

文章编号:1672-6987(2012)05-0535-06

基于 LabVIEW 平台的教室场景内的人脸识别系统

樊春玲¹, 丁玉环¹, 隋业龙²

(1 青岛科技大学 自动化与电子工程学院, 山东 青岛 266042; 2 青岛市锅炉压力容器检验所, 山东 青岛 266000)

摘要: 采用机器视觉技术与虚拟仪器相结合的方式, 以 LabVIEW 为平台, 设计了基于人脸肤色信息和模板匹配相结合的人脸检测、LBP (局域二值模式) 特征提取的人脸识别系统, 同时调用 VC++6.0 生成的动态链接库完成系统关键算法的设计, 实现了面向视频流的教室场景的人脸识别系统。该系统能够有效的提高远程教学环境中, 教师与学生的互动交流, 使用方便, 有较好的实用性。

关键词: 人脸检测; 人脸识别; LBP; LabVIEW

中图分类号: TP 391.4

文献标志码: A

Classroom Face Recognition System Based on LabVIEW

FAN Chun-ling¹, DING Yu-huan¹, SUI Ye-long²

(1 College of Automation and Electronic Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao, 266042, China;

2 Qingdao Boiler and Pressure Vessel Supervisory Institute, Qingdao 266000, China)

Abstract: In this paper a combination of machine vision technology and virtual instruments is discussed, which can make full use of the advantages of LabVIEW such as graphical programming, the friendly man-machine interface, easy operation for image processing. Meanwhile dynamic link library of VC++6.0 is called to complete the design of the critical part of the algorithms to improve the running speed of the system. The system can effectively improve the remote learning environment with more convenience and great practicality, which can contribute to the interaction between the teachers and students.

Key words: face detection; face recognition; LBP; LabVIEW

随着近年来人工智能和电子商务迅速的发展, 人脸自动识别技术被视为最有潜力的生物识别技术和生物身份验证的手段之一。人脸识别技术可以被应用在多种不同的安全领域, 比如证件(如驾驶执照)、护照中的身份认证、楼宇进出的安全控制、智能卡的身份认证等^[1]。随着高速度、高性能计算机的出现, 人脸识别方法有了重大突破, 进入了真正的机器自动识别阶段。目前的人脸识别方法主要集中在: 基于局部特征、模板匹配、弹性图匹配、特征脸的匹配、隐马尔科夫模型、多种分类器结合以及神经网络的人脸识别的研究中。

本文设计并实现了一种单机带普通 USB 摄像头的教室内的人脸识别系统, 该系统以 LabVIEW 为开发平台, 并应用了视觉开发软件包 IMAQ Vision。将人脸识别应用到教室场景中, 利用摄像头来拍摄教室内的场景图像, 将图像传输给计算机, 由计算机分析图像, 使用人脸检测的方法来获得在场学生的人数, 学生身份的信息, 同时在计算机内保存学生的人脸图像信息。

1 人脸识别系统结构组成

系统结构框图如图 1 所示。

收稿日期: 2012-07-10

作者简介: 樊春玲(1975—), 女, 副教授。

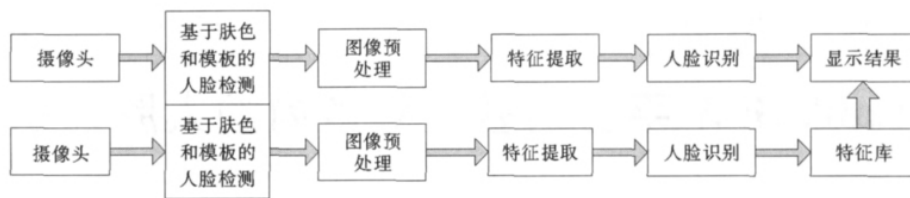


图 1 人脸识别系统结构图

Fig. 1 Face recognition system structure diagram

首先建立一个人脸图像数据库,通过肤色检测和模板匹配对人脸图像检测,去除背景取出人脸部分并进行预处理,提取特征,进行人脸识别。然后,在教室场景内通过摄像头采集图像,对图像进行基于肤色和模板的匹配的人脸检测,图像预处理,特征提取,人脸识别,最后与人脸数据库中的图像比较,显示结果。

