

人脸识别技术在公安领域内的应用研究

肖 军

(西南政法大学刑事侦查学院重庆高校物证技术工程研究中心 重庆 401120)

摘 要 人脸识别技术在公安领域内已经取得了一定的成绩,通过主成分分析法、梳理投影图和特征描述相匹配法、面部对称处理还原法、等测地区域的三维面貌相似度评价法、构建隐马尔科夫模型等破获了多起案件。但在应用过程中,一些难题也更充分地显露出来,主要包括某些算法固有的缺陷被放大、理论与现实运用存在差距、缺乏专门的技术人员进行人脸识别系统研发与操作等。为构建以人脸识别技术为基础的公安工作系统,必须不断研发与改进算法,提高识别率;同时需要与其他技术相结合,提高严谨性,改善硬件条件以提供支撑,促进理论研究与实践应用的衔接,提高执法人员进行研发与操作的素质。

关键词 人脸识别,技术应用,公安领域,算法

中图分类号 TP391 文献标识码 A

Research on Application of Face Recognition in Area of Public Security

XIAO Jun

(Chongqing Higher Learning Center for Engineering and Research of Forensic Material Evidence,
School of Criminal Investigation, Southwest University of Political Science and Law, Chongqing 401120, China)

Abstract The face recognition has made certain achievements in the practice of public security, which has used the methods of the principal component analysis, projection drawing and characterization matching, facial symmetry restoration, 3D face similarity evaluation within iso-geodesic regions and hidden markov model. Some conundrums have been exposed more clearly, including inherent flaw of some algorithms, being magnified, gap between theoretical research and practical use, lack of specialized technical personnel for research and development and operation of the face recognition system. In order to build a complete and advanced public security system based on face recognition, the tasks such as developing algorithms to increase recognition rate, combining into other bio-recognizable technologies to enhance stringency, improving the hardware conditions to provide support, promoting convergence of theory research and practical application and training a team of specialized technical personnel along with improving the expertise and operational skills of the involving police-persons should be done.

Keywords Face recognition, Application of technology, Field of public security, Algorithm

1 人脸识别技术基本范畴

1.1 定义

人脸识别技术是指给定一静止或动态图像,利用已有的人脸数据库来比对、确认图像中的一个或多个人的技术^[1]。分解来看,人脸识别技术包括人脸检测、人脸追踪、人脸比对等 3 个阶段。人脸检测重在确认图像中是否有人脸,人脸追踪重在测出人脸后的跟踪提取,人脸比对则是将提取的图像与已有的数据库进行认定,能作同一认定就视为识别成功,不能识别则为比对失败。

1.2 基本支撑

近年来人脸识别技术发展迅速,除了本身为社会所需,还离不开相关学科的进展,它们为人脸识别提供了技术支持。

人们还试图从不同的学科对人脸识别进行研究,并取得了一定程度的发展,这些学科至少包括计算机科学、心理学、脑神经学、神经心理学、神经病理学。例如,就计算机科学而言,计算机视觉方面的发达彻底改变了整个社会的观念,计算自动化促进了技术的发展,使图像处理、模式识别、图像理解、图像生成更为智能化^[2]。

1.3 基本过程

人脸识别是一个较为复杂的过程,需要建立一个训练样本库,里面含有多幅人脸图像数据,然后将所提取的现实图像进行处理,最后将两者图像进行比对,看是否同一,如果同一认定则比对成功,如果不能进行同一认定(拒识),则比对失败,当然可将比对失败的图像加入样本库。这一过程可以看做是系统,如表 1 所列。

本文受 2015 年重庆市教委科学技术研究项目:我国境外追逃追赃国际合作与科学技术结合之完善研究(KJ1500106),重庆高校物证技术创新团队项目(KJTD201301)资助。

肖 军(1984—),男,博士,主要研究方向为人脸识别技术、视频侦查等,E-mail:jeremyxiaojun@whu.edu.cn。

表 1 人脸识别过程、干扰与系统

过程	建立一个训练样本库,有一幅或多幅人脸图像数据 处理待识别目标,有相应数据	比对;匹配—识别出;不配—拒识	待识别目标相应数据加入样本库
干扰	样本数据不足	头饰、眼镜	化妆
	图像质量:图像的增强处理、平滑处理	背景;提取目标	光照
	目标的旋转:深度旋转与平面旋转	尺度:在一定范围内	表情
系统	人脸图像预处理:消除噪声、灰度归一化、几何校正、滤波变换		
	图像表示:基于特征表示(正面特征、侧面特征)		
	特征探测:参数化模型法、基于模板法、利用数学算子法		
	特征提取:代数特征、特征值、特征向量、变换系数值		
	图像识别:类间识别、类内识别		

