基于 OpenCV 的人脸识别系统设计与实现

摘 要

随着网络科技的快速发展，人们的生活越来越智能化，比如智能家居、无现金支付等。在人脸识别技术尚未完善之前，人们通常使用特定的密码或者个人指纹来实现身份认证，但是这样的身份认证手段的安全性并未达到人们所理想的要求，所以人脸识别技术作为一种安全性能较高的身份认证方式，不仅成为了近年来计算机视觉范围的研究热点，而且还广泛应用于许多领域和行业。OpenCV 是一个开源的跨平台的计算机软件开发库，一般在处理图像时是很好的助力平台，当然在计算机视觉技术中也会使用到，综上所述，人脸识别系统可以基于此平台进行开发。本文通过学习人脸检测技术的相关知识，简单完成了对人脸识别技术系统的设计。此人脸识别系统还使用到了“AdaBoost”迭代算法等。该系统基于图像采集和检测识别时，会在人脸的周围绘制一个矩形框，待检测人脸的身份会出现在矩形框上方，到此识别结束。

关键字：人脸识别　OpenCV 软件开发库　AdaBoost 迭代算法

基于 OpenCV 的人脸识别系统设计与实现

摘 要

随着网络科技的快速发展，人们的生活越来越智能化，比如智能家居、无现金支付等。在人脸识别技术尚未完善之前，人们通常使用特定的密码或者个人指纹来实现身份认证，但是这样的身份认证手段的安全性并未达到人们所理想的要求，所以人脸识别技术作为一种安全性能较高的身份认证方式，不仅成为了近年来计算机视觉范围的研究热点，而且还广泛应用于许多领域和行业。OpenCV 是一个开源的跨平台的计算机软件开发库，一般在处理图像时是很好的助力平台，当然在计算机视觉技术中也会使用到，综上所述，人脸识别系统可以基于此平台进行开发。本文通过学习人脸检测技术的相关知识，简单完成了对人脸识别技术系统的设计。此人脸识别系统还使用到了“AdaBoost”迭代算法等。该系统基于图像采集和检测识别时，会在人脸的周围绘制一个矩形框，待检测人脸的身份会出现在矩形框上方，到此识别结束。

关键字：人脸识别　OpenCV 软件开发库　AdaBoost 迭代算法

基于 OpenCV 的人脸识别系统设计与实现

摘 要

随着网络科技的快速发展，人们的生活越来越智能化，比如智能家居、无现金支付等。在人脸识别技术尚未完善之前，人们通常使用特定的密码或者个人指纹来实现身份认证，但是这样的身份认证手段的安全性并未达到人们所理想的要求，所以人脸识别技术作为一种安全性能较高的身份认证方式，不仅成为了近年来计算机视觉范围的研究热点，而且还广泛应用于许多领域和行业。OpenCV 是一个开源的跨平台的计算机软件开发库，一般在处理图像时是很好的助力平台，当然在计算机视觉技术中也会使用到，综上所述，人脸识别系统可以基于此平台进行开发。本文通过学习人脸检测技术的相关知识，简单完成了对人脸识别技术系统的设计。此人脸识别系统还使用到了“AdaBoost”迭代算法等。该系统基于图像采集和检测识别时，会在人脸的周围绘制一个矩形框，待检测人脸的身份会出现在矩形框上方，到此识别结束。

关键字：人脸识别　OpenCV 软件开发库　AdaBoost 迭代算法

目录

1 绪论 4
1.1 选题背景及意义 4
1.2 人脸识别技术发展状况及现状 4
1.3 人脸识别的难点 5
1.4 OpenCV 的概述 6
2 图像处理 7
2.1 输入图像预处理 7
2.1.1 图像灰度预处理 7
2.1.2 图像数字化设备 7
2.1.3 灰度直方图 8
2.2 图像处理算法形式 8
3 人脸检测算法及实现 10
3.1AdaBoost 算法简述 10
3.2 把人眼作为参考的人脸检测算法 11
4.1 三维人脸识别的方法 12
4.3 分类识别 13
5 人脸识别实现效果 14
5.1 硬件环境 14
5.2 软件环境 14
5.3 人脸识别效果 14
6 总结与展望 16
参考文献 17
致谢 18

