

Multi-pose Face Recognition Technology Based on Affine Transformation

Xiaokui Zou Liang Cheng Bing Ni Yong Cao Qun Liu

Shenzhen Shuangruixin Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

In order to improve the recognition accuracy and efficiency of the museum's facial gate and ticketing system, multi-post facial recognition technology is used to accurately recognize faces from different angles. A 200W pixel binocular wide dynamic camera is used to capture high-quality facial images, and the principle of affine transformation is used to preprocess the facial images to correct faces under different poses. We trained a deep learning model to extract facial features and perform recognition, and comprehensively tested the hardware interface performance, database performance, and facial recognition accuracy of the system. The results show that the system achieves a 99% success rate in terms of data transmission stability and a success rate of 100% in interface response time testing. In terms of face recognition, the system shows high accuracy under different recognition methods, among which the recognition accuracy of the third generation social security card and special pass is as high as 100%. Multi-post face recognition technology based on affine transformation improves the accuracy of face recognition.

Keywords

affine transformation; multi-post; face recognition technology; visitors to the government office pass through

基于仿射变换的多姿态人脸识别技术

邹晓奎 程亮 倪兵 曹勇 刘群

深圳市双瑞芯科技有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要

为了提高博物馆人脸闸机和票务系统的识别准确率和效率,通过多姿态人脸识别技术,实现对不同角度下的人脸进行准确识别,采用了200W像素的双目宽动态摄像头捕捉高质量人脸图像,并利用仿射变换原理对人脸图像进行预处理,以校正不同姿态下的人脸。训练了深度学习模型来提取人脸特征并进行识别,全面测试了系统的硬件接口性能、数据库性能以及人脸识别准确率。结果表明,系统在数据传输稳定性方面达到了99%的成功率,接口响应时间测试成功率为100%。在人脸识别方面,系统在不同识别方式下均表现出较高的准确率,其中三代社保卡和特殊通行证的识别准确率更是高达100%。基于仿射变换的多姿态人脸识别技术提高了人脸识别的准确率。

关键词

仿射变换; 多姿态; 人脸识别技术; 政务办公访客通行

1 引言

人脸识别技术,这种利用人类面部特性信息实现身份验证的生物识别工具,已在防护、金钱、交通运输、教育和医疗等各方面得到广泛使用。但是在实际应用中,人脸识别系统经常遭受各种攻击,其中最常见的问题就是人脸姿态的变化。传统的人脸识别手段对于处理正视角的人脸图像展现出较高的精确度,然而在处理多样姿势视角的面部图像时,其性能通常会大幅下滑。为了摆脱这个问题,基于仿射变换原理之上开发出来一个可以适应神色各异视角的面部识别技术。此项技术通过应用仿射变化以及透视法则对面部

图像进行修复,并使其看起来如同正视界一样,从而更有效地作出判断。

2 人脸图像预处理与数据集构建

2.1 人脸图像采集与标准化

人脸图像采集涉及摄像头或扫描仪等设备,以获取含有人脸的图像。图像来源多样,需通过去均值实现中心化,以符合凸优化理论和数据概率分布知识。对于人脸图像,归一化可通过使用标准脸,将所有关键点标注往标准脸方向转换来实现^[1]。如果没有标准图像,可以使用 Generalized Procrustes Analysis (GPA) 通过迭代求得一个标准图形。利用肤色信息的聚类性特点,针对姿态变化敏感的问题提出了解决方案。

【作者简介】邹晓奎(1979-),男,中国黑龙江哈尔滨人,高级营销师,从事人脸识别在金融、政务上的应用研究。

2.2 多姿态人脸数据集的构建

为了覆盖多姿态，需要采集包括正面、侧面、俯视和仰视等不同角度的图像，通过构建三维人脸模型，并对测试人脸图像进行模型参数的匹配，获取三维人脸数据以得到正面图像，解决姿态变化导致的面部表现损失。为增强数据集多样性和实用性，需确保每个对象的样本库涵盖不同表情和细节变化。

3 基于仿射变换的人脸姿态校正

3.1 仿射变换原理

仿射变换是一种在几何学中定义的变换，它包括了平移、旋转、缩放、翻转和错切等操作。这种变换保持了二维图形的“平直性”（即直线经过变换后依然为直线）和“平行性”（即二维图形之间的相对位置关系不变）^[1]。仿射变换可以通过一个矩阵乘法加上一个向量来实现，这个过程涉及线性变换和平移两个步骤。

