

DOI:10.3969/j.issn.1673-4785.201211002

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20130326.0906.001.html>

二维 EMD 分解提高 PCA 掌纹识别率

颜廷秦^{1,2}, 周昌雄¹

(1. 苏州市职业大学 电子信息工程系, 江苏 苏州 215104; 2. 苏州市职业大学 苏州市云计算智能信息处理高新技术研究重点实验室, 江苏 苏州 215104)

摘要: 为了提高常用于在线掌纹识别的 PCA 方法的识别率, 提出融合 BEMD 技术的 PCA 掌纹识别方法. 二维 EMD 技术能够在频率域内实现图像的多层分解, 在不同频段内对图像进行处理. 掌纹图像的低频部分容易受到背景等因素的影响, 所以实验中提取、利用掌纹高频信息, 去除低频信息, 充分利用掌纹中的个人特征信息, 抑制干扰, 提高识别率. 基于香港理工大学掌纹数据库的仿真结果显示, 这种方法的识别率远高于传统 PCA 方法, 体现了一定的理论研究意义和实用价值.

关键词: 二维经验模态分解; 本征模式函数; 主元分析; 掌纹; 生物特征识别

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4785(2013)04-0377-04

中文引用格式: 颜廷秦, 周昌雄. 二维 EMD 分解提高 PCA 掌纹识别率[J]. 智能系统学报, 2013, 8(4): 377-380.

英文引用格式: AN Tingqin, ZHOU Changxiong. The research of improving PCA recognition rate of palmprints with BEMD[J].

CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2013, 8(4): 377-380.

The research of improving PCA recognition rate of palmprints with BEMD

YAN Tingqin^{1,2}, ZHOU Changxiong¹

(1. Department of Electronic and Information Engineering, Suzhou Vocational University, Suzhou 215104, China; 2. Suzhou High-tech Key Laboratory of Cloud Computing & Intelligent Information Processing, Suzhou Vocational University, Suzhou 215104, China)

Abstract: For improving the recognition rate of principal component analysis (PCA) which often used in palmprint online recognition system, a new palmprint recognition method with PCA and bi-dimensional empirical mode decomposition (BEMD) is proposed in this article. An image can be decomposed with BEMD in frequency domain, so it can be processed in different frequency domains. Because the low frequency part of palmprints is often influenced by the background, the high frequency information is used in our experiment to highlight the personal characteristics, and as the result, the recognition rate is improved and the speed is faster. The result of experiments with the palmprint database of Hong Kong Polytechnic University shows the recognition rate of BEMD and PCA is more higher than traditional PCA, and the results also indicate that this method plays an important role in both theoretical research and practical application.

Keywords: BEMD; IMF; PCA; palmprints; Biometric identification

收稿日期: 2012-10-26. 网络出版日期: 2013-03-26.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60970058); 江苏省自然科学基金资助项目(BK2009131); 苏州市科技基础设施建设计划资助项目(SZS201009); 苏州市职业大学创新团队建设资助项目(3100125); 苏州市职业大学校级课题资助项目(2012SZDY04); 苏州市云计算智能信息处理高新技术研究重点实验室开放基金项目(SXZ201304).

通信作者: 颜廷秦. E-mail: ytgmax@gmail.com.

随着信息化社会的发展, 生物特征识别在很多应用领域得到广泛应用^[1-4], 掌纹识别是其中一个重要分支^[5-6]. 掌纹包含乳突、纹理、纹线、脊末梢、分叉点以及几何特征等, 信息丰富, 其中纹线特征健壮稳定, 即使在低分辨率和低质量的图像中也能够清晰地辨认. 掌纹信息具有稳定性, 形态由遗传基因控制, 被破坏后, 新生的掌纹纹线仍保持着原来的结

构;掌纹信息具有惟一性,即使是孪生同胞也不会完全一样;掌纹信息采集具有非侵犯性,用户比较容易接受,对采集设备要求不高.所以掌纹识别广泛应用在保安系统、犯罪识别及身份证明等方面,同时也是模式识别理论中比较典型的多类型判别问题.

