

人脸图像特征定位的一种新方法

黄晓莉, 曾黄麟

(四川理工学院 电子信息工程系, 四川 自贡 643000)

摘要: 提出了一种基于小波变换和积分投影的人脸特征点定位的新方法. 对人脸图像用双正交小波 $bi\ r1$ 做二层小波分解得到的低频子图像做水平、垂直积分投影, 并结合相应的积分投影梯度得到人脸特征点. 对 ORL 人脸库的仿真结果表明: 该方法较对原图像直接做积分投影定位特征点或对垂直细节水平细节做积分投影定位特征点的方法速度得到有效提高, 对光照变化和姿势有一定鲁棒性, 定位准确率高.

关键词: 积分投影; 双正交小波; 人脸定位

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2007)03-0055-05

A New Method of Facial Features Location in Facial Image

HUANG Xiao-li, ZENG Huang-lin

(Electron Information Engineering Department, Sichuan University of Science and Engineering, Zigong, Sichuan 643000, China)

Abstract A new method of facial feature extraction based on Discrete Wavelet Transformation (DWT) is proposed through horizontal and vertical integral projection. The facial image in ORL data base is decomposed into two levels. Horizontal and vertical integral projection from the approximation image at two levels is used to locate the facial features by DWT using the biorthogonal wavelet base $Bi\ r1$. The result indicates that the proposed method is faster and robust than the traditional method to locate facial image.

Key words integral projection; biorthogonal wavelet base; face location

0 引言

人脸图像的维数很高, 在高维空间中的分布不紧凑, 计算的复杂度很大, 是实时人脸识别的瓶颈. 故应对人脸图像进行特征提取, 将人脸图像从高维空间映射到低维空间. 受人脸姿势、光照变化的影响, 很小的错位都会使特征提取发生错误^[1], 因此在特征提取前应对人脸图像进行位置、大小和灰度的调准, 将人脸图像变为正面端正、具有固定尺寸大小和灰度取值范围^[2]. 这就需要人脸进行特征点定位. 双眼的定位是人脸特征点定位的一部分, 人两眼中心间距受光照或表情变化的影响最小, 双眼中心连线的方向随人脸的偏转而偏转, 若以两眼之间的距离对抽取的各个特征值进行规一化, 则这些特征值具有平移、旋转和尺度上的不变性^[3]. Kanade 等首先将几何投影方法应用于人脸识别^[4], 它利用脸部特征灰度值较皮肤低的特点, 先计算出或方向上的灰度值和 (投影), 找出特定的变化点定位人脸特征点. 该方法计算量较低, 但在光照变化及大的姿态变化下容易失效.

由于小波变换对高频成分采用逐渐精细的时域或空域取样步长, 从而可以聚焦对象的任意细节, 具有较强的空间位置和方向选择性, 并且能够捕捉对应于空间和频率的局部结构信息^[5], 故小波变换对于图像的亮度和对比度变化以及人脸姿态变化具有较强的健壮性. 文献 [6] 将人脸图像小波变换后的垂直高频图像作垂直积分投影, 水平高频图像作水平积分投影从而定位人脸特征点. 本文提出一种改进的人脸特征点定位方法: 将人脸图像进行小波分解后的低频图像进行积分投影定位人脸特征点. 通过对 ORL 人脸库的仿真结果表明该方法比文献 [6] 的方法更能迅速、准确定位人脸特征点, 从而提高人脸识别率.

收稿日期: 2007-12-07. 基金项目: 四川省教育厅基础应用研究课题基金的部分资助项目 (项目编号: 2005A140).

第一作者简介: 黄晓莉 (1972-), 女, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 信息处理, 模式识别. E-mail: hxl@163.com

1 人脸图像的小波分解

1.1 基本思想

小波变换对图像用一组不同尺度的带通滤波器进行滤波,将信号分解到不同的频带,这与人类视觉系统的多通道滤波模型理论上的一致,而且小波滤波器的带宽在对数尺度下是相同的,也与人类视觉通道按对数特性变化一致.多尺度分解提供了不同尺度下图像的信息,并且变换后的能量大部分集中在低频部分.采用小波变换对人脸图像进行积分投影前的预处理主要是因为以下两个原因:

1) Nastar指出,人脸的表情变化和少许遮掩只影响图像中高频部分的变化^[7],这样人脸图像的低频部分就在有表情变化的情况下仍然比较稳定,因此可以考虑仅对人脸图像的低频部分进行识别,而利用小波变换可以达到这个目的;

2) 每进行一次小波变换后得到的低频图像的数据量减少到原来的 $1/4$ 而小波变换本身运算速度很快,所以这样就可以较大的提高运算速度.