系统的软硬件组成包括:1)性能良好的普通个人台式机或笔记本电脑,要求带有 USB2.0 接口。2)成像良好的普通带 USB2.0 接口摄像头。3) Windows XP 操作系统。4) LabVIEW 7.1 程序开发软件。

LabVIEW 是美国国家仪器公司(NI)提供的一种程序开发环境,采用图形化编程语言和流程图的形式开发应用程序。其中 IMAQ Vision 工具包在 LabVIEW 中增加了机器视觉和图像处理的功能,提供了大量的图像预处理、图像分割、图

像理解函数库和开发工具,用于完成灰度、彩色以及二值图像的显示图像处理,用户可以很方便的进行图像采集分析,创建功能强大的嵌入式图像应用系统,与用传统的语言进行图像处理系统的开发相比,大幅度的降低了难度和开发周期。

2 教室场景内的人脸识别

2.1 摄像头采集图像

摄像头采集图像的通过 TCP/IP 协议传输,程序包括 Initialize.vi, Grab.vi, Picture.vi 等子 VI,其中 Initialize.vi 调用 WebcamGrab.dll 中的 int32_t SetUp(int32_t driver, int32_t width, int32_t height)函数,用来初始化摄像头,建立连接;Grab.vi 调用 void Grab(uint8_t * LVPict)函数,用来采集单幅图像;Picture.vi 则用来将采集的图像转化为计算机存储和网络传输的数据格式,部分程序框图如图 2 所示。

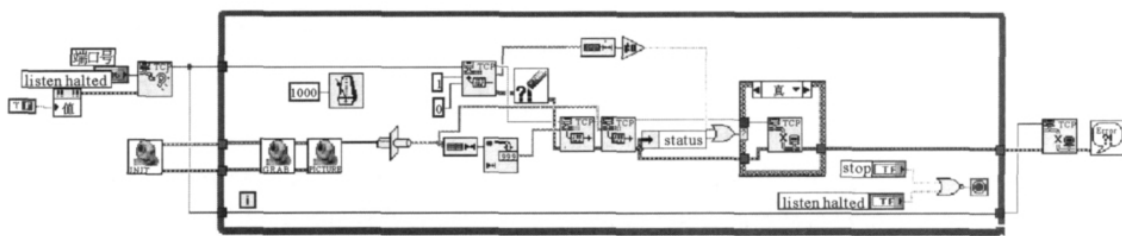


图 2 摄像头参数设置程序框图

Fig. 2 Image acquisition VI

2.2 图像中人脸的检测

本研究提出了一种基于人脸肤色信息和模板匹配相结合的方法实现人脸检测。首先采用 YCbCr 色彩肤色模型将图像中的肤色区域和非肤色区域分开,得到人脸检测的候选区域,再进一步将候选脸与模板脸进行匹配,最终确定并标记出图像中人脸的位置。人脸检测的过程如下。

1) 肤色模型的建立

考虑到 YCbCr 色彩空间受亮度变化的影响小以及计算量和运行速度的因素,本研究采用简单高斯模型在 YCbCr 空间中对肤色区域进行建模,这是进行人脸识别的关键^[2]。简单高斯模型 $G(m, C^2)$ 是椭圆高斯联合概率密度函数

$$P(x) = \frac{1}{2\pi|C|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(x-m)^T C^{-1}(x-m)\right], \quad (1)$$

其中 x 是像素的色度向量, 协方差矩阵 C 和均值向量 m 是高斯分布参数, 通过对大量肤色样本的统计分析得到肤色分布的高斯模型。

2) 肤色区域分割

在建立的简单高斯肤色模型的基础上, 对于输入的一幅被检测彩色图像中的任一像素点, 将其从 RGB 空间转换到 YCbCr 空间得到色度值 (C_b 、 C_r) 后, 属于肤色的概率可以通过下式计算^[3]。

$$P(C_b, C_r) = \exp[-0.5(x - m)^T C^{-1}(x - m)] \quad (2)$$

通过肤色概率密度函数 $P(C_b, C_r)$, 可以计算单个像素肤色相似度值, 并且很容易得到整幅图像的最大肤色相似度值。经过相似度计算以后, 图像中所有与肤色相似的区域(脸部、颈部、手臂)比非皮肤区域的亮度高, 因此可以采用阈值分割的方法将皮肤和非皮肤分割开来。进行阈值分割时, 以 0.05 为间隔, 阈值由 0.75 至 0.05 递减, 记录并计算出肤色像素数量变化最小时的最佳阈值, 使用该阈值对滤波后的肤色似然图像进行分割。

