

文章编号: 1001-2486(2003)03-0045-04

一种复合模式的人脸识别系统设计*

李江, 郁文贤, 匡刚要, 宋海娜

(国防科技大学电子科学与工程学院, 湖南长沙 410073)

摘要: 通过综合考察红外/可见光图像人脸识别的优缺点, 利用红外温谱图进行人脸检测与识别的优势, 在研究可见光和红外人脸温谱图识别技术以及两者融合技术的基础上, 提出和设计了一种新的红外/可见光复合模式的人脸识别系统。初步实验结果表明, 这种识别方法不论从理论上还是从实验上都是可行的, 系统具有良好的识别能力。

关键词: 人脸识别; 人脸检测; 主元分析; 神经网络; 红外图像; 数据融合

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

A Compound Face Recognition System Design

LI Jiang, YU Wen-xian, KUANG Gang-yao, SONG Hai-na

(College of Electronic Science and Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Through studying the recognition technology of infrared and visible light image and taking the advantage of using the infrared heat spectrogram in the face detection and recognition, we introduce a new compound face recognition system. This system is based on the fusion of the infrared and visible light recognition technology. Experimental results show that the recognition system is workable and has good partition capability.

Key words: face recognition; face detection; principal components analysis; neural network; infrared images; data fusion

人脸识别问题的关键是识别系统能适应使用过程中千变万化的环境, 适应可变的人脸。在可见光人脸识别领域, 人们为了解决这些变化的情况, 研究了大量复杂算法, 但仍远不能满足要求。例如光照条件变化、化妆、照片欺诈等使得自动识别非常困难。但是, 红外温谱图人脸识别在理论上可以解决光照、伪装等问题。人脸红外温谱图是靠人体皮肤上的血管发热, 在一定距离内由热像仪感知得到, 不受光照条件的影响。由于人体皮肤的热辐射系数与周围景物的系数有明显区别, 所以易与周围的景物区分开来。红外温谱图如同指纹一样, 与人的基因结构有关, 具有惟一性。因此, 红外成像具有抗干扰性强、独立于可见光源、防伪装、防欺诈、不受年龄影响等优点; 其缺点是对玻璃透射性差、受温度影响。对红外人脸识别的研究基本上是在 20 世纪 90 年代后才逐步增多的, 主要方法是利用红外人脸热轮廓的细节对人脸编码的方法, 还有特征脸、Mosaic 等方法, 目前国内这方面的研究还不多见。

1 系统人脸检测与定位方法

一个完整的人脸识别系统应完成如下任务: 首先是人脸检测和定位, 即从输入图像中找到人脸及人脸存在的位置, 并将人脸从背景中分割出来, 然后再对归一化的人脸图像进行特征提取与识别。

在人脸检测与定位方面, 由于人脸模式的多样性与图像获取过程中的不确定性, 使得人脸在可见光图像上的分布非常复杂。但由于人脸热辐射模式与周围环境有明显区别, 所以利用红外温谱图进行人脸检测与定位具有很大的优势。

在研究和设计本系统的人脸检测与定位方法时, 我们结合人脸可见光和人脸红外温谱图两种输入图像途径对人脸进行检测与定位。具体设计思路和方法如下:

* 收稿日期: 2003-01-05

基金项目: 国家 863 高技术资助项目(2001AA144170)

作者简介: 李江(1964—), 男, 讲师, 博士生。

(1) 对可见光人脸检测与定位采用目前较为成熟的算法。首先,应用简单且快速的算法初步确定人脸的存在与否以及对人脸在图像中的大致范围进行估计;其次,采用模板匹配或基于人工智能、模式识别的方法对前面初步确定的人脸图像进一步检测和人脸图像范围细化;最后,将做过检测、识别处理的人脸图像进行归一化、标准化等图像后处理工作以供进一步的处理和应用。

(2) 利用几何特征、形状先验知识等对红外温谱图进行人脸检测与定位的算法设计。在系统设计时,我们还根据实际背景选择不同的红外谱段,如利用近红外双波段融合处理来进行警戒或监控的检测,用热红外(中红外和远红外)对伪装(整容)进行检测。

(3) 将可见光图像与红外图像的检测结果进行融合或对某些特征进行融合,提高检测率与识别率。另外,在复杂背景、光照条件差的情况下,我们可先利用红外温谱图进行人脸所在区域的粗分割,再利用一般的检测方法对分割区域进行进一步检测与定位,这样可以提高检测性能。

