

人脸识别技术在智慧校园中的应用研究^①

王 兴^{②*} 李 婷^{③*} 杨 柳^{**} 郭伟洁^{*}

(* 太原科技大学计算机科学与技术学院 太原 030024)

(** 河南财经政法大学计算机与信息工程学院 郑州 450046)

摘 要 针对传统的校园管理系统已无法实现对学生智能化管理的问题,本文提出了基于人脸识别的智慧校园管理系统的设计方法。首先对该管理系统进行了需求分析,然后进一步阐述了该管理系统的组成结构和功能以及本系统所涉及到的射频识别(RFID)技术、热成像测温、人脸识别等主要关键技术,最后介绍了该管理系统下的校园门禁系统、考勤管理系统和图书馆管理系统等子系统的功能及应用流程。研究表明,基于人脸识别的智慧校园管理系统可以实现对校园的智能化管理,能够为学生在校园的学习和生活带来更大的便利,使校园管理更加规范化。

关键词 人脸识别技术;校园管理系统;智慧校园

0 引 言

人脸识别技术作为目前生物识别研究领域最为热门的技术之一,使得国内外许多专家学者对其进行深入的研究,并形成了大量的研究结果。从 19 世纪后期法国人 Francis Galton 提出人脸识别的概念开始,人脸识别技术开始得到初步的发展^[1]。此后,随着计算机技术的不断创新,人脸识别技术也在飞速发展,并且专家学者们解决了实验状态下人脸识别的问题。自 21 世纪以来,人脸识别技术已由实验室的理论研究转移到了具体的应用环境中。这一时期为了解决复杂环境下因人脸遮挡、光照等干扰造成的难以准确识别的问题,研究者们提出了许多经典的人脸识别算法,如基于 AdaBoost 的人脸检测和基于 3D 模型的人脸建模与失败算法^[2]。如今,人脸识别技术已经达到了非常高的精度,利用大数据和深度学习算法,谷歌的 FaceNet 系统在使用人脸检测算法后,可以在人脸比对数据集上达到

99.63%±0.09% 的正确率^[3]。而且人脸识别技术作为一种新兴的生物识别技术,具有唯一性、非接触性以及识别速度快等诸多其他识别技术无可比拟的优势。基于此,本文提出基于人脸识别的智慧校园管理系统的设计思想,用“刷脸”代替“刷卡”,不仅可以提升校园的安全防范能力,还有利于校园管理的便捷化和智能化^[4]。

1 需求分析

1.1 功能需求

基于人脸识别的智慧校园管理系统的作用是借助智能化、自动化的管理设备为学校学生、教职工的学习和生活带来更大的便利。所以,智慧校园管理系统在功能上能够区分在校人员和非本校人员,在满足对人员分类管理的需求下,利用人脸识别技术实现对学生考勤的智能化管理以及图书馆的智能化管理。

① 国家国际科技合作专项项目(2014DFR70280),国家自然科学基金面上项目(41372350),山西省高等学校大学生创新创业训练项目(2020342),太原科技大学大学生创新创业训练项目(XJ2020167)和太原科技大学教学改革创新项目(202091)资助。

② 男,1981 年生,博士生,副教授;研究方向:物联网工程,计算机技术;E-mail: 17904856@qq.com。

③ 通信作者,E-mail: 1656543882@qq.com。

(收稿日期:2020-12-01)

(1)人员分类管理。实际生活中,进出校园的人员主要包括学生、教师、学校工作人员以及外来访客,校园管理系统需要考虑到不同的人进出校园,给予相应的权限。对于教职工和学生经常出入校园,可以使用人脸识别门禁系统;对于外来访客可以使用身份证识别门禁系统。

(2)学生考勤智能化管理。无论是学生公寓考勤还是学生上课考勤,传统的考勤都需要管理员或老师一点名。这种考勤方式不仅会增加老师或管理员的工作量,还会耗费较长的时间。所以,校园管理系统应该满足学生考勤的智能化管理的需求。

(3)学校图书馆的智能化管理。目前学校大多数图书馆的管理模式还是采用手工管理的方式,管理人员劳动强度大、图书馆自动化程度低,服务时间受限。因此,智慧校园的建设必须要满足图书馆的智能化管理。

