

生物识别技术在旅游景区的应用

盛曦,吴炜,何小海,罗代升,杨晓敏,罗鑫,薛磊
(四川大学 电子信息学院图像信息研究所,四川 成都 610064)

摘要:提出了一种将人脸检测和指纹识别相结合的生物识别技术,并将此技术应用到旅游景区中。该技术首先用 AdaBoost 算法快速定位人脸区域,再利用肤色模型对结果进行校验,共同完成人脸检测功能,同时与指纹识别相结合,大大提高了验票准确性,克服了单一人脸识别系统或指纹识别系统的缺点。同时采用用户自助方式的验票模式,极大地提高了景区售票验票工作的效率。

关键词: Adaboost 算法 特征提取 人脸检测 肤色模型 指纹识别

进入 21 世纪旅游产业以前所未有的速度飞快发展,伴随人民生活水平的不断提高,旅游、度假已越来越多地成为广大国人和世界友人热衷的消费时尚。目前,我国绝大多数旅游景区都采用人工售票、人工验票、人工统计、人工报表(周、月、季、年报表)等人工管理模式。该模式存在以下问题:(1)伪造门票时有发生;(2)工作效率低、出错率高;(3)管理水平低,不便于科学决策及规范管理;(4)由于售票和验票都是人工处理,因此,财务漏洞在所难免。基于上述原因,旧的人工管理模式已远远不能适应现代旅游景点管理的需要。针对国内各旅游景点的具体特点和实际情况,结合国内已使用电子门票成功的经验和失败的教训,同时参照国外发达国家的先进经验,笔者和四川省邮政局一起精心策划、广泛调研、深入实际为旅游景点票务管理专门设计了一种现代化的智能电子门票管理系统。

该系统利用高科技产品条形码作为通行电子门票,

结合人脸检测、指纹识别、条形码记录技术、单片机技术、自动控制技术、无线传输技术及计算机网络技术、加密技术等诸多高科技技术,实现了计算机售票、验票、查询、汇总、统计、报表、防伪等各种门票通道门禁控制管理功能,具有全方位的实时监控和管理功能,对于提高各旅游景区的现代化管理水平有着显著效果。

人体生物特征识别技术是依靠人体的生物特征进行人的身份验证的一种高科技识别技术。生物识别的优势在于方便和安全。生物识别技术被认为是网络安全和身份识别的未来方向。

指纹识别技术是成熟的生物识别技术。因为每个人包括指纹在内的皮肤纹路在图案、断点和交叉点上各不相同,是惟一的,并且终生不变。然而,在指纹采集过程中,由于手指用力不均匀所产生的形变、手的干燥湿润程度不同、是否旋转等原因,都会影响到指纹图像质量。在旅游景区,游客中有相当大一部分是老年游客,他们的指纹质

量较差,单独使用指纹识别会在应用过程中出现偏差。

人脸检测技术具有比其他生物特征识别技术更直观、简便、准确、可靠及可扩展性良好等优势。近年来出现了大量的人脸检测方法,但是各种方法都有不足。基于肤色和模板的方法速度较快,但是精度和鲁棒性不太好。Rowley 提出的神经网络的方法性能较好,但是检测速度较慢。同时,人脸检测受周围环境,特别是光照的影响较大,对于在旅游景区这样的一个开放性的环境下,仅仅使用人脸检测作为门票的验证机制难以满足实际应用的需求。

为了避免上述单独使用指纹识别和人脸检测时可能出现的各类问题,本文介绍的系统首次将指纹识别和人脸检测相结合,取长补短,更好地发挥二者的优势。

1 系统组成和系统流程

1.1 系统组成

本系统由门票登记子系统、通道门禁检票子系统两部分组成。

门票登记子系统由一台自助式机柜组成,通过网络与门票主服务器连接,主要完成门票条码合法性的验证和游客指纹、人脸的采集。采集得到的人脸图像和指纹特征存入门票数据库,以备验票时使用。如图 1 所示。



图 1 自助式机柜

通道门禁检票子系统由一台自助式机柜和门闸机控制单元组成,通过网络与门票主服务器连接,主要完成门票条码验证、指纹识别和人脸图像的显示。门票经验证合格后,发送开门指令给控制门闸机的单片机,由单片机控制门闸机的开与合。

1.2 系统流程

游客登记流程如图 2 所示。游客将门票印有条码的一端放在激光条码扫描设备前,激光条码扫描设备将加密的条码读入,登记程序将送入的条码解密,并对解密后的条码的有效性进行验证。对于无效门票将不予登记。对于有效门票,系统会给出语音提示要求用户进行指纹采集;根据提示,游客将手指平放在指纹采集头的中央位置,采集指纹特征,同时摄像头通过指定算法检测用户的人脸位置,实时抓拍一张游客的人脸图像。指纹特征和