1 绪论

1.1 选题背景及意义

人脸检测技术的产生是由于指纹检测技术在某些方面达不到人们的各种要求，简单的例子就是，游泳运动员由于长期地在水中，他们基本上没有指纹的，所以在采集指纹的时候他们就有一定的限制，但人脸检测技术不仅可以解决这一问题，而且也会多一项技术对人们身份的确认，让人们不论是在办理业务还是其他需求上有一定的保证。网络的发展让我们进入了无现金支付的网络时代，一开始只是密码支付，然后是指纹支付，而随着人脸检测技术的逐渐进步，刷脸支付也成为了一种手段，不仅加快了当代人们的生活节奏，而且把科学推进了一大步。这样的技术更多的时候是用于商业化，比如说支付手段，逐渐在发达城市兴起无人超市等等。

在另一方面，如今的世界是一个全球通的时代，是一个网络时代，人与人之间的距离在某个角度来说近不可言，这就导致了人们的隐私受到了一定程度的威胁，产生了很多的弊端。比如说我们所知道的网络暴力，人们可以轻而易举的人肉出别人的任何信息。近年来的网络诈骗也是因为我们的账户信息不够安全而导致的，信息的泄露也给我们带来了各种难以想象的麻烦。我们可以这样理解，无现金支付的方式在网络安全性能方面不断得到提高，人们在网络上的信息得到更多的保护。

由于人脸识别技术相较于指纹识别技术而言不论是在安全性还是识别率方面都高出了许多，所以该研究非常具有价值意义。主要表现在以下方面：

第一，应用于智能家居。可以利用此技术做一个门禁系统，不仅提高了安全性能而且更加便捷。总之，把人脸识别技术与智能家居融合起来，会有更高的实用性。

第二，应用于安防行业。比如说十字路口的红绿灯，监控摄像头，结合人脸识别技术，把交通违规违章的现象做到更加规范。

第三，应用于大数据的发展。现代科学技术不断地发展，未来的时代会是一个智能化的时代，是一个大数据时代，那么人脸识别技术会运用和普及到我们生活的方方面面，不论是在金融还是互联网方面与人脸识别技术相结合的普遍使用也是一种可能。

1.2 人脸识别技术发展状况及现状

人脸识别技术的可分为三个发展阶段：

（1）早期阶段

随着人们对个人信息安全的重视，在 20 世纪 50 年代到 80 年代，人脸识别技术开始引起人们的关注和研究，这便是人脸识别的早期发展阶段。由于这一阶段的人脸识别技术还不够成熟，

所以人脸识别的过程也全部依赖于研究人员的手动操作，不能够实现自动化的人脸识别过程。在此期间主要处于理论研究阶段。

（2）发展阶段

在上世纪的 90 年代，人脸识别技术得到的蓬勃发展。在此期间人脸识别的研究成果非常丰硕，比如说是诞生了非常著名的“特征脸”人脸识别方法等等。

这一时期诞生的丰硕的人脸识别研究成果极大的推动了人脸识别技术的实用化进程，也为后来的人脸识别技术不论是算法还是其他方面都作出了很多理论和实践经验的帮助。

（3）应用阶段

自从人脸识别技术的逐渐成熟，这门技术被用于很多领域，同时也给我们的学习和工作上带来了很大的便利。

人脸识别技术能够得到广泛的使用，比如说研究分析采集人脸图像的数据源，刚开始这门技术主要是针对正常条件下的人脸图片进行识别，但慢慢发展成针对视频中的人脸进行识别，简单来说就是从静态识别发展为动态识别，不仅如此，还包括在素描和近红外图像基础上进行人脸识别，其中近红外图像技术能够有效地检测出人脸图像是否是活体等。

计算机是一门高深而又充满吸引力的的学科，同时它又是一种无止境的科学艺术。人们可以切身体会到计算机给来的改变，不管是精神上的还是物质上的，不论带来的这些改变是好是坏，总之，计算机就是掀起了人们生活的波澜，这样的范围乃至全世界。人脸识别技术已经让我们的生活慢慢地走向智能化，在未来也会有比此技术更加成熟和方便的技术。