1.4 基本方法

有学者提出关于识别的方法,就人脸检测而言,(1)从一个可控制的背景中找出人脸;将人脸背景去掉后得到人脸的边缘;(2)通过颜色来寻找:人脸检测的基本颜色提取、彩色图像的人脸检测、PCA 方法的彩色图像人脸检测;(3)通过移动

来寻找。就人脸跟踪而言,(1)采用色彩法:HSV 色彩系统、RGB 色彩系统;(2)Hausdorff 距离模型等^[3]。

文献[4-10]提出了不同的人脸识别法,也分析了各自的优缺点及应用,而最新的文献也在此基础上对部分方法进行了改进与完善,基本情况如表 2 所列。

表 2 常用人脸识别方法

方法	具体操作	要求	优点	缺点	应用
几何特征分析法 (GFA) ^[11]	不同特征点的距离、角度、面积等参数值,作为目标的特征向量	正脸,不能形变或旋转	方法简单、识别速度快	识别精度不高、特征提取困难,定位不准确导致特征点较大偏移	较少
特征脸法(主成分分析法,PCA) ^[12-14]	根据样本库中样本图像矩阵的期望值得到平均脸及标准差,求出主特征向量和值	对人脸图像进行预处理	原理简单、容易编程、识别效果好	受光照、尺度、旋转影响大,且出现偏移、背景不同、表情不同时准确率会降低	较多
局部特征法 ^[15]	使用较低的维数表示人脸空间、拓扑结构、局部特征	主成分分析法基础	便于特征提取、图像分割		商用软件
模板匹配法 ^[16]	将整个灰度图像矩阵当作做一个模板,与待识别人脸图像矩阵比较,计算出欧氏距离,取最小者为匹配对象	人脸有相同的缩放比例、旋转图像、光照影响	识别速度快、所需要存储的空间小、眼睛区域的纹理结构比较清晰	嘴部区域识别能力不强	特别场合
图匹配法 ^[17,18]	人脸图像上采用一定的栅格取得相应的信息,模板为拓扑图、图中节点为栅格点、节点间连接关系为图的边	使用傅里叶变换	受图像的旋转、偏移影响小,具有健壮性	对图像的形变很敏感,形变较大的人脸图像识别效果不好	要求高,应用不广
		使用小波变换	受图像形变、光照、面部表情、图像尺寸干扰小,识别效果好	识别速度慢,计算量大	
神经网络法 ^[19-21]	(隐马尔科夫模型)对人脸各区域进行划分,5 个区域:额头、眼睛、鼻子、嘴、下颚,从上到下用一个比人脸各部分高度小得多但宽度相同的扫描带进行重叠扫描,得到概率权值	选好扫描带宽	待识别图像有缺失或存在小形变时,能有效进行识别;在非线性分类中充分逼近理想结果,较好的鲁棒性和自适应性	训练过程复杂且算法收敛慢,网络容量不能太大;对多姿态人脸容忍度较低	实验室阶段

其中,GFA,PCA,HMM 是静态、动态人脸识别较为常见的分析法和模型。几何特征分析法(Geometry Feature Analysis)是一种最简单与直接的方法,其过程为:首先提取目标各类特征并将所有得到的特征值组合成一个向量,然后利用某种距离公式将待识别目标的特征向量与库中样本的特征向量相比较,根据比较结果分析待识别目标是否得以匹配,该法的关键在于特征提取的方法。基于主成分分析(Principal Component Analysis)方法是通过构造人脸图像集合的相关联集合,并对该相关联集合进行 KL(Karhunen-Loeve)变换,得到人脸图像集合的主成分集。这些主成分之间相互正交,形成一个坐标系,其中每个坐标轴都是一幅图像,即特征图像(Eigenpicture),相应的坐标系成为特征空间(Eigenspace),将实际的人脸图像向该坐标系投影,得到的投影系数值集称为该人脸图像的主成分表示^[22]。其过程为构建人脸样本库、图像分块、PCA 求权重系数、重建高分辨率人脸图像^[23]。

隐马尔科夫模型(Hidden Markov Model)则被应用到动态人脸识别中,其过程为图像源的获取、图像的提取、建立视频序列,需要进行预处理(模糊性、相关性)、训练与识别等,即

