

文章编号: 2096-1472(2016)-10-34-03

小波变换在人脸图像融合中的应用

梁立哲

(辽宁金融职业学院信息工程系, 辽宁 沈阳 110122)

摘要: 为了提高人脸检测图像的质量, 本文提出了一种基于小波变换模型的人脸图像融合处理算法, 该算法将两幅或者多幅不同光照条件的人脸图像进行融合处理。该算法不仅可以改善光照条件对图像质量的影响, 并且有效的消除了人脸图像的模糊边界。通过与其他同类算法的实验表明, 本文提出的算法能有效地改善图像质量, 减少不同光照条件对人脸检测准确率的影响。

关键词: 图像融合; 小波变换; 图像配准; 图像评价

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

The Application of Wavelet Transform in the Face Image Fusion

LIANG Lizhe

(Department of Information Engineering, Liaoning Finance Vocational College, Shenyang 110122, China)

Abstract: In order to improve the quality of face image detection, this paper proposes an algorithm of face image fusion based on wavelet transform, which fuses two or more face images in variant light conditions. The algorithm can not only adjust the images in poor light conditions, but effectively eliminate the fuzzy boundary of face images as well. The results of comparison experiment with other algorithms show that the proposed algorithm can effectively improve the image quality, and reduce the influence of variant light conditions on the accuracy of face detection.

Keywords: image fusion; wavelet transform; image registration; image evaluation

1 引言(Introduction)

目前, 在人脸图像采集过程中, 采用图像融合方法解决光照对人脸采集质量的影响, 成为一个重要研究方向。目前国内关于此方向的研究成果主要包括: 基于彩色空间变换的图像融合算法, 融合后的图像与原图像相同的色度和饱和度, 而且空间分辨率提高很多, 但是光谱失真很大, 而且只能且必须用3个波段进行融合^[1-3]。基于PCA(主成分分析)的图像融合算法, 进行多光谱图像和全色图像的融合^[4,5]。由于PCA变换的第1主分量的光谱特性与全色图像的光谱特性并不是完全一致, 因此直接导致丢失部分多光谱图像的光谱信息, 即容易造成光谱失真^[6,7]。

本文通过对不同算法对于图像采集质量的分析, 提出了一种新的基于小波变换的人脸图像融合处理方法。该方法充分考虑了光照对图像成像的多种影响因素, 通过小波变换, 对图像高低频分量分别处理。由于低频分解系数代表了人脸图像的主要特征, 采用局部均方差算法进行融合, 融合加权因子根据视觉系统均匀度测度的方法选取; 由于高频分解系数代表人脸图像的细节特征, 采用canny算子提取边缘特征, 然后, 再采用

均方差取大原则融合。从而, 本文算法既改善了图像的光照不均, 也消除了局部处理所产生的模糊边界。通过对人脸采样图像的实验表明, 该方法可以有效的减少光照对人脸检测准确率的影响。

2 小波人脸图像融合基本原理(The basic principle of wavelet face image fusion)