2 系统人脸识别算法设计

通过对可见光和红外温谱图的人脸识别进行深入研究,目前我们认为基于代数特征的识别方法是一种性能较稳定和比较优越的方法。主成分分析(PCA)和线性辨别分析(LDA)方法都是基于代数特征的人脸识别方法。在本系统的设计中,对于可见光和红外人脸特征提取和识别算法,主要采用基于PCA的人脸识别方法以及一种新改进的LDA方法。

在众多的人脸识别方法中,主成分分析(Principal Components Analysis, PCA),也称为特征脸(Eigenface)方法在对高维数据的降维表示方面性能优越。通过主成分分析,利用有代表性的人脸图像样本构造正交基,新构造的正交基能更好地描述人脸图像的分布。人脸图像在正交基上的投影得到的特征向量较好地反映了人脸图像的全局和局部特征,并且对光照、面部表情、面部细节和面部方位的细微变化不敏感,从而满足了特征提取的有效性、稳定性、不变性和可分性要求。因此基于主成分分析的人脸识别方法在人脸识别领域有着重要的影响和广泛应用。下面我们对本系统中PCA方法用于人脸特征提取和识别的具体算法设计进行描述:

设人脸图像训练集为 $X = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_N \end{pmatrix}$, 其中 x_i 表示第 i 个人脸图像,且已展开成一个 $K \times 1$ 维列矢量, K 为图像尺寸, N 是训练集图像总数。

(1) 将 X 去平均,即 $X = X - X = (x_i - X) |_{K \times N}$, 其中 $X = \sum_{i=1}^N x_i / N$ 是平均脸图像;

(2) 令 $C = X \cdot X^T |_{K \times K}$, $C' = X^T \cdot X |_{N \times N}$, 利用 Jacobi 方法求解 C 的全部特征值 $\Lambda = (\lambda_i)_{i=1, \dots, N}$ 和相应的特征矢量集 $\Phi' = (\phi'_i)_{i=1, \dots, N}$, 其中 Φ' 是一个 $N \times N$ 维正交、范数归一化的矩阵;

(3) 令 $\Phi'' = X \cdot \Phi' |_{K \times N}$, 将 Φ'' 的各个列矢量分别范数归一化得到 Φ , 则 Φ 即为原训练集图像空间的特征矢量空间, Λ 为与之对应的特征值,且按降序排列;

(4) 按一定的准则选取 M 个主成分构成新的主子元空间 $\Phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_M) |_{K \times M}$, 其中 $M \leq N$, 求训练集图像的低维特征空间 $F = \Phi^T \cdot X |_{M \times N}$ 。经过上述处理,高维数据 X 可以由一个主子元空间 Φ (也叫做特征脸空间) 和一个低维特征空间 F 来表征;

(5) 选用某种距离准则如欧氏距离、马氏距离、均一化欧氏距离、平均欧氏距离等距离准则,在识别时通过计算待识别人脸图像的特征矢量与存储在数据库里的人脸特征矢量的这种距离,距离最小的人脸被认为与待识别人脸匹配。另外,也可用将待识别人脸图像矢量在“特征脸空间”中的投影矢量作为人脸图像的特征向量输入神经网络等方法进行人脸识别和分类。

此外,在研究和设计本系统识别算法时,我们还对利用红外人脸图像热轮廓的人脸编码进行特征提取,以及构造神经网络系统对人脸特征进行训练与分类、识别的方法进行了尝试,具体的算法处理流程如图1所示。

3 系统设计

可见光人脸识别系统实现比较方便、算法成熟且造价低,但其固有的局限性,如:光照、姿态、旋转

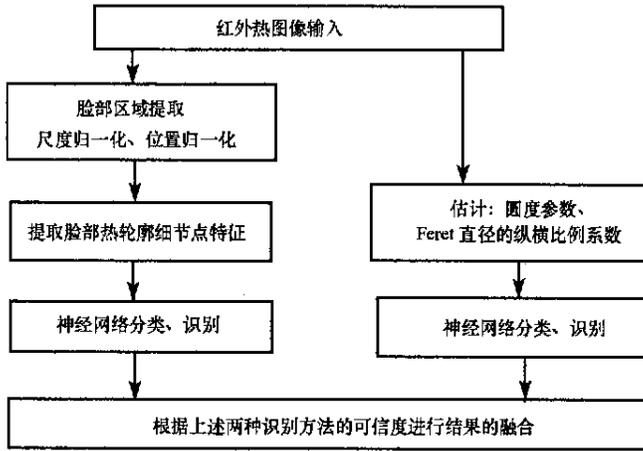


图1 红外人脸图像识别算法处理流程图

Fig. 1 The algorithm of face recognition using infrared imagery

影响等。而人脸红外温谱图是具有惟一性、不变性的生理特征,因此红外人脸识别系统具有高度安全性和稳定性,可以防欺诈、防伪装、不受光照条件影响,在人脸检测和识别领域具有显著的优点。但对于人这样一个可变目标,任何单一的传感器都或多或少地有其固有的局限性。因此,从实际应用出发,在研究和探讨红外温谱图/可见光图像人脸检测、识别技术以及这两种识别方法融合技术的基础上,我们提出和设计了一种新的红外/可见光复合模式的人脸识别系统。系统设计结构如图2所示。