1.2 人脸图像的小波变换

采用的 ORL 人脸库中的人脸图像较多的反映了光照变化、遮掩、旋转扭曲和面部表情等局部细节信息,体现了模式类内的变化,对人脸特征点定位很不利.故首先对人脸图像进行二维小波分解.人脸图像是能量有限的信号,可以看成尺度为 1 的小波低通滤波分量的均匀抽样,所以对人脸图像通常使用离散小波变换(DWT).同时人脸有对称性,为了减少处理后图像的相位延迟,使图像的边缘失真最小,论文采用具有线性相位的双正交小波对图像进行分解,这样可以保证在滤除图像冗余细节的基础上,使分解后的图像质量最佳.通过用 MATLAB 对 ORL 人脸库中的图像进行小波分解的结果表明,利用双正交小波 `bior1.1` 对人脸进行二层小波分解后的低频图像的积分投影能更好地定位人脸特征.

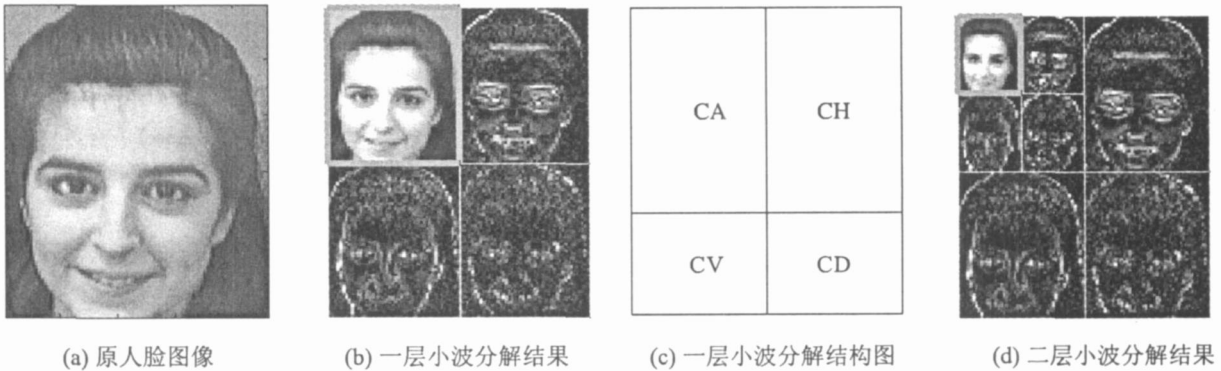


图1 人脸图像的小波分解

Fig.1 Wavelet decomposition of facial image

从图 1 可以看出,人脸图像经一层小波变换分解后,得到 4 个子带图像.其中子带图像 CA 保持了原图像的低频分量,集中了原图像的绝大部分能量,为原图像的平滑子带图像;CH 保持了原图像的水平边缘细节;CV 保持了原图像的垂直边缘细节;CD 保持了原图像的斜边缘细节.由于正面人脸图像的表情主要反映在眼睛和嘴巴上,而眼睛和嘴巴的水平特征要比垂直特征明显,因此 CH 刻画了人脸的表情特征;虽然 CV 中的人脸图像轮廓和鼻子的垂直特征比水平特征明显,但易受发型和姿势的影响;人脸是非刚体模式,故 CD 中的斜边缘信息受噪声、表情和姿势的影响较大稳定性最差,而小波变换后的低频子带图像 CA 模糊了人脸的不同表情和不同姿势,即它刻画了人脸表情和姿势的不变特征,有较好的稳定性.

