

# 人脸识别技术研究与发展

董立贞

(西北民族大学数学与计算机科学学院 甘肃兰州 730124)

摘要: 本文旨在通过分析和研究现有的人脸检测、图像预处理、特征提取和识别算法, 结合深度学习等先进技术, 找出人脸识别可以改进和优化的方向, 并对人脸识别今后的应用方向作展望。

在人脸特征提取方面, 本文介绍了传统的特征匹配和基于深度学习的特征提取方法。在人脸匹配方面, 本文介绍了基于统计学习和基于深度学习的匹配方法。

关键词: 人脸识别; Haar 特征; 特征提取; 匹配方法

Abstract: This paper aims to find out the direction that face recognition can be improved and optimized by analyzing and studying the existing face detection, image preprocessing, feature extraction and recognition algorithms, combined with advanced technologies such as deep learning, and prospects the future application direction of face recognition.

In face feature extraction, this paper introduces the traditional feature matching and deep learning-based feature extraction methods. In terms of face matching, this paper introduces the matching methods based on statistical learning and deep learning

Key words: Face recognition; Haar characteristics; Feature extraction; Matching method

## 0、引言

人脸识别技术能够通过对面脸图像的获取、处理和学习等步骤, 实现对面脸的识别, 不需要人工参与, 大大提高了安防监控等领域的效率, 降低了人力成本。

人脸识别技术应用广泛, 在警务指挥、边防检查、金融安全、门禁出入、考勤管理等方面都有所涉及。

但受制于技术的诸多限制, 人脸识别技术仍面临着诸多挑战和难题。一方面, 人脸识别技术在实际应用中存在着光照、角度、遮挡等多种因素干扰, 导致检测和识别难度增大; 另一方面, 如何提升人脸识别的准确率、优化算法性能等方面也是当前研究人员需持续攻关的难点。

针对人脸识别的步骤: 人脸图像预处理、人脸特征提取、人脸识别等, 本文将在下面分别做介绍。

## 1、人脸图像预处理

对面脸进行采集之后为了保证后续对面脸图像的正确识别需要对图像进行预处理, 其方法主要包括图像的增强和统一图像尺寸。

### 1.1 图像增强方法

在人脸图像预处理环节中, 通过对图像进行增强处理可以提高图像质量, 提高对于人脸识别的可靠性和准确性, 方法包括图像对比度增强、去除图像噪声、边缘检测等多种技术。

为了增强图像的对比度, 可采用拉伸和直方图均衡化方法。

拉伸方法是指将像素值的范围从0到255重新分配。拉伸方法可以表示为:

$$g(i, j) = \frac{I(i, j) - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} * (MAX - MIN) + MIN \quad \text{公式 1}$$

其中,  $I$  为原始图像第  $i$  行第  $j$  列的像素值,  $g$  为增强后图像第  $i$  行第  $j$  列的像素值,  $I_{min}$  和  $I_{max}$  分别是原始图像的最暗灰度值和最大灰度值; MAX, MIN 是要拉伸到的灰度空间的灰度最小值和最大值。

直方图均衡化是指将像素值的分布范围均匀化, 使得图像中每个像素值出现的概率相等。这种方法可以进一步增强图像的对比度, 但同时可能会使图像出现过度增强和过度减弱的情况。其公式如下:

$$t_k = T(s_k) = \sum_{j=0}^k p_r(s_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{N} \quad \text{公式 2}$$

其中,  $N$  为像素总个数, 第  $k$  个灰度级的值为  $s_k$ , 图像中具有灰度级为  $s_k$  的像素数目为  $n_k$ 。

在图像采集中, 由于环境噪声和设备噪声的影响, 图像中常常会存

在噪声点。噪声点的存在会对面脸检测和识别造成很大的影响, 因此, 需要采用去噪技术。常见的去噪技术包括中值滤波、均值滤波、高斯滤波等。其中, 中值滤波是一种非常有效的去噪技术, 其基本思想是将像素的值替换为相邻像素灰度值的中值。这种方法可以在去噪的同时保留图像边缘信息。