3) 数学形态学处理

肤色分割完成以后, 一方面受到复杂背景的影响, 存在误判为肤色的孤立点或小块孤立区域, 另一方面由于人的脸部存在眼睛、嘴唇等非肤色区域, 整个人脸区域是非完全填充的。本研究采用数学形态学对肤色分割后的图像作进一步处理。利用腐蚀、膨胀、开运算和闭运算数学形态学的 4 种基本算法和组合进行图像形状和结构的分析及处理, 消除图像噪声, 使图像平滑^[4]。

4) 候选人脸区域的筛选

经过数学形态学处理得到的二值图像的候选区域进行基于八连通区域标记, 对相同连接成分的所有像素分配相同的标号, 对不同的连接成分分配不同的标号。这样一来就确定了肤色区域的数目。针对每一个区域使用欧拉数计算肤色区域内孔洞以及计算人脸长宽比例和皮肤区域的面积 3 种方法进行判断^[5-6], 从而找出可能的人脸区域。

5) 模板匹配

模板与待检测图像区域进行匹配, 本研究选择相关性系数准则。相关性系数也可以看作是角度距离。假设人脸模板的灰度矩阵为 $T[M][N]$, 灰度均值为 u_T , 方差为 σ_T , 与模板同样尺度大小的待检测图像区域的灰度矩阵为 $T[M][N]$, 所对

应的均值为 u_X , 方差为 σ_X 。从而待检测图像区域和模板的相关系数 $r(T, X)$ 为

$$r(T, X) = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (T[i][j] - u_T)(X[i][j] - u_X)}{M \times N \times \sigma_T \times \sigma_X} \quad (3)$$

$r(T, X)$ 越大表示模板与输入的待检测图像区域的匹配程度越高。其中人脸判定条件为: 相关系数 c_{corr} 阈值取 0.618(黄金分割)。如果相关系数 $c_{corr} > 0.618$, 则为人脸可能区域; 如果相关系数 $c_{corr} < 0.618$, 则为非人脸区域。图 3 为人脸检测区域。

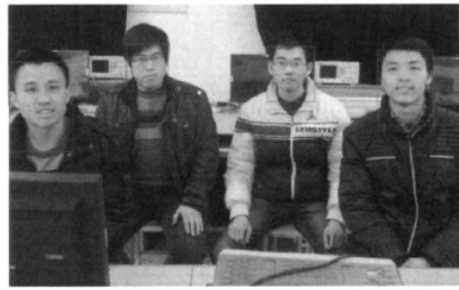


图3 检测出人脸区域

Fig. 3 Face regions detected

2.3 LBP 特征抽取与人脸识别

2.3.1 人脸掩模

检测出来的人脸区域, 大多都以正方形模型框出, 人脸多为鹅蛋形, 因此在左下角以及右下角的区域就会有背景图像进入到人脸区域, 为了修正以上情况, 我们给人脸加了 mask, 从而去除了周围背景对人脸的干扰, 如图 4 所示。



图4 图像 Mask 结果图

Fig. 4 Mask result image

只需定义掩模, 然后使用 Mask VI 加到图像上即可, 如图 5 所示。

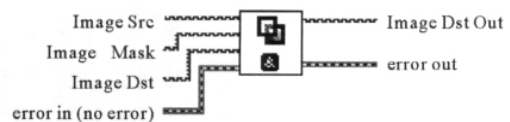


图5 Mask VI 示意图

Fig. 5 Schematic of mask VI

2.3.2 LBP 算子

LBP 算子定义为一种灰度尺度不变的纹理算子,是从局部邻域纹理的普通定义得来的。其基本思想是:用其中心像素的灰度值作为阈值,与它的邻域相比较得到的二进制码来表述局部纹理特征。图 6 描述了基本的 LBP 算法。图中一个 3×3 矩形区域,以其中中心像素灰度值为闭值,比较其邻域八个像素的灰度值的大小,如果中心像素值小于相邻像素值,将这个相邻像素值设为 1,相反设为 0,产生该区域的二进制模式,该模式可用二进制码表示。将二进制码转换成十进制数,即得中心像素的 LBP 码,即 Decimal:52。图像中各像素的 LBP 码对应了其邻域的灰度分布情况。图像中某区域 LBP 码的直方图可用来描述该区域的纹理结构^[7]。