两层小波变换以后的低频子带图像仍然是原图像的平滑图像,而且图像的维数更低,同时,不同人脸之间的差异也被模糊了.小波分解的层数越多,图像的维数越低,由同一人脸不同表情和不同姿势引起的差异以及不同人脸之间的差异也会变得模糊,这会对人脸识别产生影响.因此选择合适的小波分解层数对人脸识别的效果很重要. Hamon^[8]指出 16×16 的图像对于人脸识别是最基本的,小波分解层数过多会引起图像有用细节信息的大量丢失导致错误结果.故 ORL 人脸库中分辨率为 112×92 的图像采用两层小波

分解为 28×23 的图像可以很好地保留有用细节. 同时, 人脸图像作 2 次小波变换后, 低频子带图像的尺寸仅为原图像的 $1/4$. 这样就大大降低了人脸图像的维数以及后续算法的复杂度, 使图像速度得到有效提高. 由于以上两个原因, 文中将对两次小波变换后的人脸低频子带图像作积分投影定位人脸特征点.

2 图像的积分投影

2.1 积分投影的概念

人脸图像中的头发、眼睛、鼻子、嘴的灰度值与脸部其它部分的灰度值有明显的不同, 只要找到这些灰度突变的位置, 就可以确定特征点的位置. 设人脸图像为 $I(x, y)$, 分辨率为 $M \times N$. 水平积分投影是将图像某一行所有像素的灰度值进行累加后得到的曲线, 它描述了人脸图像垂直方向上灰度的整体变化过程, 用公式 (1) 描述如下:

$$PH(y) = \sum_{x=1}^N I(x, y) \quad (1)$$

同理, 垂直积分投影是将图像某一列所有像素的灰度值进行累加后得到的曲线, 它描述了人脸图像水平方向上灰度的整体变化过程, 用公式 (2) 描述如下:

$$PV(x) = \sum_{y=1}^M I(x, y) \quad (2)$$

通过分析以上积分投影曲线的突变位置就可以定位人脸的特征点. 通过分析垂直积分投影曲线的最大梯度值点和最小梯度值点, 可以定位人脸的左右边界; 而通过分析水平积分投影的最大值点和次最大值点可以得到人眼水平位置.

2.2 实验仿真

在 MATLAB6.5 软件中, 将 ORL 人脸库中未经小波变换的人脸图像以及经过 bior1.1 双正交小波二层小波分解后的低频人脸图像分别做水平、垂直积分投影, 并根据水平、垂直积分投影曲线和积分投影梯度曲线定位人脸特征点的结果如图 2 所示.

从图 2 可以看出, 在人脸左右边界处, 垂直方向上灰度值的总和迅速减小, 从而形成一个明显的凸峰. 垂直积分投影曲线上升沿梯度值最大的点是人脸的左边界, 下降沿梯度值最小的点是人脸的右边界; 而且左半边脸垂直积分投影曲线上升沿梯度值的次最大值点是左眼坐标所在的位置, 右半边脸垂直积分投影曲线上升沿梯度值最大值点是右眼坐标所在位置; 因头发的低灰度, 故水平投影曲线的第一个极小值点对应人的头顶, 最大值点和次最大值点分别对应人的额头和鼻中部, 而水平积分投影曲线的次最小值点是双眼的坐标所在位置.

相比经 bior1.1 双正交小波作二层小波变换后的低频人脸图像, 原人脸图像的水平、垂直积分投影曲线有较多的最值点和梯度变化点, 使得人脸特征点备选点增多, 因而给人脸特征点的定位造成了一定的困难, 使定位的准确率下降, 同时增加系统的开销. 而经 bior1.1 双正交小波作二层小波变换后的低频人脸图像的积分投影曲线更光滑, 最值点和梯度变化点少且清晰, 能更准确的定位特征点.

3 结论

针对文献 [6] 提出的采用小波变换后的垂直边缘细节 CV 和水平边缘细节 CH 的积分投影人脸特征点定位方法, 提出一种利用小波变换后的低频子带图像 CA 的积分投影定位人脸特征点的新方法. 将 ORL 人脸库中的人脸图像每人抽取 3 张共 120 张, 在 CPU 为 P-997MHz, 内存为 256M 的 PC 机上利用 MATLAB 定位人脸特征点, 结果表明: 没有经过二层小波分解的原图像的平均定位时间为 50s, 文献 [6] 中方法的平均定位时间为 13s, 而采用 bior1.1 双正交小波做二层分解后的低频图像的平均定位时间为 7s, 是文献 [6] 的平均定位时间的将近 2 倍. 由于小波变换后的低频子带图像 CA 模糊了人脸的不同表情和不同姿势, 即它刻画了人脸表情和姿势的不变特征, 有较好的稳定性, 故克服了传统积分投影法、文献 [6] 提出的方法对光照、面部表情等局部细节信息的敏感性, 有较强的鲁棒性, 能更准确地定位人脸特征点.