预处理——相关性处理——观察序列概率分布计算——采用隐马尔科夫模型识别。预处理是指用隐马尔科夫模型定位、归一。运动序列图像包括图像分割——运动图像相对成像设备移动(瞬间图像可能是模糊的)、人脸与成像设备之间的距离不断变换、同一运动图像中两个瞬间静态图像中人脸大小是不等的。训练与识别:预处理(简单分割、帧信息分割,MPEG-2 视频图像 B 帧与 P 帧运动向量关系;对人脸定位消除干扰信息并将得到的人脸图像缩放成同样大小)——相关性处理(人脸图像序列经过人脸图像预处理后得到一组运动相关的静态人脸图像,在时间序上各图像之间存在的相关关系称为动态人脸图像相关性,动态人脸图像的相关系数是为了定量地描述这些图像之间的关系,定义其在[0,1]区间内)——隐马尔科夫模型状态及属性确定(图像特征一般反映人脸的共性图形表示并将其定义为状态的属性图像,其反映了状态属性与观察序列之间的概率分布)——观察序列概率分布计算——对隐马尔科夫模型训练,可参考文献[24-27]。

采用隐马尔科夫模型进行人脸识别的过程与方法如图 1 所示。

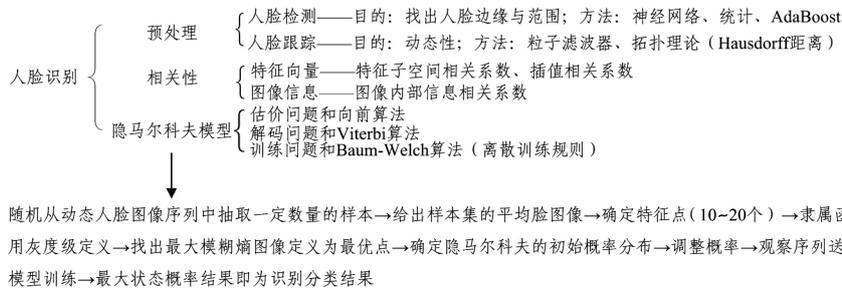


图1 用隐马尔科夫模型^[28-30]进行人脸识别的过程与方法

通过分析可知,首先人脸识别过程中的复杂程度取决于观测层的复杂度和特征提取的复杂度,涉及到二维FFT计算^[31];其次动态人脸识别比静态人脸识别有更强的容错能力和纠错性,这点通过反复实验得以证实;最后不同的运算方法

可导致不同的误识别率、拒绝识别率,而拒绝识别的后果远小于误识别率。如Rowley H A等人在应用神经网络方法识别的实验过程中,通过设置不同的参数得出差异较大的拒绝识别率、误率,值得深入研究。该方法实验结果如表3所列。

表3 Rowley H A等人采取神经网络方法识别的结果^[32]

Type	System	Missed faces	Detect rate(%)	False detects	False detect rate
Single network, no heuristics	1) Network 1[2 copies of hidden units(52 total),2905 connections]	45	91.1	945	1/87935
	2) Network 2[3 copies of hidden units (78 total),4357 connections]	38	92.5	862	1/96402
	3) Network 3[2 copies of hidden units(52 total),2905 connections]	46	90.9	738	1/112600
	4) Network 4[3 copies of hidden units(78 total),4357 connections]	40	92.1	819	1/101464
Single network, with heuristics	5) Network 1→threshold(2,1)→overlap elimination	48	90.5	570	1/145788
	6) Network 2→threshold(2,1)→overlap elimination	42	91.7	506	1/164227
	7) Network 3→threshold(2,1)→overlap elimination	49	90.3	440	1/188861
	8) Network 4→threshold(2,1)→overlap elimination	42	91.7	484	1/171692
Arbitrating among two networks	9) Networks 1 and 2→AND(0)	68	86.6	79	1/1051888
	10) Networks 1 and 2→AND(0)→threshold(2,3)→overlap elimination	112	77.9	2	1/41549605
	11) Networks 1 and 2→threshold(2,2)→overlap elimination→AND(2)	70	86.2	23	1/3613009
Arbitrating among three networks	12) Networks 1 and 2→thresh(2,2)→ overlap elim→OR(2)→thresh(2,1)→ overlap elimination	49	90.3	185	1/449184
	13) Networks 1,2,3→voting(0)→overlap elimination	59	88.4	99	1/839385
	14) Networks 1,2,3→network arbitration (5 hidden units)→thresh(2,1)→ overlap elimination	79	84.4	16	1/5193700
	15) Networks 1,2,3→network arbitration (10 hidden units)→thresh(2,1)→ overlap elimination	83	83.6	10	1/8309921
	16) Networks 1,2,3→network arbitration (perceptron)→thresh(2,1)→over- lap elimination	84	83.4	12	1/6924934
Fast version	17) Candidate verification method described in Section 4	117	76.9	8	1/10387401