1.3 人脸识别的难点

人脸识别不单单是对图片进行检测那么简单，其中还存在一些难点。

（1）光照。光照问题是一个常见的基本问题，也是自然环境不可避免的问题，由于图像采集是动态的，且随着天气的变换或室内灯光的影响，所以它在人脸识别中的影响也比较突出和明显。

（2）姿态。由于人脸识别是动态的，所以姿态问题在研究中也是一个较为常见的难点。人脸识别技术算法一般来说主要是针对正脸，或接近正面的人脸图像，而当被检测的人脸发生角度变化时，对人脸识别算法会产生一定程度的影响，比如说识别率和实效性。

（3）遮挡。在采集人脸图像时，如果采集对象带着眼镜、帽子等物品，就会导致采集出来的人脸图像精确度不够高甚至采集不到完整的图像，从而影响人脸识别算法的准确性。

（4）年龄变化。如果要长期使用到这门技术，那么年龄则是一个需要考虑的问题，这是因为对于不同的年龄段，人脸识别算法的识别率也不同。

（5）图像质量。图像质量一直一个重要因素，比如说分辨率较低、噪声大、像素模糊。

1.4 OpenCV 的概述

OpenCV[1]是一个开源的跨平台的计算机软件开发库，全称是 Open Source ComputerVision Lib，其中 Open 是开源的意思，即开放源代码，ComputerVision 指计算机视觉，它采用的编程语言是 C／C++ 。OpenCV 能够成为计算机视觉领域的标准库，是因为它在运行多达上百种计算机视觉算法上的有效性，功能上和实现得算法也占一定的优势，对软件的开发极具影响。除此之外资源占用相对其他软件来说比较少、，安全性也比较高等优点。其中 OpenCV 的最大优点是它基本上能在所有平台上都兼容。因为这些优势，这个开发库吸引了许多商业软件巨头的关注和研究，主要是开源的条件下除了能够使软件相对来说更加便宜，而且它更加对当代软件公司的有重大影响。我们都知道，开放源代码对于软件商业模式不仅效果更好，而且更加高效。

利用 OpenCV 可以做到的任务，主要介绍以下几个方面： (1)对数据图像库进行处理。(2)对脸部关键点进行提取。(3)对形状进行分析。(4)检测目标。所以这个平台对人脸识别有着很大的帮助。

2 图像处理

由于在图像采集过程中会因为环境要素影响采集到的图像效果，所以为了不影响后续操作，并提高检测效率与准确度，需要对采集到的图像进行处理，一般涉及到的处理内容有灰度预处理、噪声处理、几何处理、尺寸归一化处理等等，对人脸进行处理分析一般采用直方图均衡法。

2.1 输入图像预处理

2.1.1 图像灰度预处理

图像的采样过程就是把连续转化为离散的过程，这是因为图像（即图片）是二维的，要想对图像进行采样，需要把二维转变成一维，从而使得采样过程不会受到影响，接下来就是图像量化过程，在此过程中应当注意，经过采样后的图像，不管是在时间上还是空间上都离散化为像素了，但此时经过采样所得的像素值仍然是连续的，也就是说经过采样得到的灰度值也是离散的，而图像灰度的量化就是把在时间和空间上连续的像素值离散化的过程，简单来说，就是把图像灰度转换成离散的整数值的过程，而被离散化的像素值分为 256 个等级（从 0 开始计数到 255），其中用 0 表示黑色像素点， 255 表示白色像素点，由于彩色图像是按照颜色成分——红（R）、绿（G）、蓝（B）分别采样和量化的，所以在转化成灰色图像中只需要对这三种通道进行计算，使用 OpenCV 函数库即可实现彩色图像到灰度图像的转换效果[2]。