3.2 人脸姿态估计与校正算法

仿射变换可以表示为从一个向量空间到另一个向量空间的过程，其中包含了一次线性变换和一次平移。线性变换部分通过一个矩阵 A 来实现，而平移部分则通过加上一个向量 b 来完成。这种变换的数学表达式可以写作：

$$y = Ax + b \quad (1)$$

其中， x 为原始点的位置向量； y 为变换后的点的位置向量； A 为旋转或缩放的矩阵； b 为平移向量。假设有一个二维平面上的点 $P(x, y)$ ，想要通过仿射变换将其旋转并平移到新的位置 $P(x', y')$ 。对于旋转操作，假设旋转角度为 θ （以逆时针为正方向），则旋转矩阵 A 可以表示为：

$$A = \begin{Bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{Bmatrix} \quad (2)$$

假设想要将点沿 x 轴平移 t_x 单位，沿 y 轴平移 t_y 单位，则平移向量 b 表示为：

$$b = \begin{Bmatrix} t_x \\ t_y \end{Bmatrix} \quad (3)$$

紧接着采用仿射变换公式来计算新的点的位置。使用仿射变换公式来计算新的点的位置：

$$\begin{Bmatrix} x' \\ y' \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} t_x \\ t_y \end{Bmatrix} \quad (4)$$

这将会给出新的点的坐标 (x', y') 。

假设有一个点 $P(1, 0)$ ，想要将其逆时针旋转 45° ，然后沿 x 轴平移 2 个单位，沿 y 轴平移 1 个单位。则：

$$A = \begin{Bmatrix} \cos \frac{\pi}{4} & -\sin \frac{\pi}{4} \\ \sin \frac{\pi}{4} & \cos \frac{\pi}{4} \end{Bmatrix} \quad (5)$$

依照上述公式推算，新的点的坐标为 $\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 2, \frac{\sqrt{2}}{2} + 1\right)$ 。

4 多姿态人脸特征提取与识别

4.1 传统人脸特征提取方法概述

基于几何特征的方法是最传统的人脸识别方法之一，通常需要与其他算法结合使用才能取得较好的效果。这类方法通过分析人脸图像中的边缘和轮廓等几何信息来进行识别^[1]。将人脸图像分割成多个区域，并提取每个区域的特征，然后将这些特征组合成一个整体的模板。当有新的人脸图像出现时，系统会计算其与已知模板之间的相似度，以此来进行识别。

4.2 深度学习在人脸特征提取中的应用

深度学习在人脸特征提取中的应用主要是自动从大数据中学习人脸识别关键特征。卷积神经网络 (CNN) 是核心算法，通过多层卷积操作自动提取特征，减少人为选择和设计的复杂性。CNN 训练大量人脸图像，提取眼睛、鼻子、嘴巴等关键部位特征以及细微纹理和形状信息，编码为向量表示人脸。比较向量相似度可判断人脸是否属于同一人。深度学习还可通过数据增强提高特征提取的鲁棒性，模拟不同角度、距离和光照条件的人脸图像，使 CNN 学习更广泛的人脸特征。

4.3 多姿态人脸识别算法的性能评估与对比

对比了三种不同的人脸识别算法（算法 A、算法 B 和基于深度学习的算法 C）在不同姿态（正面、侧面、俯视、仰视）下的准确率。测试集大小为 1000，表示每种算法都在包含 1000 张人脸图像的测试集上进行了评估。平均准确率是四种姿态下准确率的平均值，用于衡量算法在不同姿态下的综合性能。在对比了三种不同的人脸识别算法（算法 A、算法 B 和基于深度学习的算法 C）在不同姿态（正面、侧面、俯视、仰视）下的准确率后，发现基于深度学习的算法 C 在整体性能上表现最优。在正面姿态下，算法 A、算法 B 和算法 C 的准确率分别为 95%、96% 和 98%。可以看出，基于深度学习的算法 C 在正面姿态下的准确率最高，比算法 A 和算法 B 分别高出了 3% 和 2%。在侧面姿态下，算法 A、算法 B 和算法 C 的准确率分别为 85%、88% 和 95%。可以看出，算法 C 在侧面姿态下的准确率也明显高于算法 A 和算法 B，表现出了良好的姿态鲁棒性。在俯视和仰视姿态下，算法 C 的准确率分别为 92% 和 90%，相比算法 A 和算法 B 也具备明显优势。这说明基于深度学习的算法 C 对于不同角度的人脸识别也具有较好的适应性。从平均准确率来看，算法 A、算法 B 和算法 C 分别为 91.25%、92.5% 和 96.25%。可以看出，基于深度学习的算法 C 在平均准确率上也表现最优，比算法 A 和算法 B 分别高出了 5% 和 3.75%。