边缘检测有助于发现图像中与形状和反射投射比有关的信息, 常见的边缘检测算法包括Canny算法、Sobel算法和Laplacian算法等。Canny边缘检测是一种多级检测算法, 其基本思想为寻找图像中灰度变化最强的位置<sup>[1]</sup>, 并将其作为边缘的位置。该算法具有高精度、低误差和可靠性等优点。Sobel算法是一种基于一阶微分的边缘检测算法, 其通过计算梯度的幅度和方向来检测图像中的边缘。Laplacian算法是一种基于二阶微分的边缘检测算法, 其主要利用图像中灰度值的突然变化来检测图像中的边缘。

### 1.2 图像裁剪和尺寸统一

图像裁剪是指通过对图像进行有效的切割, 去除图片中的背景、噪声等干扰因素, 从而提取出人脸区域。一般来说, 图像裁剪技术可以分为定位人脸区域和剪裁的两个步骤。

定位人脸区域是通过检测人脸特征(如眼睛、鼻子、嘴巴等)的位置, 确定出人脸所在的位置和大小, 从而确定需要剪裁的图像区域。

在图像裁剪和尺寸统一方面, 常用的相关技术有:

(1) 基于人脸检测的裁剪: 通过Haar特征分类器等机器学习算法检测并定位人脸区域, 再进行裁剪操作。

(2) 基于固定区域的裁剪: 例如, 通过手工绘制一个矩形框, 将人脸区域确定在这一区域内。

(3) 基于图像分割的裁剪: 使用图像分割技术将人脸与背景进行分离, 将分离后的图像进行裁剪操作。

(4) 基于中心对齐的尺寸统一: 通过将人脸位置调整到图像的中心位置, 再进行等比例缩放。

(5) 基于深度学习的裁剪和尺寸统一: 利用卷积神经网络(CNN)等深度学习算法进行图像裁剪和尺寸统一。

在进行裁剪和尺寸统一的过程中, 需要注意处理后的图像质量和信息的完整性, 结合具体实际, 选择最适合的处理方法。

## 2、特征提取技术

### 2.1 基于传统特征的人脸识别方法

基于传统特征的识别方法主要包括Eigenfaces、Fisherfaces、局部二值模式(LBP)、方向梯度直方图(HOG)等

Eigenfaces也称为主成分分析(PCA)算法。PCA算法将一张人脸图像压缩成一个低维度向量, 然后利用这个向量进行识别, 实现了高效的人脸识别。但是, PCA算法会忽略人脸图像的空间位置关系, 因而对于面部表情、光照、遮挡等因素的影响较为敏感。

Fisherfaces是一种基于Fisher线性判别分析(LDA)算法的人脸识别方法。Fisherfaces算法能够克服PCA算法中可能出现的问题,即它能够避免忽略人脸图像的空间位置关系。因此, Fisherfaces算法在人脸识别中的表现相对优越。

局部二值模式(LBP)是一种基于图像空间灰度分布的特征提取方法,其基本思想是将每个像素点与其相邻的8个像素点进行比较,根据比较结果生成一个二进制码,然后将每个像素点的二进制码组合起来形成一个LBP特征向量。LBP特征提取方法具有对光照、表情、姿态等变化具有高鲁棒性的优点。

方向梯度直方图(HOG)是基于图像梯度方向统计的特征提取方法,主要适用于目标检测和人脸识别等领域。HOG特征提取的基本思想是通过计算图像中每个像素点周围的梯度方向和大小,然后将图像分成多个小块,并对每个小块中的梯度方向进行统计和变换,最后将所有小块的特征向量组合起来形成一个完整的HOG特征向量。

2.2 基于深度学习的人脸特征提取方法

基于深度学习的人脸特征提取方法通常使用卷积神经网络(CNN)或深度卷积神经网络(DCNN)进行特征提取。这些网络通常是多层结构,每一层都包含许多卷积层、池化层和全连接层。在训练过程中,网络接受大量的人脸图像,然后自动从图像中提取特征。

基于深度学习的人脸特征提取方法的实现方法较为复杂,需要借助专业的深度学习框架和工具进行实现。最常用的工具包括Tensorflow、Pytorch、Caffe、Keras等。

以Tensorflow为例,其基于深度学习的人脸特征提取算法步骤如下图(图1):