2.1 图像的小波分解

图像经二维小波变换进行分解之后, 可得到图像的低频分量、水平高频分量、垂直高频分量和对角分量。图1和图2所示为图像经三次小波分解的结果。

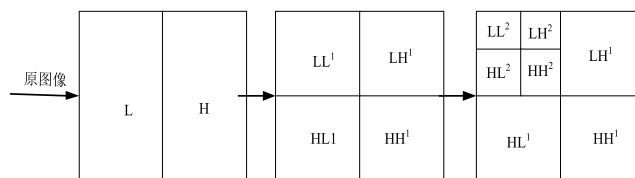


图1 三次小波变换后的频率分布

Fig.1 The frequency distribution of three times wavelet transform

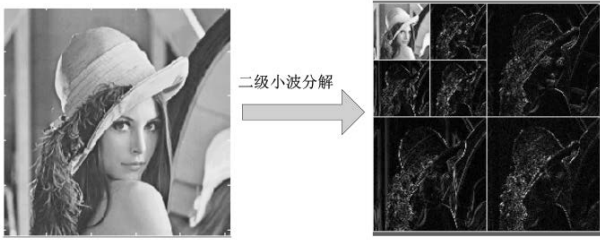


图2 小波变换实例

Fig.2 Wavelet transform instance

其中, L 为图像的低频部分, 代表了人脸的主要特征, H 为图像的高频部分, 每层包括水平、垂直与对角方向的高频分量, 它们描述图像的细节部分。

2.2 图像的融合原理

图像数据融合的基本思想^[4]是先对多源图像进行二维小波分解; 然后在小波变换域内通过比较各图像的细节信息, 在不同尺度上实现图像融合, 提取出重要的小波系数; 最后进行小波逆变换, 便可得到数据融合之后的图像^[8]。融合原理如图3所示。

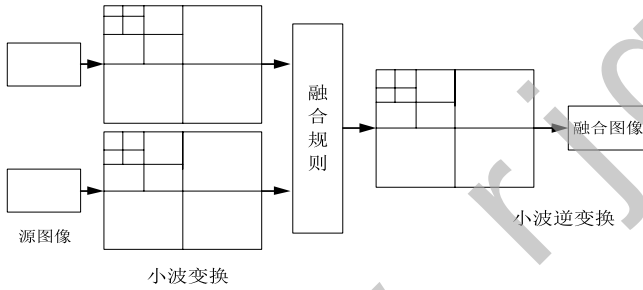


图3 图像融合原理

Fig.3 Principle of image fusion

2.3 图像融合的基本步骤

(1)预处理。通过矫正和配准, 将需要融合的两幅人脸图像变换到同一坐标系下, 图像的相应位置得到匹配, 为下一步融合做准备。

(2)二维小波分解。两幅人脸图像分别经过二维小波分解, 得到高频分量和低频分量, 两个部分的小波系数要分别处理, 采取不同融合策略及算法。

(3)低频分量融合。低频分量包含人脸图像的主要特征, 图像能量的主要分布区域, 也是人脸图像融合的主要处理部分。此部分采用局部均方差算法, 分别独立计算两幅人脸图像的局部均方差, 然后, 融合加权因子根据视觉系统均匀度测度的方法选取。

$$k_1 = \frac{\sum_i \sum_j Var_A^A(i, j)}{\sum_i \sum_j Var_A^A(i, j) + \sum_i \sum_j Var_A^B(i, j)}$$

$$k_2 = \frac{\sum_i \sum_j Var_A^B(i, j)}{\sum_i \sum_j Var_A^A(i, j) + \sum_i \sum_j Var_A^B(i, j)}$$

$$F(i, j) = K_1 A(i, j) + k_2 B(i, j)$$

(4)高频分量融合。高频分量包含人脸图像的细节信息, 描述图像的边沿和轮廓。两幅人脸图像分别采用canny算法提取边缘特征, 然后, 再采用均方差取大原则融合。

$$D_{i,F}^d(i, j) = \begin{cases} D_{i,A}^d(i, j) & NV_{i,AC}^d(i, j) \geq NV_{i,BC}^d(i, j) \\ D_{i,B}^d(i, j) & NV_{i,AC}^d(i, j) < NV_{i,BC}^d(i, j) \end{cases}$$

(5)人脸图像融合。融合后的低频分量和高频分量进行小波重构, 得到最终的融合人脸图像。

2.4 图像质量评价

融合后的图像的质量是否得到提高, 能否满足后续人脸检测与识别的要求。为了能有效的评价融合人脸图像的质量, 采用一组图像空间信息评价指标计算人脸图像的质量, 主要包括: 信息熵、均值、标准差、均方根误差、平均梯度等^[9]。