由于掌纹在识别领域的良好特性,很多学者在这一领域进行了大量的研究工作^[7].众多的识别方法大致可以分为2类:1)基于掌纹结构特征的提取与识别^[8],由于掌纹信息丰富、差异性大,所以这类方法难度较大;2)基于子空间投影的方法^[9],对原始掌纹进行映射变换或矩阵运算,使掌纹转换到特征子空间,然后进行识别.独立组件分析(independent component analysis, ICA)和主元分析(principal component analysis, PCA)识别属于后者,ICA虽然识别率高于PCA,但运算量大,无法实现在线识别,PCA识别速度快,在很多应用中识别率能够满足要求,常用于在线识别.为了提高在线识别率,本文将二维经验模态分解(bi-dimensional empirical mode decomposition, BEMD)^[10]引入PCA的识别方法中,提出融合BEMD技术的PCA掌纹识别方法.

BEMD利用形态学方法拟合图像的上下包络曲面,从原图像中提取不同频率分量.去除容易受到背景影响的低频信息,综合高频分量重构掌纹,用于识别.PCA又称K-L变换,目的是在最小误差下寻找原始数据的最简表示,从而达到对特征空间进行降维的目的.它可以有效地找出数据中最“主要”成分,去除噪音和冗余,将复杂数据降维,揭示隐藏在复杂数据背后的简单本质,是一种优秀的线性分析方法.本文采用BEMD方法处理掌纹图像,掌纹中的个人特征信息集中于高频部分,实验中用BEMD高频信息重构特征掌纹,并利用PCA方法投影识别.

1 BEMD

EMD能够把信号分解为频率从高到低的多个本征模式函数(intrinsic mode functions, IMF)分量,作为优秀的信号处理工具,在各个领域里得到了广泛应用.

二维经验模态分解(BEMD)是把EMD扩展到二维的情况,由于不需要选择基函数,在二维信号处理中比小波变换更为灵活.这种技术一经出现,就被成功地应用在图像处理中.图像的BEMD分解实质上是先找出图像的区域极值点,分别用极大值点集和极小值点集拟合图像的包络曲面,原图像减去2个包络曲面的均值,得到一个本征模式函数(IMF)分量.这个过程迭代下去就可以得到频率从高到低

的多个IMF分量,从而实现图像按频率分层处理.具体实现过程可以描述如下:

假定 $f(x, y)$ 表示原始二维图像.

1)进行初始化,提取IMF分量后剩余图像为 $r(x, y) = f(x, y)$.

2)如果达到分解层数,迭代终止,否则 $h(x, y) = r(x, y)$,进行迭代.

3)找出 $h(x, y)$ 中的极大值和极小值点,拟合包络曲面 $u_{\max}(x, y)$ 和 $u_{\min}(x, y)$,求包络曲面均值.

$$m(x, y) = [u_{\max}(x, y) + u_{\min}(x, y)] / 2.$$

4)计算本征模式函数(IMF)分量:

$$h(x, y) = h(x, y) - m(x, y).$$

如果 $h(x, y)$ 满足要求,停止迭代;否则返回步骤3).

5)计算IMF分量 $\text{IMF}(x, y) = h(x, y)$.

6)求剩余图像:

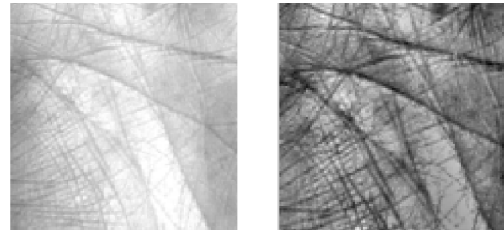
$$r(x, y) = r(x, y) - \text{IMF}(x, y).$$

转到2).

结束迭代后,得到的分解结果为

$$f(x, y) = \sum_{j=1}^n \text{IMF}_j(x, y) + r_n(x, y).$$

掌纹识别实验中,取 $n=4$,去除残余分量,用全部IMF分量重构掌纹.图1给出了一幅掌纹的原始图像和重构图像的对比,可以看出重构掌纹消除了背景影响,突出了掌纹的个人细节特征,本文在这种重构掌纹集上进行训练,提取PCA特征并实现识别.



(a)原始掌纹

(b)重构掌纹

图1 原始掌纹和BEMD高频重构图像

Fig.1 A palmprint image and its reconstruction with high frequency BEMD information

2 融合BEMD的PCA识别算法

主元分析(PCA)简称K-L变换,是一种常用的正交变换.它通过建立一个新的坐标系,解除原有数据向量的各个分量之间相关性,达到降维的目的,是生物特征识别中常用的空间转换方法.