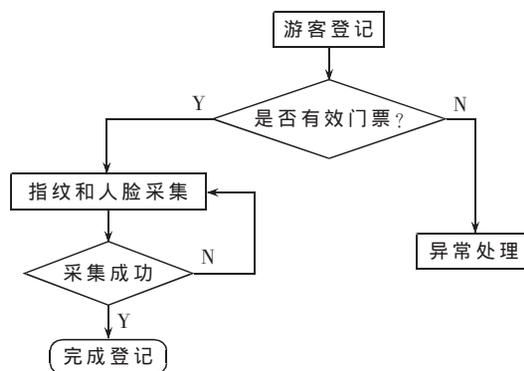


图 2 登记流程

人脸图像将存入数据库作为门票验证时的凭据。

游客验证流程如图 3 所示。游客在验票时,将门票印有条码的一端放在激光条码扫描设备前,激光条码扫描设备将加密的条码读入,验票程序将送入的条码解密,并对解密后的条码的有效性进行验证。对于无效门票将不予放行。对于有效门票,系统会将游客登记时采集到的人脸图像显示出来,同时给出语音提示,要求用户进行指纹验证;游客将手指平放在指纹采集头的中央位置,系统将用户的待识别指纹特征和登记时候的指纹特征进行特征匹配,识别成功后门闸机自动打开,游客通过门闸通道进入景区游览。若识别失败,将由工作人员通过用户的人脸图像进行人工比对。

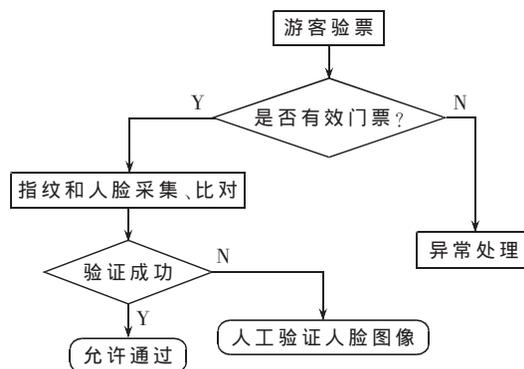


图 3 验证流程

2 人脸检测基本原理

人脸检测的目的是为了在一幅图像上将人脸准确地分割出来。人脸检测的基本思想是用统计或知识的方法对人脸进行建模,比较所有可能的待检测区域和人脸模型的匹配度,得到可能存在的人脸。

本文综合运用 AdaBoost 算法和人脸肤色模型算法。先利用 AdaBoost 算法初步提取人脸区域,粗检出人脸区域或类似人脸区域,然后选择肤色模型,对候选区域进行校验。通过二者的结合,提高了算法的性能,降低了错检率,基本保证了系统检测的实时性和检测结果的准确性。

2.1 特征的选取及特征值的计算

在人脸检测过程中,需要对候选图像进行分析,判断是否为人脸。多数人脸检测系统都是使用特征对人脸

模式进行建模。本检测器选择由 Rainer Lienher 等人提出的扩展特征,如图 4~图 6 所示。

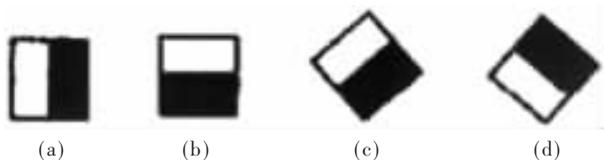


图 4 边界特征

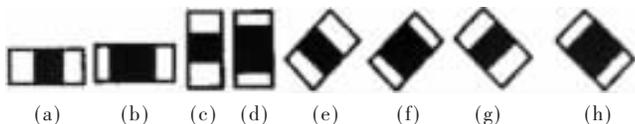


图 5 线特征

每个特征由 2~3 个矩形组成,分别检测边界、细线、中心特征,这些特征可表示为:

$$feature_j = \sum_{i \in (1, N)} w_i * RectSum(r_i) \quad (1)$$

式(1)中: w_i 为矩形的权, $RectSum(r_i)$ 为矩形 r_i 所围图像的弧度积分, $feature_j$ 表示特征, N 是组成 $feature_j$ 的矩形个数。

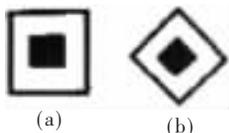


图 6 中心特征

2.2 Adaboost 算法

Adaboost 算法是一种分类器算法。其基本思想是利用大量分类能力一般的简单分类器 (basic classifier) 通过一定的方法叠加 (boost), 构成一个分类能力很强的强分类器 (stage classifier), 再将若干个强分类器串联成为分级分类器 (classifier cascade) 完成图像搜索。检测串联的级数依赖系统对错误率和识别速度的要求。