Notes: Detection and error rates for Test, which consists of 130 images and contains 507 frontal faces. It requires the system to examine a total of 83099211 20x20 pixel windows.

2 人脸识别技术在公安领域内的应用现状及问题

2.1 人脸识别技术在公安领域内的应用现状

2.1.1 人脸识别技术应用实例

2015年11月3日晚,来自贵州的何某在桐乡市区某银行ATM机上取钱时,发现ATM机中上一名取钱的市民没有将银行卡带走。何某没有想到要将卡归还或告知银行,而是取走了卡中4000元钱。事发后,银行卡主人很快报警,桐乡警方立即着手调查这起案件。在调取ATM机摄像头录像后,警方发现嫌疑人面部有部分遮挡,但通过使用人脸识别系统,将何某的人像与数据库中信息进行对比,很快查到了与之匹配的身份信息,并根据其信息及活动规律,迅速将何某捉拿归案。

1997年3月4日,上海警方以涉嫌金融诈骗罪对谢某立案侦查,并采取网上追逃措施,但多年追踪无果。2015年3月,上海警方获得线索,一名为“张某某”的澳大利亚籍华裔于近期入境,启用人脸识别和大数据分析,最终确认此人就是潜逃境外18年之久的谢某。

2015年4月第53届世界乒乓球锦标赛在苏州举行,本次大赛启动了人脸识别系统。当运动员和观众入场时,人脸识别系统将通过摄像头检测来捕捉视频中的人脸,并与“黑名单”库进行实时比对,过程耗时不过1s。当“黑名单”库中的人员出现在摄像头前时,都难逃“人脸识别”系统的火眼金睛。观众入场时需要经过“检票”、“核查身份”、“人身物品安检”、“物品临时寄存”4道程序才能进入场馆,作为高科技安保的一道坚固防线,人脸识别系统可在后台不间断值守。系统可实时将检测到的人脸信息与“黑名单”数据库进行核对,一旦系统报警,安保人员可以第一时间响应。

2.1.2 人脸识别技术应用分析

上面3个实例说明,人脸识别已经广泛应用在侦查破案、追逃追赃、安保等领域。如第一个案例警方通过面部对称处理还原法(Gabor变换与HMM)将遮挡部分进行识别发现嫌疑人;第二个案例警方基于投影图和特征描述相匹配的方法仍将改变容貌后的嫌疑人抓获,因为即便“整容”,人双眼瞳孔间的距离是稳定的,人脸识别技术就是通过这些稳定的位置信息,提取每个人脸的身份特征,将其与已知的人脸信息对

比,识别身份;第三个案例表明,人脸识别系统可以记忆安保人员难以记忆的上千万张库中人员信息,并在大数据的基础上进行智能学习,通过人脸特征精准地检索每一个观众,即便是逃过“核查身份”的疑犯,都难逃人脸识别系统的“核查人脸”程序。

大数据平台和人脸识别等高科技应用提高了案件侦破率,也在维护国家安全、公共安全以及打击恐怖主义的活动中发挥了举足轻重的作用。通过 Gabor 变换、数学变化、双属性图等方式将公安机关在逃人员数据库中的图像和待识别人脸图进行对比,能够抓获在逃人员。

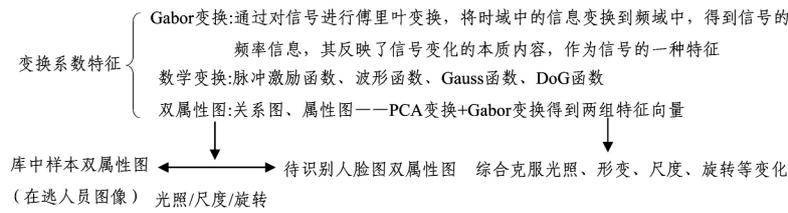


图2 在逃人员图像与待识别人脸图像比对过程

2.2 人脸识别技术在公安领域内应用存在的问题

虽然人脸识别技术已经应用到现实中的身份鉴定场合,但仍存在着一些问题。

(1)由于人脸识别技术处于发展阶段,一方面存在着诸如算法改进、自动图像配准技术等难题,另一方面还受硬件条件、算法的复杂度、算法的识别率、人脸光照模式、表情、姿态随意性的影响,因此实际应用到公安领域的效果会打折扣,尤其是在现实中人是动态的,而技术上关于动态人脸识别研究较少,存在缺失。