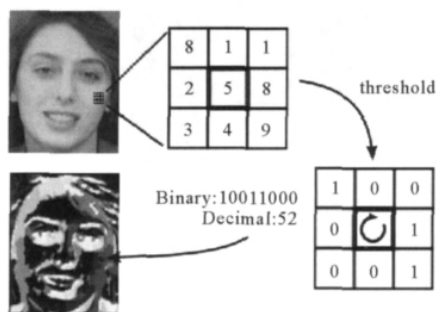


图 6 LBP 算子示意图

Fig. 6 The basic LBP operator

实验^[7-8]通过比较 LBP 特征提取方法与其他主流人脸识别的方法,诸如 PCA 特征脸方法、EBGM 人脸弹性图匹配、Bayesian 贝叶斯分类等方法在人脸数据库 FERET 上的表现。得到的试验结果见表 1。

表 1 LBP 与其他人脸识别方法 ERET 的测试结果^[7]

Table 1 Test result of LBP features and other methods on FERET ^[7]							
方法	fb	fc	dup I	dup II	lower	mean	upper
LBP, weighted	0.97	0.79	0.66	0.64	0.76	0.81	0.85
LBP, nonweighted	0.93	0.51	0.61	0.50	0.71	0.76	0.81
PCA, MahCosine	0.85	0.65	0.44	0.22	0.66	0.72	0.78
Bayesian, MAP	0.82	0.37	0.52	0.32	0.67	0.72	0.78
EBGM_Optimal	0.90	0.42	0.46	0.24	0.61	0.66	0.71

从表 1 中可以看出,在 fb 数据集(这个数据

集的人脸图像用于测试算法表情处理方面的健壮性)上测试,LBP weighted 特征方法达到了 97% 的识别率,而在 fc 数据集(这个数据集的人脸图像用于测试不同光照下的算法健壮性)上测试,LBP 特征方法达到了 79% 的识别率,相比与 PCA、BMAP、EBGM 的识别率 65%、37%、42%,LBP weight 方法都表现出了明显的优势。由此,本研究采用使用 LBP weight 特征抽取方法。

2.3.3 LBP 特征提取

当图像经过 LBP 算子运算后,得到 LBP 映射图;然后将图像分块,对每个分块计算 LBP 算子的分布直方图;将所有分块的直方图连接起来构成最终的 LBP 直方图特征即为抽取的人脸特征。其中某些分块区域拥有更明显的分类特征,例如眼睛的所在区域体现了更多的人脸识别特征。利用这个特点,每个小区块可以设置不同的权值,具有更明显分类特征的区块将被赋予更高的权值,反之赋予相对较小的权值。

如图 7 LBP 分块表示图所示,图 7(a)表示脸部区域被划分为 7×7 个小区块,图 7(b)表示每一个区块在分布直方图相似度中的权值。黑色的方块表示权重为 0.0,深灰色方块表示权重为 1.0,浅灰色方块权重为 2.0,白色权重为 4.0。我们可以看出五官区域占有更高的权重,而脸颊部分权重相对较低。

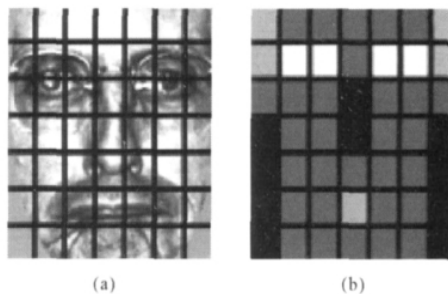


图 7 LBP 分块表示图

Fig. 7 LBP histogram

2.3.4 基于 LBP 直方图的人脸相似度计算

2 个人脸直方图的相似性度量通过求取直方图 χ^2 距离来度量,即

$$\chi_w^2(S, M) = \sum_{i,j} w_j \frac{(S_{i,j} - M_{i,j})^2}{S_{i,j} + M_{i,j}}, \quad (4)$$