在BEMD_PCA方法中,首先用BEMD处理掌纹图像,得到600幅 111×111 大小的BEMD特征掌纹,凸显掌纹信息特征.取每一种掌纹的前3幅,共300幅掌纹形成 $300 \times 12 \ 321$ 的训练矩阵.

取均值,根据式(1)计算中心化掌纹.

$$\phi_i = x_i - \frac{1}{300} \sum_{j=1}^{300} x_j. \tag{1}$$

式中: x_i 为每一幅掌纹对应的向量, ϕ_i 为中心化向量.

计算中心化向量 ϕ_i 形成训练样本的特征值和特征向量,根据特征值大小,选取 m 个主要的特征向量形成 $12\ 321 \times m$ 维的特征向量空间 B .图 2 显示了对应的 8 个最大特征值的特征向量.

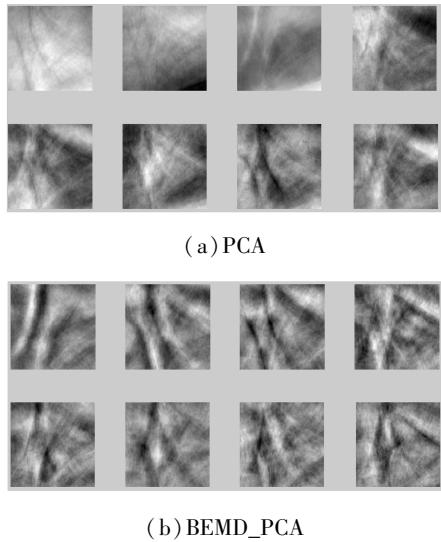


图 2 PCA 和 BEMD_PCA 的前 8 个最大特征图像

Fig.2 The first 8 feature images generated with PCA and BEMD_PCA

把 300 个训练样本分别投影到特征向量空间,计算其 PCA 系数,得到 $300 \times m$ 的系数矩阵,即 300 个训练掌纹对应的 PCA 系数.把测试掌纹投影到特征子空间 B ,获得相应的 PCA 系数.把这个系数与训练掌纹的 PCA 系数比较,实现掌纹数据的识别.

3 实验结果与分析

实验采用 AMD athlon 双核 CPU、主频 2.21 GHz、960 MB 内存的工作平台,对 PCA 和 EMD 重构掌纹的 PCA 识别方法 (BEMD_PCA) 分别进行仿真测试.

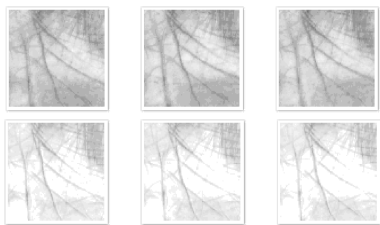


图 3 一种掌纹的 6 幅图像 (前 3 幅和后 3 幅的拍摄时间间隔为 3 个月)

Fig.3 Six images of a palmprint (the time interval between the first 3 images and the last 3 images is 3 months)

实验数据采用香港理工大学数据库中的掌纹,每种掌纹 6 幅图像,数据库中共有 100 种掌纹的 600 幅图像,图 3 显示了其中的一种掌纹.对全部掌纹图像进行 BEMD 分解,用高频 BEMD 分量重构掌纹.图像取每种掌纹的前 3 幅图像进行训练,后 3 幅图像进行测试.

图 4 显示了 BEMD_PCA 和 PCA 2 种方法的识别率.可以看出,BEMD_PCA 方法在基向量数量 $m < 20$ 时,识别率随 m 增加快速上升,维数 $m \geq 20$ 时,识别率基本稳定.本文方法最大识别率为 92.000%,平均识别率为 86.670%,PCA 方法最大识别率为 65.000%,平均识别率为 59.390%;因此本文方法的平均识别率比 PCA 方法高 45.930%.