(2)公安机关使用的在逃人员数据库、违法犯罪人员数据库等存储了待抓人员(数据库资料基于被通缉者或逃犯)的信息,但一般只有一张正面的图像,仅凭这一张图像有时难以与现实中发现的人脸图像进行比对。例如,在研究人脸识别过程中,国外的 FERET 人脸数据库、MIT 人脸数据库和国内的 CAS-PEAL 人脸数据库、BJUT-3D 人脸数据库基本上都是志愿者的人脸及在不同姿态、表情、光照下采集的,具有训练意义。以 MIT 媒体实验室为例,其含有 16 个人的面部图像。以光照(头顶上方、45°、90°)、摄像机镜头尺度(全镜距、中镜距、小镜距)、旋转(正面、左旋 22.5°、右旋 22.5°)为参数,进行 KL 变换,得到 16 个特征向量,作为特征脸,共计 16 * 27 = 432 幅人脸。特征向量个数取得越多,识别准确率越高;特征向量的质量可以通过识别能力较强的组合使识别率提高。所以,技术与应用有脱节嫌疑。

(3)除了通过视频获取的图像资料,在公安领域,还可能通过素描的形式得到人脸图像。如,目击者看见犯罪嫌疑人,凭记忆前往公安机关提供嫌疑人的特征,公安人员有可能通过素描的方式将特征记录并画出犯罪嫌疑人。如果没有相应的处理,很难与网上数据库进行比对,从而错失抓获嫌疑人的最佳战机。

(4)公安机关缺乏专门的技术人员进行人脸识别系统研发与操作。虽然通过前面的案例得知通过人脸识别技术抓获了部分犯罪嫌疑人,保障了公民人身安全,但在整个公安领域,懂开发、熟应用的人才还是偏少,这显然不利于人脸识别技术在公安领域内的发展。

3 人脸识别技术在公安领域内的应用展望

3.1 不断研发与改进算法,提高识别率

首先,从最初的基于几何特征的人脸描述到基于代数特征的整脸描述,再到基于连接机制的弹性图描述,即从低层次的图像特征向高层次的面部特征推进;从代数特征把人脸视

为普通图像来处理,用 HMM 表示人脸面部特征的关联,再用 3D 重建技术把人脸作为 3D 对象投影,即先验知识不断加入到识别系统中,人脸识别技术已向纵深发展。例如图像超分辨率重建技术:利用软件的方法,将一幅或多幅低分辨率(Low Resolution, LR, 原因是图像退化,如运动形变、模糊、下采样、噪声)图像重建成一幅高分辨率(High Resolution, HR)图像的过程,包括基于插值、重建、学习 3 类算法,可应用到视频监控中,对视频图像的关键部分如人脸或牌照进行高分辨率重建,为案件的侦破和事件的迅速处理提供重要的线索和证据。又如,通过 3D 人脸配准,其过程为:获取纹理图像→检测特征点→细化特征点位置(ASM 算法)→特征点模型标准化(Candide 3)→3D 人脸模型配准,能够解决现实中人脸图像不对称等问题。但是,现有的技术仍有不少缺陷(见表 1),需要研究人员在不断研发和改进算法的同时,提高识别率,降低拒绝识别率与误识别率。

其次,为了克服现有算法的缺陷,在实际应用过程中需要综合采纳多种算法,能吸收众算法之所长,避众算法之所短,如针对 Gabor 脸、PCA 算法、ICA 算法、HMM 模型,应当充分利用它们的优点,采取 Gabor + PCA + HMM 或 Gabor + ICA + HMM 之组合提高识别性能,去除(向量之间)相关性,降维,增加识别率与容忍度。

3.2 需要与其他技术相结合,提高严谨性

应当指出,人脸识别技术只是人工智能技术的一部分,在公安领域还存在指纹识别、DNA 鉴定、语音识别等多种识别技术,所以需要综合多种技术和方法形成组合拳——把人脸识别与指纹识别、语音识别相结合,在不过于依赖人脸识别这一项技术的同时,还可提高应用效率和准确率。