1.2 性能需求

基于人脸识别的智慧校园管理系统在设计过程中必须考虑到学生在使用过程中的便捷性、安全性以及可靠性的性能需求。

(1)便捷性。人脸识别技术在校园管理系统中

必须可以快速、准确地进行人脸识别,并迅速做出判断。

(2)安全性。校园管理系统需要通过云服务器进行信息的传输和存储,系统必须具有良好的安全性,能够保障系统内部的数据不丢失或泄露,保护好学生的个人信息。

(3)可靠性。校园管理系统的设计要具有可靠性,校园管理系统需要长时间不间断得到使用,必须保障系统的软件和硬件的可靠性,同时系统还应具有故障识别与报警的能力。

2 系统设计

2.1 系统组成

基于人脸识别的智慧校园管理系统主要由信息采集终端、图像处理服务器、数据存储服务器和智慧应用终端集群组成。其中智慧应用终端集群包括门禁系统服务端、考勤管理服务终端、图书馆管理服务终端,各部分通过以太网连接在一起。系统组成原理图如图 1 所示。

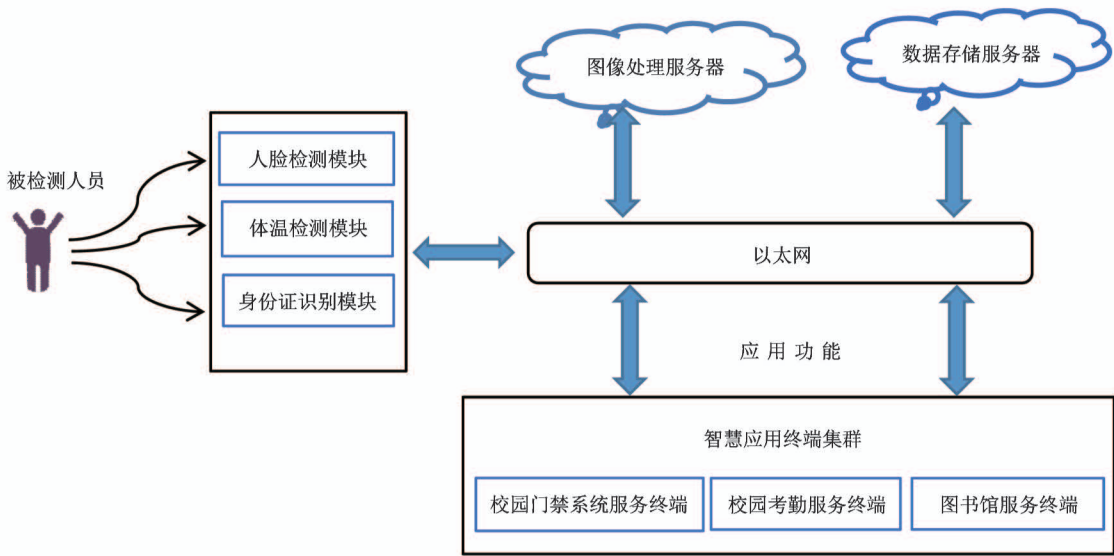


图 1 基于人脸识别的智慧校园组成原理图

2.2 系统功能

智慧校园管理系统通过信息采集终端将学生、教职工的人脸信息录入到系统中,通过图像处理服务器提取到每个人的面部特征信息,并将人脸信息

存储到数据存储服务器中,最后便可以将人脸信息应用到各个服务终端。

智慧应用终端集群分为门禁系统终端、考勤管理终端、图书馆管理服务终端。其中,门禁系统终端

主要应用于校园的校门、宿舍以及图书馆等场所的门禁,该门禁系统实行“人脸识别认证 + 身份证认证”的双重认证的方式,并对进出学校各个场所的人员进行体温检测,只有身份识别和体温检测均通过,门禁系统的闸机才会开启。考勤管理系统主要应用在对 学生上课出勤记录、学生公寓的考勤统计等。图书馆管理系统则主要应用在学生的借阅管理、预约自习室等智能服务管理^[5]。