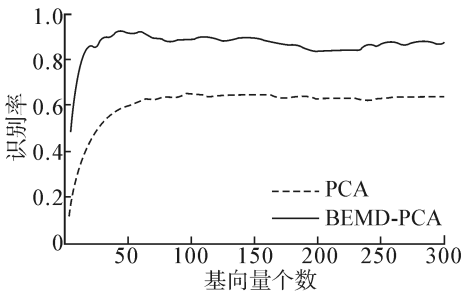


图 4 BEMD_PCA 和 PCA 的识别率

Fig.4 The recognition rate of BEMD_PCA and PCA

表 1 给出了 BEMD_PCA 和 PCA 的部分识别率.对特征向量维数从 5 取值到最大值 300 做连续仿真,可以发现识别率并不是随着维数增加而单调增加,而是有一个最佳值.对 BEMD_PCA 方法,维数为 60 时,识别率最大,为 92.000%;对 PCA 方法,维数为 100 时,识别率最大,为 65.000%.

表 1 BEMD_PCA 和 PCA 的部分识别率

Table 1 Partial recognition rate of BEMD_PCA and PCA

基数量 m	BEMD_PCA	PCA
40	0.916 67	0.573 33
60	0.920 00	0.623 33
80	0.883 33	0.633 33
100	0.890 00	0.650 00
120	0.886 67	0.640 00
最大值	0.920 00	0.650 00
平均值	0.866 70	0.59390

4 结束语

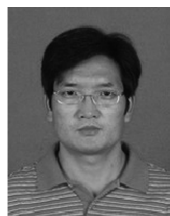
本文提出了融合 BEMD 技术的 PCA 掌纹识别方法,是一种新的掌纹识别算法.用香港理工大学掌纹数据库中的掌纹样本图像进行实验,本文算法的平均识别率比 PCA 方法高 45.930%;另外,PCA 方法训练识别速度快,而 BEMD 分解重构可以在图像

预处理中进行,所以这种方法能够满足在线掌纹识别应用,具有一定的实用价值.

参考文献:

- [1] CHANG C P, LEE J C, SU Yu, et al. Using empirical mode decomposition for iris recognition [J]. Computer Standards & Interfaces, 2009, 31(4): 729-739.
- [2] CHEN Jian, SMITH R T, TIAN Jie, et al. A novel registration method for retinal images based on local features[C]//30th Annual International Conference of the IEEE. Vancouver, Canada, 2008: 2242-2245.
- [3] 韩民, 彭玉华, 张顺利, 等. 基于经验模态分解的虹膜识别[J]. 光学学报, 2010, 30(2): 364-368.
HAN Min, PENG Yuhua, ZHANG Shunli, et al. Iris recognition based on empirical mode decomposition[J]. Acta Optica Sinica, 2010, 30(2): 364-368.
- [4] FAZEKAS A J, BURGESS K S, KESANAKURTI P R, et al. Multiple multilocus DNA barcodes from the plastid genome discriminate plant species equally well [J]. PLoS ONE, 2008, 105(8): 2923-2928.
- [5] LI Wei, ZHANG Lei, ZHANG D, et al. Efficient joint 2D and 3D palmprint matching with alignment refinement[C]//2010 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Francisco, USA, 2010: 1-7.
- [6] ZHANG D, GUO Zhenhua, LU Guangming, et al. An on-line system of multi-spectral palmprint verification [J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2010, 59(2): 480-490.
- [7] 岳峰, 左旺孟, 张大鹏. 掌纹识别算法综述[J]. 自动化学报, 2010, 36(3): 353-365.
YUE Feng, ZUO Wangmeng, ZHANG Dapeng. Survey of palmprint recognition algorithms[J]. Acta Automatica Sinica, 2010, 36(3): 353-365.
- [8] GUO Zhenhua, ZUO Wangmeng, ZHANG Lei, et al. A unified distance measurement for orientation coding in palmprint verification[J]. Neurocomputing, 2010, 73(4/5/6): 944-950.
- [9] 薛玉利, 彭玉华, 周新虹. 基于实值 Gabor 变换的掌纹识别[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(6): 216-219.
XUE Yuli, PENG Yuhua, ZHOU Xinhong. Palmprint recognition based on real discrete Gabor transform[J]. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(6): 216-219.
- [10] YANG Zhihua, YANG Lihua. A new two-dimensional empirical mode decomposition based on classical empirical mode decomposition and radon transform[C]//Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. Hong Kong, China, 2009: 471-476.

作者简介:



颜廷秦,男,1971年生,副教授,主要研究方向为人工智能和数字图像处理,发表学术论文15篇,其中被EI检索2篇.



周昌雄,男,1965年生,教授,博士,主要研究方向为图像处理,发表学术论文30篇,其中被EI检索8篇.