除此之外,还可以与人的动态结合,如基于 Kinect 骨骼空间几何角度的动作识别^[33]、基于三维时空特征的人体行为识别^[34]等。

3.3 改善硬件条件提供支撑

人脸识别的前提是最好能有清晰的图像(虽然根据图像超分辨率重建算法,通过训练能将低分辨率图像转化为高分辨率图像),这取决于硬件条件。

但是就目前来看,大多摄像头拍摄的照片较模糊,给人脸识别带来了一定的困难。所以在条件允许的情况下,应加大经费投入,更新硬件设备。

3.4 促进理论与实践应用相衔接

理论研究过程应与实践应用相衔接。在实践中可能存在异质人脸识别与素描人脸识别的问题。所谓异质人脸识别即

待识别图像与识别库中图像获取方式不同,如门禁系统是红外获取的人脸图像,而识别库为可见光图像,红外人脸图像与可见光人脸图像如何比对?素描人脸识别的关键在于用笔画下来的人脸图像与光学照片如何匹配?

此外,在实践应用中,更多的是要将被动转化为主动来获取信息。如现实要求对视频中行人的动作理解与分析以及异常行为实时检测进行研究,提高视频监控、安防系统等智能化程度,便于能够充分发挥视频监控系统的主动监督作用、及时报警预防安全事故发生的作用。

这里可借助技术公司为公安机关设计符合行情的技术设备,针对公安领域特用。如由杭州海康威视数字技术股份有限公司开发研制的“视侦通”(OVIT)已经推广使用,其经验值得借鉴。“视侦通”是专门为视频侦查业务打造的应用软件,由浙江省公安厅刑侦总队与杭州海康威视合作开发,内含播放、编辑、录屏、标注等常用软件,尤其是“神探眼”技术可针对补光不足、大雾天、畸变变形等各类视频进行处理,得到清晰的人脸图像,为识别服务。

3.5 提高执法人员素质进行研发与操作

对于公安执法人员,应当采取培训的方式迅速提高其研发技能与操作本领。例如,由于在逃人员数据库、违法犯罪人员数据库中的对象仅有一张照片,在发现嫌疑人后需要处理才能比对,如果处理做在前面可节约时间。即执法人员可以将犯罪嫌疑人的图像经过预处理(旋转、变换),然后再与获取现实中的图像比对,这是基于相同旋转角度图像间的识别情况较好,而不同旋转角度图像间的识别情况较差。或者不在库中为每名犯罪嫌疑人保留多个样本(可能受总容量所限),而是由执法人员构建一些公共的模板空间,如多尺度、多平面旋转、多深度旋转等空间,具体识别时再进行处理,最后用各类方法识别。

结束语 随着技术的发展,推进“平安中国”的建设,可以预计未来机场、地铁、汽车站和火车站都将会用上“人脸识别系统”,为公安领域所广泛应用。

参考文献

[1] 苏剑波,徐波.应用模式识别技术导论:人脸识别与语音识别[M].上海:上海交通大学出版社,2001

[2] Shapiro L G, Stockman G C. Computer Vision[M]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 2001

[3] 沈理. 人脸识别原理及算法:动态人脸识别系统研究[M]. 北京:人民邮电出版社,2014

[4] Kember S. Face Recognition and the Emergence of Smart Photography[J]. Journal of Visual Culture, 2014(2):182-199

[5] Kanade T. Picture Processing by Computer Complex and Recognition of Human Faces[D]. Kyoto: Kyoto University, 1973

[6] Lee Y H, Ahn H. Advanced Face Recognition and Verification in Mobile Platforms[J]. Journal of Systems and Information Technology, 2014(2):126-137

[7] Kakadiaris I, Passalis G, Toderici G, et al. Three-Dimensional Face Recognition in the Presence of Facial Expressions, An Annotated Deformable Model Approach[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2007(4):640-649

[8] Kemelmacher-Shlizerman I, Basri R. 3D Face Reconstruction

from a Single Image Using a Single Reference Face Shape[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011(2):394-405

[9] Passalis G, Perakis P, Theoharis T, et al. Using Facial Symmetry to Handle Pose Variations in Real-World 3D Face Recognition [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011(10):1938-1950