灰度级是指针对一幅数字图像中的不同灰度值的数量的多少，用符号 G 表示，要想把连续灰度值量化为灰度级，那么量化方法就有等间隔和非等间两种，等间隔量化可以简单理解为在分割和量化时保证等间隔，从而得到的采样值的灰度范围就是等间隔的，如果是非均匀条件下的量化则是取决于一幅图像中确定的灰度值分布的概率密度函数，在总的量化中进行对比，按照误差最小的原则来量化，而采样图像是基本步骤，所以在进行此操作时应当注意两个方面：首先，为了不降低数字图像的质量和影响数字图像数据量的大小，采样点与像素量化的级数是重要的参考因素；其次，图像的空间分辨率的高低也会受到采样间隔和采样点数量的影响，一般来说，采样间隔越小，采样点数量越多，反之，则越少[3]。如果采样点的数量减少到一定程度时，就会出现马赛克的情况。

2.1.2 图像数字化设备

图像数字化设备顾名思义就是数字化模拟图像使之成为数字图像，即将连续图像数字化为离散图像，这种设备包含的五个必须部分是：采样孔、图像扫描机构、光传感器、量化器和输出存储装置，在生活中比较随处可见的数字化设备除了数码相机和扫描仪以外，还有数字化仪器等等，图像数字化设备的性能好坏一般体现在：一是像素的大小，此时采样孔的大小以及像素与像素之间的

距离是决定像素大小的两个必要性能指标；二是图像大小，就是指在经过数字化设备时所能容许的最大输入的图像尺寸；三是线性度，由于图像随时随地都会受到光强度的影响，所以在对光强度进行数字化时，灰度正比是一个重要的影响因素，因为它在一定程度上影响着图像亮度的实际精确程度，此外非线性的数字化设备也在后续操作过程占一定的比重，因为它会影响到后面步骤的有效性，灰度级同样是非常重要的参数，从早期图像的颜色我们可以看出，图像的量化精度在不断提高，需要指出的是，如果量化精度越高，那么在存储像素信息时需要的字节数要求越高；四是噪声因素，数字化设备的噪声在人脸识别技术中也是一个比较重要的性能参数，例如，在数字化处理一幅图像时，如果灰度值确定，当输入亮度也确定时，那么在数字化设备中自带的设备噪声就会对图像灰度造成影响，由此可以发现图像的质量和分辨率不只受其他因素影响，数字化设备自有的噪声也会使其下降，所以解决办法是使噪声小于图像中的反差点，反差点也叫对比度[4]。

2.1.3 灰度直方图

像素值的发布情况反映了图像的特征，当这些特征经过处理以后，就表现为灰度直方图，定义为图像中某一个灰度级的像素总和与图像的像素总和，体现了图像中各种灰度出现的频率大小。应当注意，它反映的仅仅是灰度值出现的频率大小，不反映灰度值位置，同时图像与直方图之间的映射关系是多对一，直方图均衡化是均匀分布原来图像中的灰度直方图，可以分为以下几个步骤：首先把图像的灰度级确定下来，再把彩色图像转换为灰色图像，然后确定灰度级的大小，一般情况下是 8 位的图像，灰度级从 0 到 255；其次把原始直方图的分布的概率大小计算出来，简而言之就是统计像素值；然后是计算直方图概率累计值，根据已知公式求出像素映射关系，最后是灰度映射，在前面的步骤中已经找到了原图像和均衡化以后的图像灰度的对应关系，再对原图进行操作处理，将每个像素一一映射成新的像素即可[5]，经过以上步骤图像均衡化就完成了。

2.2 图像处理算法形式

按照图像处理的输出方式，可将图像处理的基本功能分为三种形式：单幅图像到单幅图像、多幅图像到单幅图像和单/多幅图像到数字或符号等[6] 。

图像处理算法形式可分为以下几种：一是局部处理，又叫做邻域处理，在预处理输入图像时，如果像素输出值决定于其小邻域中各像素值，则是局部处理，又叫邻域处理；二是叠代处理，这种处理类似于叠代处理，就是在处理图片时对其反复运算，直到满足指定要求时才会停止，此时得到满足条件的输出图像的处理形式，比如说图像中的聚类分析；三是跟踪处理，选择合适的像素作为起始像素，通过对输入图像和输出结果进行分析检查，求出后续操作需要要处理的像素进行处理，然后根据条件决定是否继续对后面的像素进行处理，这样的处理叫做跟踪处理，它有三个特点：处理结果与起始像素位置相关；利用处理结果可以提