3 校园门禁管理系统设计

3.1 系统组成

人脸识别门禁系统主要由人脸识别模块、身份证识别模块、体温检测模块、云服务器、报警装置、门禁系统终端六部分组成。该系统基于射频识别 (radio frequency identification, RFID)、热成像测温、红外感应等主要技术,对过往人员进行身份认证和体温检测,并对检测数据进行统计记录,方便日后对相关人员进行追踪。

3.2 系统工作原理

校园门禁管理系统主要采用“人脸识别认证” + “身份证认证”的双重认证方式。对于学生、教职工等固定出入学校的人员需要提前将人脸信息录入到系统中,采用人脸识别的方式,能够保证人员的快速、有效通过。对于非学校人员,需要采用“人脸识别认证” + “身份证认证”双重认证方式,来访人员无需提前录入人脸信息,只需要将身份证放置在门禁系统的感应区内,系统会自动读取身份信息,并对信息进行审核验证,若验证成功,闸机会自动开启,若验证失败,则需要人工进行处理。在系统进行人脸识别的同时,门禁系统中的测温装置会同时启动,若发现体温异常者,门禁系统会自动报警,由人工进行再次测温处理。闸机开启,人员通过后,门禁系统中的红外感应器感应到人已经离开,会自动关闭闸机。校园门禁系统应用流程如图 2 所示。

3.3 关键技术

校园门禁管理系统涉及到的关键技术主要包括 RFID 技术、人脸识别技术、热成像测温技术。

(1) RFID 技术。RFID 技术是 21 世纪十大重

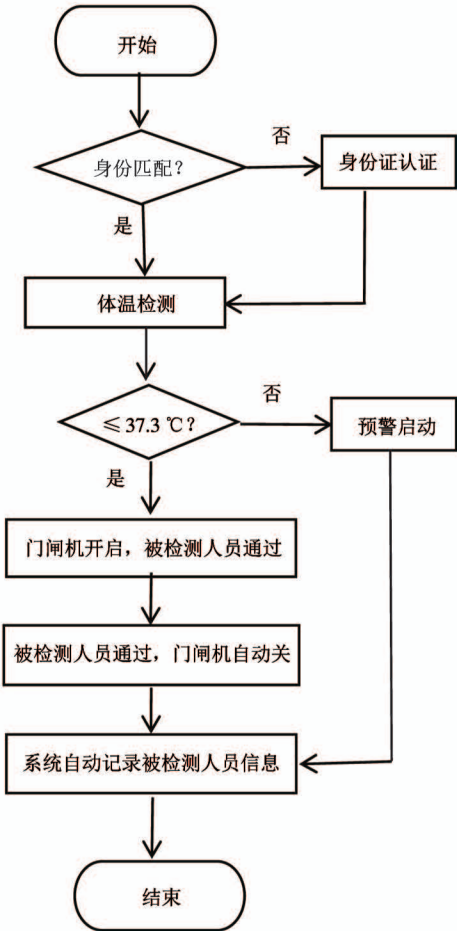


图 2 校园门禁系统应用流程图

要技术之一,它是一种无线,非接触式的自动识别技术,具有使用简便、识别率高、寿命长等优点^[6]。该门禁系统是基于 RFID 的身份证识别系统,主要由电子标签、读写器、识别管理系统组成。RFID 工作原理如图 3 所示。

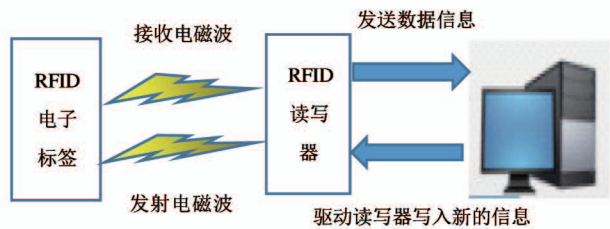


图 3 RFID 工作原理图

电子标签是物品信息的载体,存储着许多数据信息,主要由天线和芯片组成。读写器主要用来写入或处理电子标签的数据信息,是电子标签和后台服务器之间数据传输的桥梁。当二代身份证靠近门禁系统的感应区时,身份证与系统中的读写器进行