首先生成强分类器。

设输入 N 个训练样本: $\{x_1, y_1\} \dots \{x_n, y_n\}$, 其中 $y_i \in \{0, 1\}$ 对应假样本和真样本; 已知训练样本中有 m 个假样本和 l 个真样本。第 j 个特征生成的简单分类器形式为:

$$h_j(x) = \begin{cases} 1, & p f_j(x) < \theta_j \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

其中: h_j 表示简单分类器的值; θ_j 为阈值; p_j 表示不等号的方向, 只能取 ± 1 ; $f_j(x)$ 表示特征值。

(1) 初始化误差权重, 对于 $y_i=0$ 的样本, $w_{1,i}=1/2m$; 对于 $y_i=1$ 的样本, $w_{1,i}=1/2l$ 。

(2) 对每一个 $t=1..T$ (其中 T 为训练的次数) 进行如下操作:

① 权重归一化, $\frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^n w_{t,j}} \rightarrow w_{t,i}$

② 对于每个特征 j , 按照上述方法生成相应的简单分类器 h_j , 计算相对于当前权重的误差:

$$\varepsilon_j = \sum_i w_i |h_j(x_i) - y_i| \quad (3)$$

③ 选择具有最小误差 ε_t 的简单分类器 h_t , 加入到强

分类器中;

④ 更新每个样本所对应的权重:

$$w_{t+1,i} = w_{t,i} \beta_i^{1-\varepsilon_i} \quad (4)$$

式(4)中: 如果第 i 个样本 x_i 被正确分类, 则 $\varepsilon_i=0$; 反之 $\varepsilon_i=1, \beta_i = \frac{\varepsilon_i}{1-\varepsilon_i}$ 。

(3) 最后形成的强分类器为:

$$h_j(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^T a_i h_i(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T a_i \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

式(5)中 $a_i = \lg \frac{1}{\beta_i}$

将强分类器串联形成分级分类器。串联时应遵循“先重后轻”的分级分类器思想, 即将由更重要特征构成的、结构较简单的强分类器放在前面, 这样可以先排除大量的假样本, 提高检测速度。

2.3 人脸校验

AdaBoost 算法是基于灰度特性的, 使用矩形特征值 (即相同形状大小的图像块内像素灰度和之差) 作为分类的依据, 会造成某些符合条件的特定图像块可能被误判为人脸。算法本身决定了上述错误判断的必然, 因此需要对检测结果进行校验甄别。研究表明, 人脸肤色聚类在颜色空间中一个较小的区域, 因此可利用肤色模型检测肤色定位出图像中的人脸。Lee 等人设计出由肤色模型表征人脸颜色, 利用感光模型进行复杂背景下人脸及器官的检测与分割; Dai 等利用空间灰度共生的矩阵纹理信息作为特征进行低分辨率的人脸检测; Saber 等则将颜色、形状结合进行人脸检测。

人的唇色与人脸其他部位有明显的区别。不管什么肤色的人种, 嘴唇都是红色系的, 利用这个色彩特征建立色彩模型, 便可分割出嘴部区域。根据嘴的位置所处人脸区域的先验知识, 可判断和调整人脸区域, 从而检测出人脸。

肤色的差别主要在于亮度的变化, 因此消除了亮度影响的色度分量可以用来进行肤色的检测。归一化的 rgb 颜色空间在很大程度上消除了亮度变化的影响, 因此在肤色检测中得到广泛应用。在亮度归一化的 rgb 空间里, 通过考察 r, g 两个分量, 发现人脸肤色聚类符合二维高斯正态分布, 从而说明了在亮度归一化后的 rgb 空间里通过肤色聚类进行人脸检测可行。经过实验, 得出适应面较广的人的肤色在归一化 rgb 颜色模型中的分布范围为:

$$0.333 \leq r \leq 0.664$$

$$0.246 \leq g \leq 0.398$$

$$r > g$$

$$g \geq 0.5 - 0.5r$$

通过对检测区域肤色的验证, 将一些非人脸和类人脸的错检去除, 最终得到更加准确的检测结果。

3 指纹识别原理

指纹是指手指末端正面皮肤上凹凸不平的纹路。尽管指纹只是人体皮肤的一小部分,却蕴涵着大量的信息。皮肤的纹路在图案、断点和交叉点上各不相同,在信息处理中将它们称作“特征”。一枚指纹的特征如图 7 所示。