5 实验结果与分析

5.1 实验环境与配置

为了搭建博物馆人脸闸机和票务系统的实验环境，配置了以下硬件设备：

摄像头双目宽动态 200W 摄像头，用于捕捉高质量的人脸图像，确保在各种光线条件下都能准确识别。系统选择 Windows/LINUX 双系统支持，以满足不同场景下的软件运行需求。屏幕。GPU 选用英特尔赛扬 J1900 四核处理器，主频 1.99GHz，睿频可达 2.4GHZ，为图像处理和人脸识别提供足够的计算能力^[4]。并配置了必要的接口，如以太网、无线 WIFI、USB、WGA、COM 和 HDMI 等，以确保设备与其他系统的顺畅连接。设备的工作温度范围在 -10℃~60℃，能够适应各种环境条件。人脸识别场景见图 1。



图 1 人脸识别场景

5.2 实验过程与结果展示

在实验过程中，进行了硬件接口的设计和连接，确保人脸闸机与票务系统之间的数据通信无误。接着，建立了数据库，并录入了门票信息和游客信息。通过门票销售系统，模拟了线上和线下的购票流程，验证了支付功能的正常运作^[5]。在人脸识别系统的测试中，分别使用了二代社保卡、三代社保卡、社保卡电子二维码、预约码和身份证进行了识别测试。系统能够准确快速地识别出游客的身份信息，并完成入场管理。还特别测试了特殊人群通行证的识别功能，系统同样表现出了良好的识别效果。

本次实验全面测试了博物馆人脸闸机与票务系统的功能和性能。通过精心设计的硬件接口，确保了两者间数据通信稳定可靠。硬件接口在数据传输稳定性、接口响应时间和最大并发连接数等关键指标上表现优秀，数据传输稳定性测试成功率高达 99%，接口响应时间测试更是达到了 100% 成功率。数据库性能测试也验证了门票和游客信息录入速度快，查询响应迅速。人脸识别系统测试是实验重点，采用多种识别方式如二代社保卡、三代社保卡、社保卡电子二维码、预约码和身份证等。根据测试结果，人脸识别系统在各种识

别方式下均表现出高准确率，其中三代社保卡和特殊通行证的识别准确率达到 100%。这证明了人脸识别系统的可靠性，能够满足博物馆快速准确识别游客身份的需求。

5.3 结果讨论与误差分析

通过实验数据，可以看到，在多种识别方式下，人脸识别系统都表现出了较高的准确率。特别是在三代社保卡和特殊通行证的识别上，准确率达到 100%。本次实验中，采用了 200W 像素的双目宽动态摄像头，能够捕捉高质量的人脸图像。英特尔赛扬 J1900 四核处理器为图像处理和人脸识别提供了明确的计算能力。根据硬件接口测试数据，我们可以看到数据传输稳定性高达 99%，接口响应时间测试成功率 100%。尽管我们在实验中取得了令人满意的成果，但仍然存在一些误差和需要改进的地方。

在各种识别方式下，都存在误识和拒识的情况，这主要受到人脸图像复杂性、光照条件变化和遮挡物影响等多种因素影响。尽管特殊通行证的识别准确率已达到 100%，但在实际应用中，特殊人群的识别仍面临挑战，尤其是对于那些脸部特征不明显或有面部残疾的游客。为了克服这一问题，已录入大量门票和游客信息，但与实际情况下的海量数据相比，仍显不足。当前数据库内的人脸图片样本稀缺，需要增强系统的可塑性。为此，需进一步扩充数据库，丰富来自不同年龄段和性别的人脸影像记录，以应对更多元的场景，并对多姿态人脸识别技术的性能进行全面、客观的评估，为后续优化和改进提供支持。

6 结语

博物馆人脸通行设备及售票系统的优化，以具备 200 万像素的双目全景摄影机和先进的仿射变换技术，实施了对各种角度下人脸高效且精准的辨认工作。该项技术不只在硬体面上确保了图像采集的高品质，在软件方面也通过仿射变换理论对人脸图片进行仔细预处理，有效纠正因姿态不同产生的识别难题，为人脸识别科技展开更深度发展和应用奠定基础。

参考文献

- [1] 王涛.综合服务中心智慧安防系统的方案设计[J].智能建筑电气技术,2023,17(3):120-124.
- [2] 解瑞云,海本斋,刘秀,等.基于深度学习的多姿态人脸识别关键技术研究[J].河南工学院学报,2023,31(1):19-23.
- [3] 李苹.多姿态人脸识别技术在安防系统中的应用研究[J].信息与电脑,2022(11):34.
- [4] 顾立春,雷鸣.多姿态的人脸识别算法研究[J].电脑知识与技术,2022(21):18.
- [5] 李志博,乔春蕾,吴昊.基于人脸识别技术的多方式统一认证[J].软件,2023,44(4):71-73.