高了效率；常用于跟踪边界、等高线等线条。四是位置不变处理和位置可变处理，

输出像素值与像素位置无关的处理称为位置不变处理，也叫位移不变处理，反之便称为位置可变处理，或者是位移可变处理[7]。

3 人脸检测算法及实现

人脸检测就是在视频中读取到人脸的位置与大小与采样得到图像（即图像库中的图像）进行对比计算，同时 OpenCV 将得到的人脸特征进行分析计算。虽然人脸检测只是一个基本步骤，但对后续操作具有重要意义，不可小觑。利用计算机对人脸特征的分析，可以把人们的生活变得更加安全和方便。

3.1AdaBoost 算法简述

Adaboost 实质就是一种迭代算法[8]，它的核心思想是针对同一个训练集训练各种不同的分类器，而这些分类器属于弱分类器，然后把这些弱的分类器集合起来，共同构成一个强的终分类器，也称为强分类器。利用 Adaboost 算法的分类器的好处在于能够同时兼顾分类准确度和计算速度。原因是 Adaboost 算法能够降低分类器的复杂程度，从而提高分类速度，这样就提高了计算速度，而级联分类器就提高了分类的准确度

在实现人脸检测技术的过程中涉及到的一些函数，比如说我们所知道到的 Haar 特征、积分图和 Haar 级联三大类[9]。当 Haar 特征不能满足人们的需求（比如说准确率低、计算难度大）时，积分图的概念就在 Haar 特征的基础上被提出来了，同理当积分图解决不了人们的问题时，Haar 级联也随之出现了。Harr 级联是一个通过串联把弱分类器集合成强分类器的过程。弱分类器相较于强分类器而言在性能方面比较受限，因为它们没法正确地区别出所有事物。而强分类器则可以正确的分类数据。

建立一个实时系统不仅需要保证分类器能够很好的运行，还要保证这个分类器足够简单，复杂度低。所以唯一需要考虑到的是简单分类器是否足够精确，若一味地追求精确的话就会导致计算密集型，并且还会影响其运行速度。精确度和运行速度之间相互矛盾。在机器学习中可谓是家常便饭。解决这种矛盾的方法是把一群弱分类器串联形成一个统一的强分类器即可。弱分类器不强调其精确度，也就是说它的精确度不用太高，因为当我们把这些弱的分类器串联起来所形成的强分类器所具有的精确度一定是高的。

这一过程重要的是对 Haar 级联数据的获取，一般我们可以 OpenCV 官网下载 OpenCV 源码，下载下来以后再进行解压，这时会看到解压出来以后会有一个 data/haarcascades 的目录，在这个文件夹下能够找到所有关于 OpenCV 的人脸检测的 XML 文件。运行代码的软件是 JetBrains PyCharm Community Edition，版本是 2019.1.3 x64 的。当我们采集完我们所要检测的脸的图片时，检测过程便可分为以下步骤进行：先打开我们的摄像头和视频文件，然后读取帧，检测人脸，扫描检测到的人脸中的眼睛，然后在所检测脸的周围的绘制出一个矩形框就可以了。

3.2 把人眼作为参考的人脸检测算法

在进行人脸检测时，由于会受到位置、光强度等一系列因素的干扰，为了不影响到检测结果，怎样确保被检测的是正脸。人的眼睛是脸部的一个重要特征，虽然人眼之间的间距不恒定，也会因为人的表情等发生变化，但是仍然可以利用人眼检测器进行人脸检测。本文讲的是识别基于视频的人脸，所以计算机将视频中的图像转换为一帧一帧的图片帧，再对图像进行检测。而基于图片的人眼检测原理[10]是：OpenCV 可以通过样本的 Haar 特征进行分类器训练得到级联分类器，由此可以检测图片的眼睛。而基于本地视频的人眼检测具体步骤如下所示：