从人脸库中找到与当前图像 χ^2 距离最小的人,该值越小说明 2 个人脸越接近。

2.4 样本光照处理

由于 LBP 是基于像素值的人脸识别方法,而

光照的变化使得同一个人不同光照下呈现的像素特征差异很大, 所以会导致分类错误, 丢失很多特征信息。Xiangyang Tan 以及 Bill Triggs^[9] 等人提出一种基于 LBP 特征的去局部阴影与高光的方法。

光照处理前和光照处理后, 未处理图片之间 ULBP 特征的距离和经过光照处理后的图片的距离对比如图 8 所示。

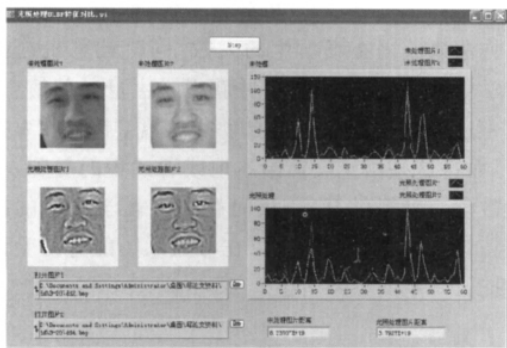


图 8 光照处理前后图片相似度比较

Fig. 8 Image similarity comparison before and after light treatment

经过实验对比, 此方法基本去除阴影以及不同光照强度对图像灰度值的影响, 同时保留了眼睛、鼻子、嘴、皱纹等识别中有用的信息。

2.5 人脸数据库管理模块

图像样本经 LBP 特征提取后, 通过系统的子模块将特征载入到内存中, 这将大大减少内存的占有量。进行样本特征抽取时以图片为单位, 也就是将一张位图图片载入到内存中, 计算它的特征值, 将它的特征值保留在内存中时释放该图片, 继续处理下一张。系统根据数据结构中的数据项的存储要求、访问方法以及存取单位的设计要求, 提出的方案见图 9。



图 9 人脸数据库物理存储结构

Fig. 9 Physical storage structure of face database

人脸数据库的物理存储结构如图 9 所示, 在人脸图像数据库下存在多个子文件夹, 每个子文件夹对应一个学生的图像数据。子文件夹存放学生人脸样本, 样本文件格式为 8 位灰度图或者 24 位彩色位图文件。

2.6 人脸识别

人脸识别系统界面如图 10 所示, 界面左上方为控制部分, 控制摄像头的拍摄, 其次是添加样本和识别的控制; 然后是识别结果显示部分, 显示拍摄照片中的学生, 如果是人脸库中样本, 就显示样本图片和识别出的学生姓名; 当前识别者对应的人脸库中的样本图像; 最下面是参数设置部分, 用于设置拒识阈值。右边上半部分为人脸样本浏览部分, 可以观察样本库中的样本; 下半部分为照片拍摄的显示窗口, 同时会标记人脸部分、眼睛位置以及识别出的学生姓名, 当识别结果的距离小于预设的阈值, 就显示人名, 否则说明当前学生未出现在人脸库中, 显示为“陌生人”。



图 10 人脸识别界面

Fig. 10 Face recognize interface

3 系统运行的结果与分析

在系统完成之后, 可以得到教室中拍摄的人脸样本库。由于教室内会有人员变动, 或需要更换图片, 所以需要如下的人脸样本管理界面, 可以选择需要变更的学生, 可以删除样本, 另外系统还可以添加样本, 如图 11 所示。

系统在样本规模为 $10 \text{ 人} \times 12 \text{ 张/人} = 120$ 张, 测试样本 823 张的情况下, 测试结果如表 2 所示。可以看到拒识阈值设置越高, False Accept