电感耦合和能量感应。最后读写器将解码后的数据信息传输给识别管理系统,由识别管理系统进行处理,并将指令下发给门禁系统终端。

(2) 人脸识别技术。人脸识别技术将人脸识别算法、人工智能及大数据等主要技术融合为一体,成为目前最具代表性的智能 AI。人脸识别主要分为 2 个过程,即人脸检测过程和人脸识别过程。人脸检测过程就是依据算法判断人脸是否出现在特定区域内,如果在特定区域内检测到人脸,则需要计算出人脸的具体位置^[7]。考虑到环境变化、姿势变化以及面部表情变化等因素对人脸识别准确性的影响,该系统选用基于 Haarlike 特征的 AdaBoost 算法^[8]。AdaBoost 算法是借助机器学习来完成人脸检测的一种分类器算法,该算法主要是将提取到的人脸图像的 Haarlike 特征构成弱分类器 $b_n(x)$,然后再对其进行训练逐步叠加成强分类器^[9-11]。最终模型表达式为

$$h(x) = \sum_{i=1}^n a_n b_n(x) \tag{1}$$

人脸识别过程就是利用人脸识别算法把经上述算法检测到的人脸特征信息提取出来,然后再与数据库中存储的人脸信息进行匹配,人脸识别过程如图 4 所示。

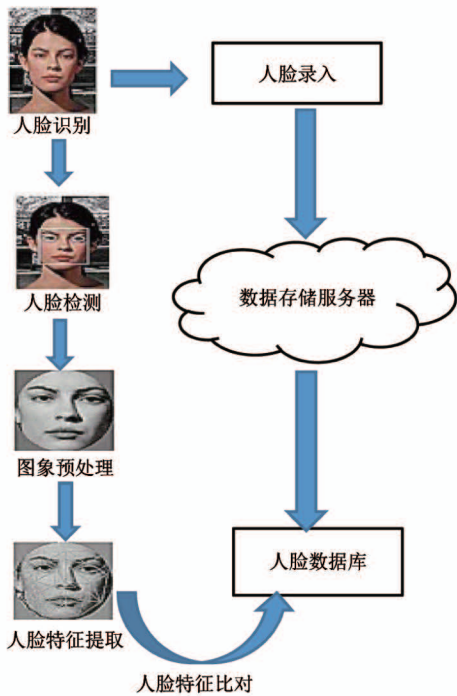


图 4 人脸识别过程图

人脸识别算法首先根据 PCA 算法对提取到的人脸图像进行降维处理,然后再利用 LDA 算法求得最优变换 $M^{[12-13]}$, M 定义如下:

$$M = \operatorname{argmax} \frac{|B^T E^T S_b E B|}{|B^T E^T S_a E B|} \tag{2}$$

其中, E 为 PCA 算法的投影矩阵, S_b 为样本类间离散度矩阵, S_a 为样本类内离散度矩阵。最后再结合 PCA 算法和 LDA 算法得到总的变换矩阵 $B = EM$ 。根据以上算法,得出样本图像 x :

$$x = B^T x = M^T E^T x \tag{3}$$

(3) 热成像测温技术。在自然界中,一切物质都可以辐射、吸收以及发射电磁波。而红外线作为电磁波中最常见的一种具有很强的温度效应,其红外辐射的能量强弱与温度直接相关^[14]。红外热成像测温技术就是根据物体可以向外辐射电磁波的物理特性,利用体温检测终端中的热成像摄像头采集到人体向外辐射的红外电磁波,然后将采集到的红外辐射转换成图像。因为图像与物体表面温度分布对应,所以最后可计算出物体的温度值^[15]。红外热成像测温原理图如图 5 所示。

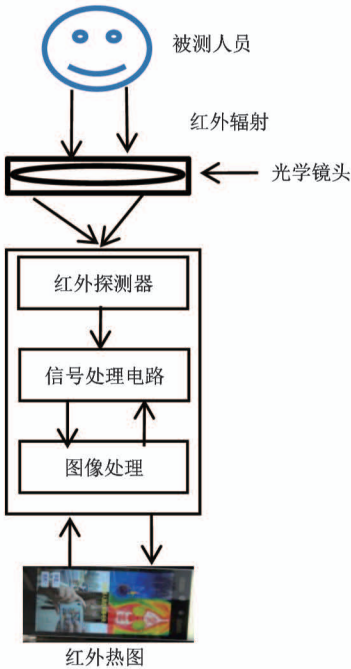


图 5 红外热成像测温原理图

但在实际测量中,因为受到周围环境的影响,摄像头采集到的辐射总量 A 不仅仅是物体自身的辐

射还包括大气辐射和物体周围环境的辐射。

$$A(T_r) = \tau_a \lambda A(T_0) + \tau_a (1 - \lambda) A(T_u) + (1 - \tau_a) A(T_a) \tag{4}$$