[10] Samaria F, Young S. HMM Based Architecture for Face Recognition[J]. Image and Computer Vision, 1994(8):537-543

[11] 王寻,赵怀勋.基于改进的肤色空间和几何特征的快速人脸检测研究[J].计算机应用与软件,2015(2):151-154

[12] 周威,毛力,赵鹏洋,等.基于MB_LBP和PCA算法的人脸识别研究[J].中国管理信息化,2016(13):181-182

[13] Hiremath P S, Hiremath M. 3D Face Recognition Based On Radon Transform, PCA, LDA Using KNN and SVM[J]. International Journal of Image Graphics and Signal Processing, 2014, 6(7):36-43

[14] Ghinea G, Kannan R, Kannaiyan S. Gradient-Oriented-Based PCA Subspace for Novel Face Recognition[J]. IEEE Access, 2014(2):914-920

[15] 胡敏艳,孙查如.基于局部特征的三维人脸识别[J].现代计算机,2016(2):33-38

[16] 顾伟,刘文杰,朱忠浩,等.一种基于肤色模型和模板匹配的人脸检测算法[J].微型电脑应用,2014(7):13-16

[17] 陈宁,姚楚楚.基于图匹配的人脸识别算法[J].纺织高校基础科学学报,2016(1):105-109

[18] Shin H C, Park J H, Kim S D. Combination of Warping Robust Elastic Graph Matching and Kernel-Based Projection Discriminant Analysis for Face Recognition[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2007(6):1125-1136

[19] Feeza R, Mohamed K H. Convolutional Neural Network for Face Recognition with Pose and Illumination Variation[J]. International Journal of Engineering and Technology, 2014(1):44-57

[20] 陈耀丹,王连明.基于卷积神经网络的人脸识别方法[J].东北师大学报(自然科学版),2016(2):70-76

[21] Kasar M M, Bhattacharyya D, Kim T H. Face Recognition Using Neural Network: A Review[J]. International Journal of Security and Its Applications, 2016(3):81-100

[22] Turk M A, Pentland A P. Face recognition using eigenfaces[J]. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1991(6):586-591

[23] Liu C, Shun H Y, Zhang C H. A two-step approach to hallucinating faces: Global parametric model and local nonparametric model[J]. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001(1):192-198

[24] Nefian A V, M H H. Face detection and recognition using hidden Markov models[J]. IEEE International Conference on Image Processing, 1998(1):141-145

[25] Tu J L, Tao H, Huang T. Face as mouse through Visual face tracking[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2010(1):35-40

[26] Gerard Medioni, Isaac Cohen. Event detection and analysis from video stream[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010(8):873-875

[27] Nefian A. A Hidden Markov Model-Based Approach for Face Detection and Recognition[D]. Georgia:Georgia Institute of Technology,1999

[28] Bobulski J. 2DHMM-Based Face Recognition Method[J]. Image Processing and Communications Challenges,2016(1):11-18

[29] Arya K V, Anukriti. Face recognition under partial occlusion using HMM and Face Edge Length Model[R]. The 9th International Conference on Industrial and Information Systems(ICIS),2014

[30] 李忠健,杨宜民,梅平. 基于改进的隐马尔科夫模型的人脸识别方法[J]. 工业控制计算机,2014(11):29-31

[31] William H,William T,Brian P. Numerical recipes in C;the art of

scientific computing [M]. New York: Cambridge University Press,1986

[32] Rowley H A,Baluja S,Kanade T. Neural Network-Based Face Detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence,1998(1):23-38

[33] Raptis M, Kirovski D, Hoppe H. Real-time classification of dance gestures from skeleton animation[J]. Eurographics/ACM Siggraph Symposium on Computer Animation,2011(2):147-156

[34] Oluwatoyin P. Popoola, Kejun Wang. Video-Based Abnormal Human Behavior Recognition—A Review[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews),2012(6):865-878

(上接第 116 页)

其中, $0 \leq x_1 \leq 1 \text{cm}^2$, $0 \leq x_2 \leq 1 \text{cm}^2$; $l = 100 \text{cm}$, $P = 2 \text{KN}$, $\sigma = 2 \text{KN/cm}^2$ 。

算法中参数设置均为: $\alpha = 0.5$, $\beta_0 = 0.2$, $\gamma = 1$, $n = 50$, $\text{MaxGeneration} = 200$ 。两种算法对例 8 的结果对比如表 4、图 12 所示。