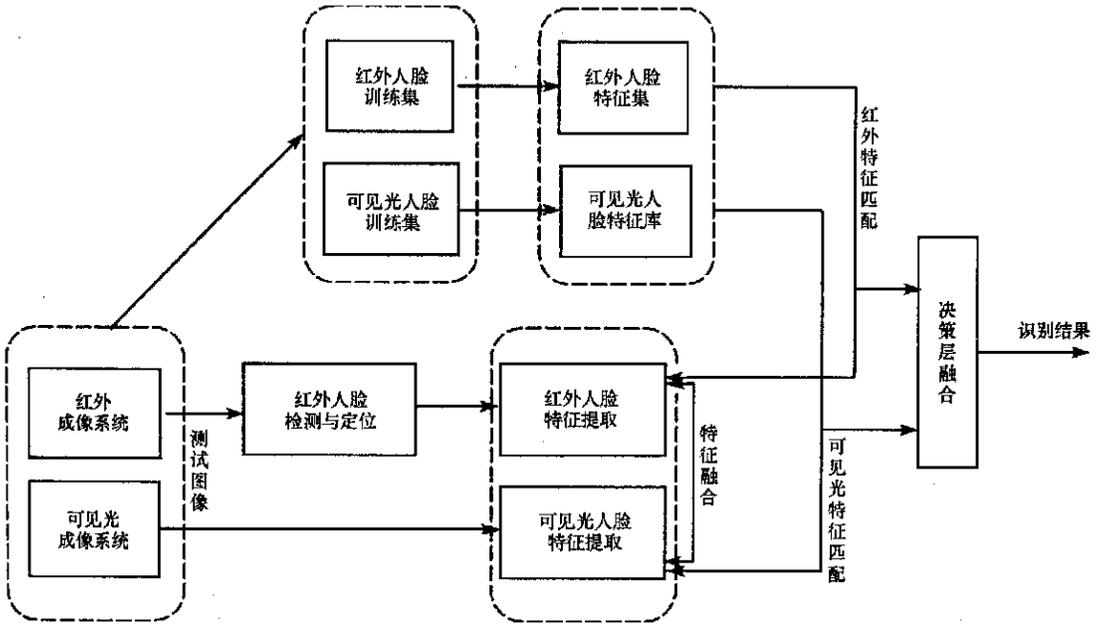


图2 复合模式人脸识别系统设计结构图

Fig. 2 Compound face recognition system design structure

本系统中设计了红外与可见光识别两个识别处理子模块,并着重研究两种方法的融合技术,做到优势互补、扬长避短,通过将红外、可见光等各种能够获得的信息最大限度、有机地集成应用,有效提高人脸识别系统效率。

如图2所示,识别系统先对提取的红外人脸特征与可见光人脸特征进行融合处理,修正各个特征的权值。比如,热红外对玻璃没有穿透性,因此容易判断是否戴眼镜,并相应减小红外图像所提取眼部特征的权值;在红外波段,整容手术的塑胶填充物容易被鉴别,就要调整可见光处理策略等。最后根据两

种识别方法的可信度,对红外、可见光人脸识别两个模块所得的结果融合处理,得到最终的结果。

在系统设计时,由于温度敏感度高热像仪可以清晰地反映由细微的温度变化引起的细节,所以在设计红外人脸特征提取和识别算法时要选取那些稳定的具有解剖学特征的细节作为识别的特征。红外人脸温谱图例图如图3所示。



图3 红外人脸温谱图

Fig. 3 Infrared face heat spectrogram

4 实验结果分析及其讨论

在系统设计和实验中,首先,建立红外/可见光成像系统,可见光摄像机可选范围较大,重点是要选择性价比好且温度敏感度较高($< 0.1^{\circ}\text{C}$)的红外热像仪。

另外,分别建立起红外/可见光人脸图像数据库,将红外/可见光两种摄像机靠近并排放置,当人在一定距离外拍摄时,两个摄像机所拍图像的内容一致。实验中,根据算法的发展分别建立30人、100人的训练人脸图像库,其中每个人:

6种条件:正常情况、化妆、面部装饰物(女士)/蓄胡子(男士)、戴眼镜(无色镜片)、强/弱两种光照强度、适当运动、周围温度相差 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$;