其中, τ_a 是大气穿透率, λ 是目标发射率, T_0 是物体自身的辐射能量, T_u 是周围环境的辐射能量, T_a 是大气辐射能量。

红外探测器会将接收到的辐射能量利用其内部光电转换装置,将光信号转换成电信号输出,最后根据黑体标定来得到物体表面温度与标准温度的关系,计算出物体的实际温度。

$$T_0 = \left\{ \frac{1}{\lambda} \left[\frac{1}{\tau_a} T_r^m - (1 - a) T_u^m - \frac{\lambda_a T_a^m}{\tau_a} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} \tag{5}$$

4 校园考勤管理系统设计

校园考勤管理系统主要用于学生上课、考试等需要签到的场所以及学生公寓的考勤。对学生上课、考试等的考勤,教学管理人员只需要将教学或考试的信息与学生的个人信息绑定,学生在上课前或开始考试前便可以通过人脸识别设备进行“刷脸”签到,系统会根据识别到的人脸与数据库中的信息进行匹配,从而形成考勤记录^[16-17]。

对于学生公寓的考勤,公寓管理人员只需在系统中设置好每天查寝的时间段,在每天查寝的时间段内,学生公寓内的所有摄像头均可以对学生进行人脸识别,并将识别到的人脸信息上传到数据存储服务器中进行身份匹配,同时生成学生公寓考勤记录^[18]。另外,系统还可以将生成的考勤记录实时发送给管理员和辅导员,以便老师可以更好地了解学生的在校情况^[19]。校园考勤管理系统的应用流程如图 6 所示。

5 图书馆管理系统设计

图书馆的智能化建设是智慧校园建设的重中之重,人脸识别技术不仅仅应用在图书馆的门禁系统中,更主要的是应用在图书馆的自助借还书和自习室座位的预约服务中^[20]。通过将学生的学生信息与图书馆的管理系统进行绑定,借助 RFID 无接触式识别的特点,学生只需站在自助借还机的摄像头前,系统便会自动判定学生所借阅或归还的书籍,并

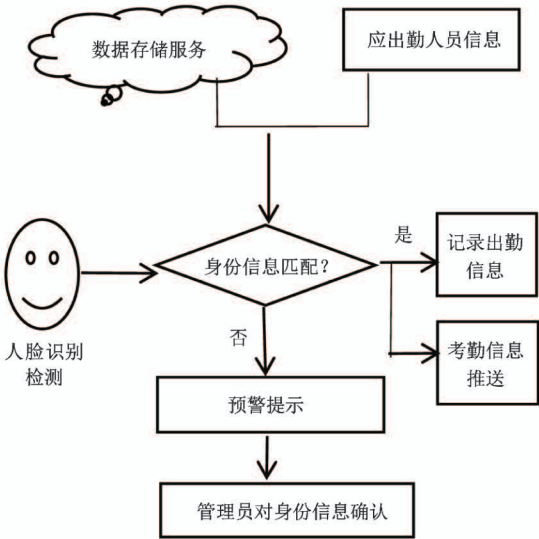


图 6 校园考勤系统应用流程图

进行系统记录。当学生借阅或归还成功后,系统会及时地将相关信息发送到学生的手机。另外,当学生所借阅的书籍临近归还期时,系统也会自动向学生发送提醒短信,提醒学生及时归还书籍^[21]。

人脸识别技术还将应用在图书馆的座位管理系统中^[22],学生可以通过人脸识别预约座位,系统会根据图书馆的座位情况为学生分配座位并进行计时。一定时间后,该座位会自动解除限制,系统会将该座位自动分配给下一位预约的同学。图书馆管理系统架构如图 7 所示。

