})$, 据此对所有可能的图象窗口进行判别。Schneiderman 等^[10] 将概率估计的方法用于检测正面旋转人脸和侧面人脸, 同时使用多分辨率信息复用和由粗到精搜索的策略提高检测的速度。

5 总结与展望

本文对人脸检测问题的国内外研究概况、应用领域及人脸检测的几种方法进行了综述。虽然经过十几年的发展, 人脸检测算法已经得到了很大的发展, 但是目前的算法一般多基于人脸正面的检测, 多姿态的人脸检测 (如侧面、遮挡脸) 还存在困难, 有效的解决方法不多, 在人脸检测定位方面, 前人已经提出了一些解决方案。但在定位方法的简便性、算法的稳定性、定位结果的准确性以及适用条件等方面依然存在局限。为此, 笔者认为: 人脸是塑性变形体, 更适合用弹性模型来描述。因此, 任何基于刚体特性的特征抽取方法都很难达到满意的效果。其次, 人脸检测是人类视觉的独特过程, 因此人脸识别必须结合生理学和心理学研究成果。最后, 人脸检测的复杂性使得仅仅单独使

用任何一种现有的方法都不可能取得很好的识别效果。将各种方法有效综合是以后研究的必然趋势, 如何与基于其它生物特征的鉴别系统结合以提高识别效率也是一个有意义的研究方向。此外, 如何将获得的各种信息最大限度、有机地集成起来加以利用, 这也是一个具有普遍意义的研究课题, 而且也是有效提高系统识别效率的手段。

参考文献

- 1 Yang J, Waibel A. A real-time Face Tracker [C]: Florida, Proc of the 3rd Workshop on ACV, IEEE, 1996.
- 2 Yoo T W, Oh I S. A Fast Algorithm for Tracking Humane Faces Based in Chromatic Histogram [J]. Pattern Recognition Letters, 1999, 20(10): 967 - 978.
- 3 Cai J, Cgshasby A. Detecting human faces in color images. Image and Vision Computing, 1999, 18(1): 63 - 75.
- 4 艾海舟、梁路宏、徐光佑等, 基于肤色和模板的人脸检测 [J], 软件学报, 2001, 12(12): 1784 - 1792.
- 5 梁路宏、艾海舟、肖习攀等, 基于模板匹配与支持向量机的人脸检测 [J], 计算机学报, 2002, 25(1): 22 - 29.
- 6 Moghaddam B, Pentland A. Probabilistic Visual Learning for Object Representation [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(7): 696 - 710.
- 7 Rowley H A, Baluja S, Kanade T, Neural network-based face detection. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(1): 23 - 38.
- 8 Boxer B E, Guyon I M, Vapnik v N. A training algorithm for optimalimal margin classifier. In: Proc of the 5th ACM Workshop on Computational Learning Theory, Pittsburgh, 1992: 144 - 152.
- 9 Viola P, Jones M. Robust Real-time Object Detection [C]. Proc of IEEE Workshop on SCTV, 2001.
- 10 Schneiderman H, Kanade T, Probabilistic modeling of local appearance and spatial relationships for object recognition. Proc IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Santa Barbara, California, 1998. 45 - 51.