5种姿态:正面,左右各 30° 以内的头部偏转,上下各 30° 以内的头部偏转;

每人总共有30幅图像。

对于测试图像库,在2个月之后拍摄,拍摄的条件与训练集拍摄条件大体一致,也包括化妆后的图像、光照条件、周围温度、人体温度适当变化后的图像,以及由被拍人的照片拍摄的图像。

目前,我们已搭建了初步系统,研究、设计和开发了人脸检测、识别和融合处理算法模块,同时也对系统进行了实验和测试。总体来说,控制条件下的识别率在95%以上。在变化的光照、姿态、面部装饰、表情等条件下的识别率也比以前用单一可见光识别方法有所提高。但为了进一步提高复杂条件下的识别率,还需对系统中各部分的算法和融合处理方法进行改进,并对系统完成进一步的改善。

5 结束语

本文根据红外图像及可见光图像的特点,研究和提出了一种新的结合人脸可见光图像和人脸红外温谱图特征识别技术的复合模式人脸识别系统,并着重对红外人脸识别技术及其与可见光人脸识别的融合技术进行了研究。从理论和实验上提出了一种解决在变化的光照、姿态、面部装饰、表情等复杂条件下进行人脸识别的可行方法。实验表明:该系统具有较高的识别率,系统是可行和稳定的。通过本系统的研究所取得的成果,可为我国研制有自主知识产权的高性能、高稳定性的人脸识别产品,打下良好的基础。

(下转第69页)

3 结论

提出了一种有效的基于减背景技术的运动目标检测方法, 该方法的优点在于可以在存在运动目标的情况下, 提取出背景模型, 并能有效地处理外界光照条件变化、场景变化、背景扰动、阴影等带来的影响。实验结果表明, 该方法快速、准确, 有着广泛的实用性。

本文方法还存在一些问题, 需要进一步解决。首先是在阈值分割过程中, 由于只用到亮度值, 当前景运动目标与背景亮度很接近时, 运动目标很难被检测出来, 或者是运动目标出现较大的空洞, 对于这种情况, 可以在阈值分割过程中考虑颜色、轮廓、深度等信息; 其次, 本文运动目标检测过程中一些阈值的选取目前主要是靠经验, 有些阈值(如阈值分割过程中的 TH 和背景更新过程中的 TH_{num} 等)可以适应多个场景, 但也有一些阈值(如阴影检测过程中的 α 、 β 、 τ_s 、 τ_t 和连通域大小的选取等)对于不同的场景取值不同, 因此, 如何为各种场景提取自适应的阈值, 也是一个值得研究的问题。

参考文献:

- [1] Collins R, Lipton A, Kanade T, Fujiyoshi H, Duggins D, Tsin Y, Tolliver D, Enomoto B, Hasegawa O. A System for Video Surveillance and Monitoring [R]. Tech. Report CMU-RI-TR-00-12, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, May, 2000.
- [2] Smith E, Richards C A. Visual Tracking for Intelligent Vehicle-highway Systems [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1996, 45(4): 744-758.
- [3] Needham C J, Boyle R D. Tracking Multiple Sports Players through Occlusion, Congestion and Scale [C]. In: British Machine Vision Conference, 2001, 1: 93-102.
- [4] Elgammal A, Harwood D, Davis L. Non-parametric Model for Background Subtraction [C]. In European Conference on Computer Vision, 2000: 751-767.
- [5] Herodotou N, Plataniotis K N, Venetsanopoulos A N. A Color Segmentation Scheme for Object-based Video Coding [C]. In Proceedings of the IEEE Symposium on Advances in Digital Filtering and Signal Processing, 1998: 25-29.

(上接第 48 页)

参考文献:

- [1] Selinger A, Socolinsky D A. Appearance-based Facial Recognition Using Visible and Thermal Imagery: A Comparative Study [R]. Technical Report 02-01, Equinox Corporation, 2002.
- [2] Yambor W S. Analysis of PCA-Based and Fisher Discriminant-based Image Recognition Algorithms [R]. Technical Report CS-00-103, Colorado State University, 2000.
- [3] Wilder, Phillips P J, Jiang C H, Wiener S. Comparison of Visible and Infrared Imagery for Face Recognition [C]. In Proceedings, International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 1996: 182-187.
- [4] Prokoshi F J, Riedel R B, Coffin J S. Identification of Individuals by Means of Facial Thermography [C]. IEEE International Conference on Security Technology, 1992: 120-125.
- [5] Ho T K, Hull J J, Srihari S N. Decision Combination in Multiple Classifier Systems [J]. IEEE Transactions on Pattern and Machine Intelligence, 1994, 16(1): 66-75.