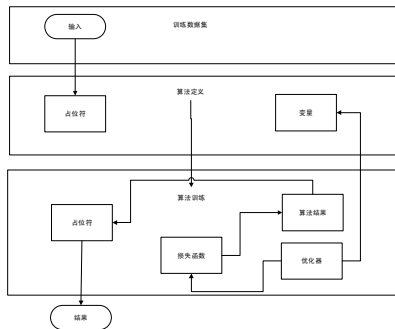


图 1 基于深度学习的人脸特征提取方法的实现步骤

与传统方法相比,基于深度学习的人脸特征提取方法在以下方面具有更精准、更快速、更有效、更灵活的优势。然而其也存在训练复杂、需要大量的标注数据和容易过拟合的缺点。

3、人脸识别算法

3.1 基于统计学习的人脸识别算法

基于统计学习的人脸识别算法主要思想是利用统计学习的方法对人脸图像进行建模并通过比对模型进行识别。该方法的主要优点是算法简单,模型易于理解和实现,并且可以较好地处理小样本问题。其主要算法包括LDA、支持向量机、隐马尔可夫模型等

线性判别分析(Linear Discriminant Analysis, LDA)<sup>[1]</sup>是一种基于统计学习的经典方法,它能够有效地对高维数据进行分类。该方法可以通过计算不同类别样本的均值和协方差矩阵,得到一个判别函数。

支持向量机(Support Vector Machine, SVM)是一种<sup>[3-7]</sup>常用的非线性分类方法,它通过在高维空间中构造最优分类超平面,将数据进行分类。在人脸识别中,SVM被广泛应用于人脸的分类和识别。该方法可以通过计算样本之间的距离和分类误差,得到一个分类超平面,将测试样本分类到不同的类别中。

隐马尔可夫模型(Hidden Markov Model, HMM)是一种<sup>[8-12]</sup>常用的时序建模方法,该方法可以通过计算样本状态之间的转移概率和发射概率,得到一个模型,将测试样本进行建模并进行分类。

3.2 基于深度学习的人脸识别算法

基于深度学习的人脸识别算法主要包括卷积神经网络(Convolutional Neural Networks, CNN)<sup>[13]</sup>和深度度量学习(Deep Metric

Learning)两种方法。

基于CNN的人脸识别算法通过对人脸图像进行卷积和池化等操作,提取出深层次的特征信息,之后使用全连接神经网络进行分类。

基于深度度量学习的人脸识别算法则是通过将人脸图像映射到特征空间,在特征空间中学习度量函数,从而实现不同人脸之间的区分。

尽管基于深度学习的人脸识别算法具有很好的性能,但仍存在一些问题,如训练数据样本不足、模型容易出现过拟合、参数过多等。因此,未来的研究方向应该着重解决这些问题,提出更有效的算法来解决实际应用问题。

4、应用与展望

4.1 人脸识别在公安安防领域的应用

随着科技的不断发展,人脸识别技术被广泛应用于安防领域。其主要应用场景一是用于人脸识别门禁系统,二是用于公安部门的犯罪侦查和追踪。

在人脸识别门禁系统方面,人脸识别技术可以取代传统的门禁卡、密码等门禁方式,使得进出场所更加便捷和安全。

在公安部门的犯罪侦查和追踪方面,人脸识别技术可以帮助公安部门更加高效、精准地找出嫌疑人。同时,人脸识别可以快速处理大量的人脸信息,为公安部门提供更多有价值的线索和证据,有效加强犯罪侦查的效果和成果。

除此之外,人脸识别技术在人员考勤管理、人员出入记录、公安数据库管理等方面应用也十分广泛。

4.2 新技术发展趋势

随着科技不断发展,人脸识别技术也在不断更新换代。未来人脸识别技术的发展趋势主要是以下几个方向。

一、多模态融合技术

多模态融合将多种生物特征信息进行有效的融合,以提高识别准确率和鲁棒性。例如,采用人脸识别技术与语音识别技术进行多模态融合,可以提高识别准确率,同时降低了被攻击的风险。

二、3D人脸识别技术

3D人脸识别技术是将深度摄像头应用于人脸识别领域。3D人脸识别技术不仅能够识别人脸外形,还能够3D空间内获取更多人脸的信息。将3D人脸识别技术应用于各种安全部门将大大提高其可靠性。