图 7 指纹特征点

这些特征被用来区分不同的指纹。其中:

端点:一条纹线终止的地方;

分叉点:一条纹线分裂成两条的地方;

中心点:指纹的几何中心,是纹线产生最大曲率的地方;

三角点:三种不同方向的纹线汇聚的地方;

交叉:两条纹线交叉的地方;

小岛:一条很短小的纹线;

汗腺孔:脊线上的小孔,系汗腺。

指纹识别系统的性能主要受三方面因素影响:一是指纹采集技术;二是生物特征提取技术;三是指纹识别技术。在硬件不变的条件下,特征提取技术的好坏直接影响自动指纹识别系统的性能。因此在提取特征前对指纹图像进行预处理是非常必要的。指纹验证过程如图 8 所示。

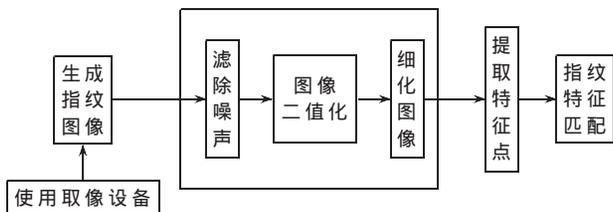


图 8 指纹验证过程

4 试验结果

为了尽可能得到真实的试验数据,笔者在实验室搭建了一个模拟实际场景的测试环境,以便对这套系统进行指纹识别率、误识别和拒识别率,人脸和指纹采集速度,人脸和指纹识别速度一系列的测试。

在实验室测试得到的数据如表 1 所示。可以看出,

表 1 指纹识别测试

指纹库总枚数	测试指纹次数	指纹识别正确	指纹识别错误或拒识别
2 000	200	197	3
10 000	300	296	4

人脸和指纹相结合的技术在验票时的准确性很高,能够很好地满足实际需要。同时,采集和识别也达到了较快的速度,如表 2。

表 2 采集和识别速度

	人脸和指纹采集速度(次/分)	人脸和指纹识别速度(次/分)
第一次测试	16 人	23
第二次测试	18 人	25
第三次测试	18 人	24

从试验结果可以看出,该系统在人脸、指纹的采集和识别上都有很好的性能。其中:指纹识别一次成功率可达 98%,采集速度可达 18 人次/分,识别速度可达 24 人次/分。

本文提出的采用人脸检测和指纹识别相结合的技术,能够很好地解决单一生物特征识别模式所存在的一些问题,实现对旅游景区电子门票的科学管理,达到人票合一,使数据及时、准确,从而提高工作效率,提高旅游景点品位及管理水平,提升服务质量。

由于景区的应用大多都是在室外环境下,因此在阳光强烈的时候,人脸检测的速度和准确率会有所下降,这会影响到采集的速度和质量。这一问题将在今后的工作中解决。

参考文献

- 1 邹勇军,向健勇,李莎.指纹识别预处理方法.激光与红外,2006;36(4)
- 2 艾海舟,徐光佑,张拔等.人脸检测研究综述.计算机学报,2002;25:449~458
- 3 康学雷,邵凌,张立明.一种基于肤色和模板的人脸检测方法.红外与毫米波学报,2000;19(6):209~215
- 4 Rowley H, Baluja S, Kanade T. Neural network-based face detection. IEEE Pattern Analysis Machine Intelligence, 1998; 20(1): 22~28
- 5 Lienhart R, Maydt J. An extended set of haar-like features for rapid object detection[J]. IEEE ICIP 2002, 2002; 1: 900~903
- 6 孔凡芝,张兴周,谢耀菊.基于 Adaboost 的人脸检测技术.应用科技,2005;(6)
- 7 Jones M J, Rehg J M. Statistical color models with application to skin detection. In Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Fort Collins, Colorado, 1999; 274~280
- 8 C. H. Lee. Pattern Recognition, 1996; 29: 1877~1899
- 9 Y. Dai, Y. Nakano. Pattern Recognition, 1996; 29: 1007~1017
- 10 E. Saber. Pattern Recognition Letters, 1998; 19: 669~680
- 11 牛朝玮.基于彩色和运动信息的人脸检测,模式识别和人工智能.2002;15(2)
- 12 陶霖密,徐光佑.人体的肤色特征.软件学报,2001;12(7)
- 13 王鑫泉,王灏.指纹识别原理及其应用.局解手术学杂志.2006;15(1)
- 14 杨小青,杨浩,陈意林.自动指纹识别系统中的图像预处理技术.重庆科技学院学报,2006;8(1)

(收稿日期:2006-06-28)