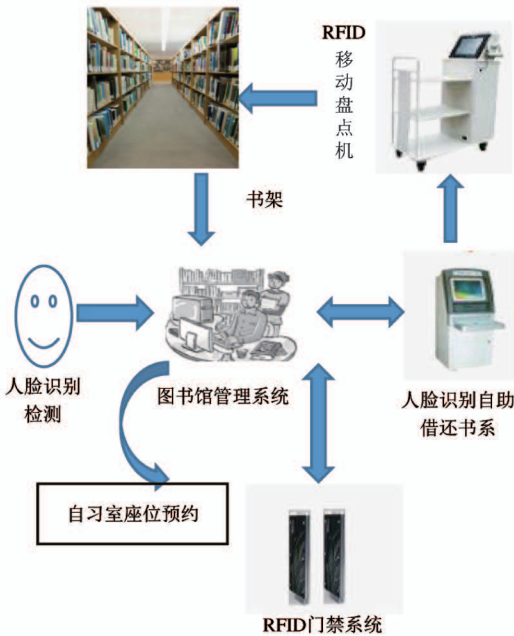


图 7 图书馆管理系统架构图

基于人脸识别和 RFID 技术的图书馆管理系统不仅可以有效增强图书馆管理的安全性,同时在很大程度上简化了图书馆的管理工作,减少了管理人员的工作量,使学生体验到更加智能化的服务^[23-24]。

6 人脸识别检测与体温检测对比实验

该实验从人脸识别和体温检测的准确率两方面对智能门禁系统进行了不同条件下的测试。具体的测试内容如下。

在同一环境下(图 8(a)),对同一个测试样本分别采取面部遮挡和面部无遮挡的方式进行 100 次(系统识别到面部并且保持 3 s 记为一次实验)测试,实验的对比结果如表 1 所示。



(a) 对比实验 1



(b) 对比实验 2

图 8 人脸识别与体温检测对比实验

表 1 人脸遮挡测试结果

实验次数	有无面部遮挡	身份识别正确次数	体温平均值/℃
100	有	23	36.189
100	无	97	36.172

实验结果表明,同一个测试样本,采取面部遮挡

— 38 —

和面部无遮挡,系统的识别率会发生较大的差异,但对体温检测的影响较小。

在未佩戴口罩的情况下(图 8(b)),分别在室内和室外对统一测试样本进行检测和人脸识别检测,实验结果如表 2 所示。

表 2 不同环境下体温测试结果

实验次数	场景	身份识别正确次数	体温平均值/℃
100	室内	100	36.201
100	室外	97	36.172

实验结果表明,在室外环境下由于受到光照、背景等因素的影响,人脸识别的准确率与室内相比有所下降,在不同环境下体温也有所变化,但体温变化均保持在 0~0.08℃ 范围内。

7 结 论

实验结果表明,该人脸识别门禁系统可以很好地完成对出入校园各个场所人员的快速身份识别和体温检测。通过本文的分析和研究,将人脸识别技术应用于校园的管理系统中,不仅可以提高校园的安全防范能力,同时也改变了传统的访客记录方式和考勤管理模式,提高了校园生活的服务质量和校园管理的工作效率。可以预见,未来人脸识别技术在智慧校园的应用会越来越深入。可将人脸识别技术与校园的餐厅、超市的结账系统相结合,实现“刷脸”支付,也可与教学楼、公寓楼的电梯管理系统相结合,实现“刷脸”控制电梯到达指定楼层。所以在未来智慧校园的建设中,人脸识别技术必将为校园的智能化管理带来更大的便利,为学生提供更加智能化的服务,为智慧校园的建设带来更广阔的发展空间。

参考文献

[1] 黄敏. 智能分析+人脸识别技术的发展趋势分析[J]. 电子技术与软件工程,2014,5(10):199

[2] 林星翰,张帅. 人脸识别技术在智慧校园建设中的应用[J]. 信息技术与应用,2020,2(2):29-31

[3] 高煜好. 人脸识别技术在智慧校园中的应用研究[J].