三、人脸活体检测技术

由于人脸识别技术容易受到攻击,如假面具、照片等,因此人脸活体检测技术越来越受到重视。人脸活体检测技术可以通过分析眼球、脸部表情、口型和呼吸等信息,判断输入的人脸是否为真实的活体。未来,人脸识别技术应用的重点将逐渐从静态识别转向动态识别。

四、虚拟现实应用

随着虚拟现实技术的成熟发展,未来人脸识别技术有望与虚拟现实技术进行深度融合,为用户提供更加身临其境的交互体验。例如,通过识别用户的面部表情,能够根据用户的情绪变化自动调整场景和音效,提升用户的娱乐体验。

4.3 人脸识别技术的局限性与解决方法

光照变化、表情变化、角度变化等问题对人脸识别的影响很大。为了提高人脸识别技术的精度和稳定性,解决这些问题势在必行。

针对光照变化对人脸识别准确性造成的影响可以采取的解决办法有:亮度归一化,通过对图像进行灰度平均化,消除光照的影响;采用加权方法,将影响较小的像素赋予较少的权重,减小其对人脸识别的影响;增加样本库,采用大样本数据集进行训练和测试,提高模型的鲁棒性。

针对表情变化对识别结果带来的影响,可以采用以下方法:训练更多的样本,通过增加训练集中表情的数量,提高模型的泛化能力;提取更多的特征,尽可能多地提取人脸上的特征,如嘴部、眼睛、鼻子、眉毛等,以提高辨识度;结合其他信息,如声音、姿态等,相结合可以提高识别率。

针对角度变化对识别结果的影响,可以采用以下方法:采集更多的样本,样本数据集应该具有更多的角度、不同的朝向和姿态;提高特征的稳定性,选择更加稳定的特征,如相对位置、纹理等;基于3D人脸模

型：通过3D建模来重构和调整人脸的姿态和角度。

结论：在未来的发展中，应当注重技术融合，尤其是将人脸识别技术与其他技术相结合，如声音识别、姿态识别等，进一步提高人脸识别技术的精度和稳定性，扩大其应用范围，推动其在公安安防、金融、电商等领域的广泛应用。

#### 参考文献：

[1]孟丽媛, 邹进贵, 刘国建. 近景摄影测量沉降标志设计与自动识别算法研究[J]. 测绘通报, 2018(S1):101-104. DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2018.0523.

[2]吴佳丽. 基于隐马尔可夫-随机森林模型的在室人数实时预测方法[D]. 湖南大学, 2019. DOI:10.27135/d.cnki.ghudu.2019.004056.

[3]李月秀. 基于深度学习的手写签名验证技术研究[D]. 电子科技大学, 2021. DOI:10.27005/d.cnki.gdzku.2021.005267.

[4]甘展鹏. 视频序列中的目标跟踪算法研究[D]. 厦门理工学院, 2022. DOI:10.27866/d.cnki.gxlxy.2022.000095.

[5]孙佳慧. 复杂场景下基于唇语的讲话人身份识别和认证[D]. 上海交通大学, 2020. DOI:10.27307/d.cnki.gsjtu.2020.002266.

[6]杨兆楠, 任金铜, 任芳. 基于 PIE-Engine 的草海保护区地表覆盖信息提取及变化监测[J]. 科学技术创新, 2023(03): 10-

14.

[7]李梓彤, 杨超. 基于 SSA-SVM 的非侵入式负荷识别[J]. 智能计算机与应用, 2023, 13(03):143-147.

[8]谢阳. 数据增强策略下的刀具磨损状态识别与预测研究[D]. 华中科技大学, 2021. DOI:10.27157/d.cnki.ghzku.2021.002828.

[9]朱志婷. 基于 SVM 的音频分类理论研究及应用[D]. 华南理工大学, 2012.

[10]赵鹏飞. 基于音频分析的列车行驶安全检测技术研究[D]. 天津科技大学, 2018.

[11]卑珊珊. 基于下肢的步态特征提取与识别[D]. 沈阳航空航天大学, 2012.

[12]赵娟. 基于 Spark 的 IPTV 机顶盒故障预测系统设计与实现[D]. 南京邮电大学, 2018.

[13]刘露露. 棉布瑕疵图像自动检测算法研究[D]. 中南民族大学, 2021. DOI:10.27710/d.cnki.gznmc.2021.000015

作者简介：董立贞（2001-），男，汉族，山东临沂人，本科在读，研究方向：物联网工程