表 4 两种算法对例 8 的结果对比

	最优值	平均值	最差值	最优解
FA	263.89625	263.90614	264.01298	(0.78863, 0.40838)
BVWFA	263.89585	263.89740	263.90247	(0.78870, 0.40817)

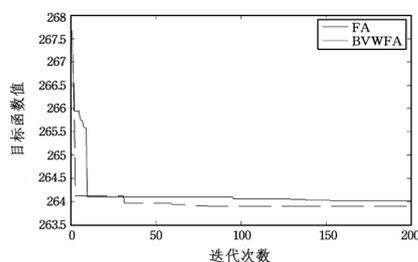


图 12 两种算法对例 8 的收敛曲线对比

文献[7]中给出了 Park 等人、Ray 和 Saini 等人、Yang 对于管柱设计问题用 3 种不同算法所得到的最优解,与本文改进后萤火虫算法 BVWFA 的运算结果进行对比,如表 5 所列。

表 5 三杆平面桁架结构问题最佳方案的结果对比

	Park	Ray and Saini	Yang	BVWFA
x_1	0.78879	0.795	0.78863	0.78870
x_2	0.40794	0.395	0.40838	0.40817
g_1	0	-0.00169	0	0
g_2	-0.26778	-0.26124	-0.26802	-1.4642
g_3	-0.73223	-0.74045	-0.73198	-0.5358
最优值	263.8965	264.300	263.8962	263.8958

从算法运算的结果对比中看出改进萤火虫算法要优于其它算法。

结束语 本文提出了一种基于标准萤火虫算法的改进算法,在标准算法中引入自适应性惯性权重提高了算法的寻优率,并引入相互协作和信息共享的思想改进算法中的迭代公式,从而提高了算法的收敛精度,使算法在降低迭代次数的条件下能够快速地收敛到最优解,对称边界变异的引入也增加了萤火虫算法中种群的多样性。通过 6 个不同类型的函数的

测试验证了改进后萤火虫算法 BVWFA 的可行性,最后通过对文中的两个工程实例问题的计算证实了 BVWFA 的有效性和实用性。

参考文献

[1] Yang Xin-she. Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms[M]. Luniver Press,2010

[2] Yang X S,贺兴时. 群体智能和智能优化算法[J]. 纺织高校基础科学学报,2013,26(3):287-296

[3] 杨艳,周永权,罗林,等. 人工萤火虫群优化算法求解约束优化问题[J]. 小型微型计算机系统,2014,35(1):185-188

[4] 刘鹏,刘弘,郑向伟,等. 基于改进萤火虫算法的动态自动聚集路径规划方法[J]. 计算机应用研究,2011,28(11):4146-4149

[5] 董静. 萤火虫算法研究及其在水下潜器路径规划中的应用[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2013

[6] Gandomi A H, Yang Xin-she, Alavi A H. Cuckoo search algorithm: a metaheuristic approach to solve structural optimization problems[J]. Engineering with Computers,2013,29(1):17-35

[7] Yang Xin-she, Gandomi A H. Bat algorithm: a novel approach for global engineering optimization[J]. Engineering Computations,2012,29(5):464-483

[8] 莫愿斌,马彦迪. 单纯形法的改进萤火虫算法及其在非线形方程组求解中的应用[J]. 智能系统学报,2014,9(6):747-755

[9] 冯艳红,刘建芹,贺毅朝. 基于混沌理论的动态种群萤火虫算法[J]. 计算机应用,2013,33(3):796-799

[10] 吴东周,丁学明. 基于改进萤火虫算法的 T-S 模型辨识[J]. 计算机仿真,2013,30(3):327-330

[11] 赵玉新, Yang X S, 刘利强. 新兴元启发式优化方法[M]. 北京:科学出版社,2013

[12] 刘长平,叶春明. 一种新颖的仿生群智能优化算法:萤火虫算法[J]. 计算机应用研究,2011,28(9):3295-3297

[13] 罗辞勇,陈民铀,韩力. 适应性粒子群寻优算法[J]. 控制与决策,2009,24(6):859-863

[14] 陈寿文. 基于质心和自适应指数惯性权重改进的粒子群算法[J]. 计算机工程与应用,2015,3(3):675-679

[15] 杨朋樽. 粒子群算法的拓扑结构分析与研究[D]. 太原:太原理工大学,2010

[16] 宋莉,邓长寿,曹良林. 粒子群优化算法的边界变异策略比较研究[J]. 计算机工程,2015,41(3):191-197