Rate(FAR)就会升高,也就是说系统接受人脸库之外的学生的概率提高了,同时 False Reject Rate(FRR)会降低,也就是说对于在人脸库中的学生,由于光线、姿势不同等被拒识的概率会降低,综合以上因素,正确率在阈值为 12 000 达到最大值,为 71.786%,同时 FAR 为 5.459%,FRR 为 22.755%。

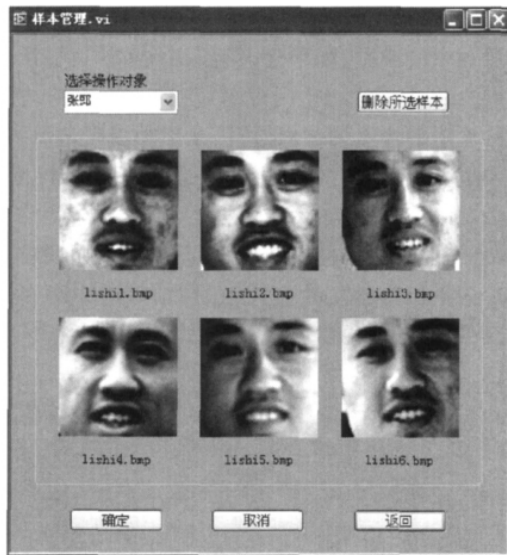


图 11 人脸样本管理界面

Fig. 11 Management of face sample

表 2 人脸识别结果

Table 2 Result of Face Recognition

序号	阈值	FAR	FRR	正确率
1	10000	1.662%	29.801%	68.537%
2	10500	1.939%	29.139%	68.922%
3	11000	2.453%	28.411%	69.136%
4	11500	3.726%	25.896%	70.378%
5	12000	5.459%	22.755%	71.786%
6	12500	8.825%	21.927%	69.248%
7	13000	12.392%	19.966%	67.642%

4 结 语

本研究设计了一个教室场景的人脸识别系

统,以 LabVIEW 为平台,主要通过基于肤色与模板匹配的人脸检测算法和 LBP 特征抽取来完成教室场景内的人脸识别。使用人机界面美观的 LabVIEW 平台,结合机器视觉软件包 IMAQ,利用其集成化的数学工具及图像处理工具,以及对图像矩阵处理方便的优势,大大缩短开发周期,提高了系统运行质量。将人脸识别应用的教室场景中,利用摄像头来拍摄教室内的场景图像,将图像传输给计算机,由计算机分析图像,使用人脸检测的方法来获得在场学生的人数,同时计算机内保存学生的人脸图像信息,并获得学生身份的信息。这一过程完全是计算机自动化实现,不需人为控制,而将这些信息反馈给本地或者远程的教师,将为教学互动提供基础,从而有利于教学质量的提高。该人脸识别系统也可在考试入场的身份验证中提供一定的参考价值。

参 考 文 献

[1] 李子青. 国内智能视频监控技术的发展[J]. 智能建筑, 2008, 8(89):38-40.

[2] 王真, 李金屏, 刘林. 利用多颜色信息融合的自适应肤色建模[J]. 计算机工程与应用, 2011,30:211-214.

[3] 马艳. 基于颜色与模板匹配的人脸检测方法[D]. 大连:大连理工大学, 2006.

[4] 全星慧, 张磊. 基于肤色模型与眼睛定位的人脸检测方法[J]. 科学技术与工程, 2010,10(31):7822-7824.

[5] 李遼空, 张红梅. 基于数学形态学的图像处理技术研究[J]. 光盘技术, 2007,04:54-55.

[6] 柳映辉, 任德华, 陈少杰. 基于高斯肤色模型和图像分割的人脸检测[J]. 天津科技大学学报, 2010,25(5):64-67.

[7] Timo A, Abdenour H, Matti P. Face recognition with local binary patterns[C]//Proc of the European Conf on Computer Vision, 2004,3021:469-481.

[8] Timo O, Matti P. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns[J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002,24(7):971-987.

[9] Tan X, Triggs B. Enhanced Local texture feature sets for face recognition under difficult lighting conditions[J]. Analysis and Modeling of Faces and Gestures, 2007,4778:168-182.

(责任编辑 姜丰辉)