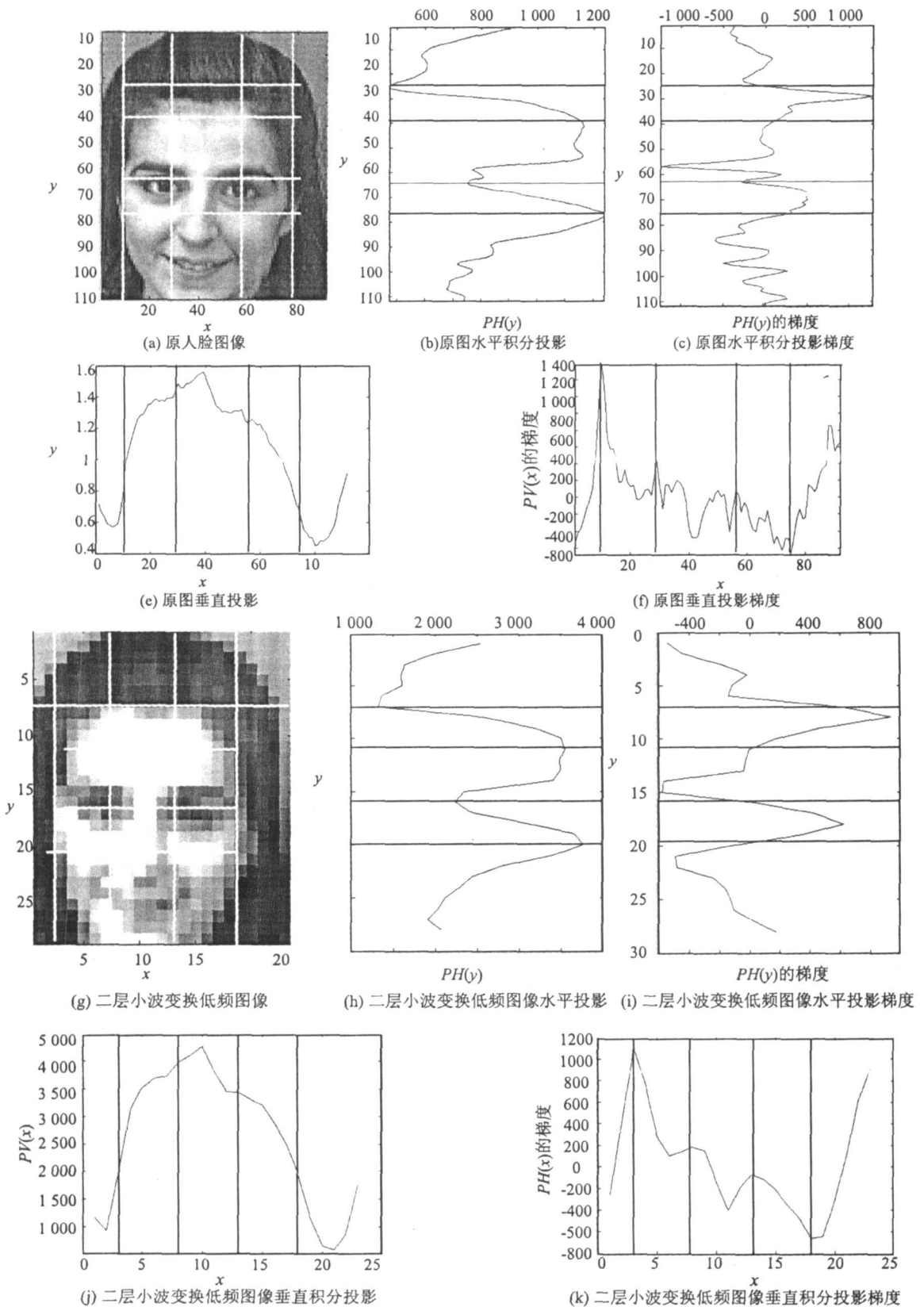


图2 原图积分投影定位人眼与二次小波变换积分投影定位人眼结果比较

Fig.2 Result of eye location on integral projection of original image and approximation image at level 2 of wavelet decomposition

参考文献:

- [1] Kathleen A B. Computational Algorithms for Face Alignment and Recognition[D]. Virginia Polytechnic Institute, 2002
- [2] 贺华. 基于独立分量分析的人脸识别研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2004
- [3] Zhou JL. A study on automatic recognition system for human faces[J]. Journal of Sichuan University (Natural Science Edition), 1994, 30(1): 70-75
- [4] Kanade T. Picture processing by computer complex and recognition of human faces[D]. Department Information Science Kyoto University, Kyoto, Japan, 1978
- [5] Chengjun Liu, Harry W. Independent Component Analysis of Gabor Features for Face Recognition[J]. IEEE transaction on neural networks, 2003, 14(7): 919-928
- [6] 韩燕丽, 杨慧炯. 基于小波分解的人脸标准化算法[J]. 华北工学院学报, 2005
- [7] Nastar C, Ayache N. Frequency-based non-rigid motion analysis[J]. IEEE Trans Pattern Anal and Mach Intel, 1996, 18(11): 1067-1079.
- [8] Haunon L. The recognition of face[J]. Scientific American, 1973, 229: 71-82

(上接第 54 页)

上位机采集到的原始图像如图 2 所示, 可以看到其中的蓝色条状图像, 也就是两个荧光灯之间的空间; 但该条状图像的左右边缘并不十分明确。

经过 FPGA 边缘增强处理后的图像如图 3 所示, 图上的蓝色条状图像的左右边缘较之原始图像明确了很多, 图像的边缘得到了有效的增强。这样的处理结果与预期的实验目的相吻合。

由上述实验结果可以说明: FPGA 中的图像边缘增强处理模块设计正确; 来自相机的图像和来自 FPGA 的图像都得到了正确的显示, 所以说明上位机和 FPGA 的图像数据获取方法得当。

同时需要指出, 文中看到的图像为静态显示的图像如图 2、3 但在实际系统工作时, 图像是动态获得并处理的, 上位机显示的图像是由下至上、由左至右按像素点逐步显示的; 在原始图像改变时, 结果图像也相应地迅速发生改变, 整个系统的工作具有良好的实时性。因此, 利用本系统的实现方法, 可以准确地监控 FPGA 的实时图像处理结果。

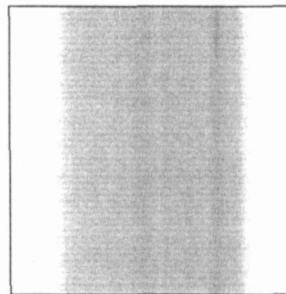


图2 原始图像
Fig.2 Original image

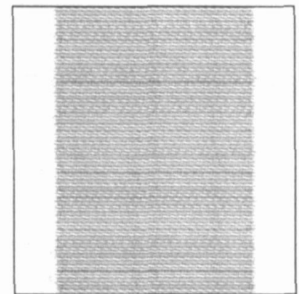


图3 边缘增强图像
Fig.3 Image of edge-enhancement

5 结束语

经过上述程序编写和实验过程, 实现了在上位机监控 FPGA 实时图像处理结果的系统。本系统不仅人机交互性良好, 且在 FPGA 程序设计中引入了多滑窗并行算法, 进一步提高了系统的实时性。将本系统的设计方法稍加改变, 便可应用在与图像处理相关的工业生产中, 减少因监控自动化生产不及时而造成的损失。

参考文献:

- [1] 何斌, 马予天, 王运坚, 等. Visual C++ 数字图像处理[M]. 第 2 版. 北京: 人民邮电出版社, 2005
- [2] 胡振华. VHDL 与 FPGA 设计[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003
- [3] Daka 公司. Anaconda Developer's Manual[M]. 1.50 版. 2005
- [4] Daka 公司. Spera++ LT Programmer's Manual 5.20 版. 2004
- [5] 李雷鸣, 张焕春, 张波. 一种基于 FPGA 的图像中值滤波器的硬件实现[J]. 电子工程师, 2004, 30(2).
- [6] 沙吉乐, 曲兴华, 关红彦. 基于 FPGA 技术的新型高速图像采集[J]. 国外电子元器件, 2000, 26(9): 65-66
- [7] 沈明发, 易清明, 黄伟英, 等. 用 VHDL 语言在 CPLD/FPGA 上实现浮点运算[J]. 暨南大学学报: 自然科学版, 2002, 23(5): 19-24