（1）首先将分类器.xml 文件放到源程序工程下，必须保证与代码文件放在一起。而这些分类器.xml 文件在 OpenCV 安装包文件下就可以找到。例如 OpenCV->source->data->haarcascades。

（2）利用 OpenCV 实现本地视频与图片帧之间的相互转换。

这里注意双眼检测是通过加载 OpenCV 中的双眼分类器来实现的。检测过程为：读取图片—图片处理—人脸分类器—检测人脸—双眼分类器—检测双眼—根据双眼定位读取人脸—人脸处理，把人眼作为参考的人脸检测效果如 3-1 图所示，经过人眼定位算法，从而得到人脸区域。



（a）参考人眼的人脸检测效果



（b）检测人脸

图 3-1 参考人眼的人脸检测算法

除了眼睛以外，鼻子、嘴巴或者是脸的轮廓也可以作为参考，这是为了解决人脸倾斜问题，提高检测效率，但相较于人眼检测方法而言，以嘴巴鼻子作为参考的检测方式不怎么稳定，所以本文最主要的是以人眼检测为主。

4 人脸识别算法及实现

人脸识别算法是指计算机通过检测到的人脸定位出面部的某些较为关键的特征点之后，把脸部区域裁剪出来，再经过预处理之后，把这些馈入到系统后端的识别算法，识别算法任务就是要完成对人脸关键点特征的提取，然后与图像数据库中的人脸图像样本进行对比，完成最后的识别分类[11]。当检测出人脸并经过图像预处理后，紧接着就是人脸识别中最重要的步骤：提取人脸特征，因为在人脸识别中能不能准确地识别出待识别人脸就取决于它。而提取特征的目的是把最有利于模式分类的特征提取出来，去除图像冗余的信息，降低模式样本的维数，以提升人脸分类的准确率并且减少占用的资源，特征提取处理的是否得当影响后期的成果[12]。

在本文的人脸识别中使用的方法是三维人脸识别方法，这种识别方法主要是利用人脸特征点的识别算法。

4.1 三维人脸识别的方法

由于二维人脸识别方法在姿态、光照、表情等发生改变时识别率较低，所以三维识别方法在很大程度上弥补了这些不足点和提高了识别的准确率。本文讲的三维人脸识别方法主要是基于形状表征的方法[13]：使用将通用人脸模型的 3D 变形和基于距离映射的矩阵迭代最小相结合，去恢复头部姿态和 3D 人脸，随着模型形变的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，其中，这二者的显著区别表现在：后者在人脸姿态每变化一次后，特征点的坐标就要更新一次，重新搜索，但前者仅仅只需要调整 3D 变形模型的参数即可。

以一个给定的点为中心放置一个球面，球面和对象表面的交线是一条三维空间中的曲线，它的方向可以通过参考向量、法向量和考向量*法向量组成的标准正交坐标系来定义，法向量指空间曲线的拟合平面的单位法向量，参考向量指从原始平面到新的空间曲线上具有最大正投影距离的单位向量，一般来说对空间曲线不做要求，拟合平面只是用来近似地提供一个方向，将一个平面沿着法向量方向移动得到一个新平面，空间曲线在新平面上的垂直投影构成了一个新的平面曲线，同时空间曲线上所有的点到新的空间曲线的点的投影距离构成了一个带符号的距离图[14]。空间曲线上每一个点可以用以下的二元组刻画：从空间曲线上的点到新平面曲线上所对应点的带符号距离和以法向量为轴顺时针转动到参考向量所构成的角度[15]。

4.2 特征提取

图像特征提是人脸识别技术中占重比较大的步骤。其中，要进行特征提取时，一般针对图像的特征是颜色、纹理和形状作处理。其中人脸图像的特征提取主要提取的是纹理结构。特征提取实质上就是得到图像特征信息的过程。三维人脸识别技术的关键步骤也是特征提取，这是因为人脸之间的差异以及表情每时每刻的不同变换等引起的非线性变化，所以造成了特征提取存在一定难度。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

https://d.book118.com/507133003132006110