- 电子测试,2018(17):129-130
- [4] 张成金. 人脸识别技术应用于智慧校园的思考[J]. 教研视点,2017(5):152-154
- [5] 王兴,宋琦,杨帆,等. 疫情下的智能身份识别及消毒预警门禁系统研究[J]. 测试技术学报,2020,34(5):425-430
- [6] 王兴,侯礼宁,白雪. 基于 RFID 技术的身份证识别门禁系统开发[J]. 高技术通讯,2019,29(6):539-545
- [7] 陆伟春,裴笋,和晓萍,等. 基于 AdaBoost 算法的快速人脸检测研究[J]. 云南民族大学学报:自然科学版,2014,23(3):218-221
- [8] AGRAWAL A K, SINGH Y N. Evaluation of face recognition methods in unconstrained environments[J]. *Procedia Computer Science*, 2015, 48: 644-651
- [9] 颜学龙,任文帅,马俊. 基于扩展 Haar 特征的 AdaBoost 人脸检测算法[J]. 计算机系统应用,2015,24(9):152-155
- [10] 卜秋月. 基于 OpenCV 的人脸识别系统的设计与实现[D]. 长春:吉林大学计算机科学与技术学院,2015:15-20
- [11] 马博宇,尉寅玮. 基于 AdaBoost 算法的人脸识别系统的研究与实现[J]. 仪器仪表学报,2016,37(s1):162-167
- [12] CHEN C L P, LIU Z L. Broad learning system: an effective and efficient incremental learning system without the need for deep architecture[J]. *IEEE Transactions on Neural and Learning System*, 2018, 29(1): 10-24
- [13] AZEEM A, SHARIF M, RAZA M, et al. A survey: face recognition techniques under partial occlusion[J]. *International Arab Journal of Information Technology*, 2014, 11(1): 1-10
- [14] 詹晓芸,黄持莹,王斌,等. 新型 5G 红外热成像测温系统设计与实现[J]. 电子测试,2020(19):24-26
- [15] 张志强,王萍,于旭东,等. 高精度红外热成像测温技术研究[J]. 仪器仪表学报,2020,41(5):10-18
- [16] 吴其非. 人脸识别技术在校园中的应用[J]. 电子制作,2018,2(22):33-34
- [17] 林寿光. 基于实验室考勤系统的快速人脸识别算法研究[J]. 信息技术,2019(4):18-22
- [18] 张慧娟. 基于人脸识别的考勤系统的设计与实现[D]. 武汉:武汉华中科技大学软件学院,2011
- [19] 毛史明. 基于人脸识别的高校公寓综合应用系统的设计与实现[D]. 长沙:湖南大学信息科学与工程学院,2018:2-5
- [20] 亢琦,陈芝荣. 人脸识别技术在图书馆的应用实践与发展思考[J]. 图书与情报,2018(6):97-100
- [21] 秦鸿,李泰峰,郭亨艺,等. 人脸识别技术在图书馆的应用研究[J]. 大学图书馆学报,2018(6):49-54
- [22] RAVIKANTH M, HITESH B, BALA KRISHNA K. Library attendance for students with face recognition[J]. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 2018(2): 1346-1349
- [23] 曹莹,苗启广,刘家辰,等. AdaBoost 算法研究进展与展望[J]. 自动化学报,2013,39(6):745-758
- [24] DING C, CHOI J, TAO D. Multi-directional multi-level dual-cross patterns for robust face recognition[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2016, 38(3): 518-531

Application research of face recognition technology in smart campus

WANG Xing*, LI Ting*, YANG Liu**, GUO Weijie*

(* College of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024)

(** School of Computer and Information Engineering, Henan University of Economics and Law, Zhengzhou 450046)

Abstract

In view of the fact that the traditional campus management system has been unable to realize the intelligent management of students, this paper puts forward the wisdom campus management system design based on face recognition methods. First of all, this paper analyzes the demand of this management system, and then further elaborates the composition and function of this management system and some key technologies involved in the system, for example, the radio frequency identification (RFID) technology, thermal imaging temperature measurement, face recognition etc. Finally it introduces the functions and application flow of the campus access control system, attendance management system and library management system. The research shows that the intelligent campus management system based on face recognition can realize the intelligent management of the campus, bring greater convenience to the students' study and life on campus, and make the campus management more standardized.

Key words: face recognition technology, campus management system, wisdom campus