(1)交叉熵是评价图像质量的一个重要指标, 其值表现了比较图像间的像素差异, 差异越小, 融合效果越好, 即有

$$CE_{R,F} = \sum_{i=0}^{L-1} P_R(i) \log_2 \frac{P_R(i)}{P_F(i)}$$

其中, $P_R(i)$ 与 $P_F(i)$ 表示比较图像 R 与 F 中灰度值为 i 的像素的概率分布。

(2)熵是评价图像质量的一个重要指标, 其值表现了融合图像对信息量的保持程度, 熵值越大, 信息量越大, 即有

$$H = -\sum_{i=0}^{L-1} P_i \log P_i$$

其中, L 为灰度级总数, P_i 为灰度级为 i 的像素出现的概率。

(3)均值是评价图像质量的一个重要指标, 其值表现了像素的灰度平均值, 均值适中, 视觉效果好, 即有

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

其中, n 为像素总数, x_i 为第 i 个像素的灰度值。

(4)标准差是评价图像质量的一个重要指标, 其值表现了灰度相对于灰度均值的离散情况, 值越高, 说明图像的细节成分更丰富, 即有在统计理论中, 统计均值 $\hat{\sigma}^2$ 定义为

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{\mu})^2$$

图像的标准差为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [F(i, j) - \bar{F}]^2}{M \times N}}$$

其中， $\bar{F}$ 为融合图像的均值， M 、 N 分别为图像的行数与列数， $x_{i,j}$ 表示图像 (i,j) 像素点的灰度值， x 是图像的灰度均值。

3 实验结果与分析(The experimental results and analysis)

为了检验以上算法的处理效果，本文采用Yale B人脸库的人脸图像进行了测试，并进行了相应的人脸检测实验。

图4和图5为以该图像库中为图像为例进行的各种图像的光照处理后的图像结果图，图4为原始图像预处理结果，图5为本文算法处理结果。由结果可以看出本文算法处理的结果消除了采集人脸图像的模糊边界效应。



图4 融合图像预处理

Fig.4 Fusion image preprocessing



图5 小波融合实验结果

Fig.5 Experimental results of wavelet fusion

为了客观评价本文算法的实验结果，采用定量计算图像质量评价指标，并和其他两个相关融合算法，包括HIS和PCA，进行比较，如表1所示。

表1 客观数据统计

Tab.1 Statistics of objective data

项目名称	熵	标准差	均值	交叉熵
本文算法	5.462	184.738	90.011	9.491
基于HIS融合	5.262	168.466	83.926	10.057
基于PCA融合	5.003	1178.808	82.238	15.340

4 结论(Conclusion)

本文提出的基于小波变换的人脸图像融合算法，实现了特征级的融合，简化了算法，提高了执行效率，该方法很好的改善了光照变换对于人脸图像采集的影响，提高了采集人脸图像的质量。在此基础上，进一步做了人脸检测试验。实验结果表明，该方法可以改善采集图像的质量，可以提高人脸检测的准确率，具有一定的可扩展性。

参考文献(References)

[1] TORTORICI C,WERGHI N,BERRETTI S.Boosting 3D LBP-Based Face Recognition by Fusing Shape and Texture Descriptors on the Mesh[C].International Conference on Image Processing, 2015:2670-2674.

[2] WERGHI N,BERRETTI S,DEL BIMBO A.The Meshlbp:A Framework for Extracting Local Binary Patterns from Discrete Manifolds[J].IEEE Transactions on Image Processing,2015,24(1):220-235.

[3] LEI Y,et al.An Efficient 3D Face Recognition Approach Using Local Geometrical Signatures[J].Pattern Recognition,2014,47(2):509-524.

[4] HO H T,CHELLAPPA R.Pose-Invariant Face Recognition Using Markov Random Fields[J].Image Processing,IEEE Transactions on,2013,22 (4):1573-1584.

[5] 胡敏,程天梅,王晓华.融合全局和局部特征的人脸识别[J].电子测量与仪器学报,2013,27(9):817-822.

[6] 林奎成,王雪,谈宇奇.复杂光照下自适应区域增强人脸特征定位[J].仪器仪表学报,2014,35(2):292-298.

[7] 胡正平,王宁,赵淑欢.稀疏扩展字典学习的代价敏感单样本人脸认证[J].仪器仪表学报,2015,36(4):729-735.

[8] 苑玮琦,于清澄.一种基于改进主成分分析的人脸识别算法[J].激光与红外,2007,37(5):478-480.

[9] 黄华,等.基于粒子滤波的人脸图像超分辨率重建方法[J].软件学,2006,17(12):2529-2536.

作者简介:

梁立哲(1971-),男,博士,副教授.研究领域:图像处理与图像识别.