doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2018.05.013

模糊与噪声对人耳识别性能的影响

黄 冠! 江晓昱! 胡章威² 周 萍! 曾敬贤!▲

(1香港大学深圳医院耳鼻咽喉头颈外科 广东 深圳 518000;2 武汉大学人民医院耳鼻咽喉头颈外科 湖北 武汉 430060)

摘要 目的:评价模糊与噪声对不同图像识别算法在人耳图像识别过程中的影响。方法:对 500 个清晰图像进行模糊和热噪声处 理,比较方向梯度直方图(HOG)、局部相位量化(LPQ)和局部二值模式(LBP)三种不同的特征提取算法对生物识别性能的影响。结 果:HOG、LPQ 和 LBP 算法对清晰人耳图像的识别率都很高,在无噪声和模糊等信号衰减的情况下,识别率分别达到了 85.96 %、 95.62 %和 91.36 %。在这三种算法中,模糊和热噪声对人耳识别能力均有不同程度的下降。热噪声对人耳识别能力的影响显著高 于模糊,但是当模糊和热噪声同时存在图像中时,模糊和噪声会互相加强,导致三种人耳识别算法均不能获得好的识别结果。结 论:LPQ 算法对模糊有较好的识别性,并且在人耳图像的获取和处理过程中可尽量减少热噪声的产生。

关键词:耳图像识别;模糊;热噪声

中图分类号: R764.04 文献标识码: A 文章编号: 1673-6273(2018) 05-863-04

Impact of Blur and Noise on the Ear Recognition Performance

HUANG Guan', JIANG Xiao-yu', HU Zhang-wer', ZHOU Ping', ZENG Jing-xian'

(1 Department of Otolaryngology, Head & Neck Surgery, The University of Hong Kong • Shenzhen Hospital, Shenzhen, Guangdong, 518000, China; 2 Department of Otolaryngology, Head & Neck Surgery, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan, Hubei, 430060, China)

ABSTRACT Objective: To evaluate the impact of blur and noise on ear recognition performance. **Methods:** 500 ear images were collected and treated with Gaussian blur and noise in this work. Three feature extraction algorithms, Histogram of Gradient (HOG), Local Phase Quantization (LPQ) and Local Binary Pattern (LBP) were compared for the ear recognition performance. **Results:** The recognition rate of HOG, LPQ, and LBP were relatively high with 85.96 %, 95.62 % and 91.36 % respectively without blur and noise. The influence of thermal noise on the recognition ability of ear was significantly higher than that of the blur. However, the noise and blur will strength each other when they exist in ear images at the same time. **Conclusions:** LPQ algorithm was robust to blur. It is proper to decrease the noise in order to obtain better ear recognition results.

Key words: Ear recognition; Blur; Noise

Chinese Library Classification(CLC): R764.04 Document code: A Article ID: 1673-6273(2018)05-863-04

前言

人耳的自动生物识别系统在未来有着巨大的潜力,特别是 在法医领域。虽然耳朵识别的成功案例可以追溯到十九世纪, 但是在法医领域的应用最近才开始,尤其是自动耳朵识别技术 [1-10]。在既往的研究中,研究方法主要集中在耳朵检测、特征提 取以及特征比较。然而,绝大多数的实验评价是在非常理想的 条件下获得的图像上开展的人耳识别。而法医现场中获得的图 像数据往往不是理想数据,图像通常具有不同程度的信号退 化,最典型的信号衰减类型是模糊和热噪声。目前少见信号退 化对自动的耳朵识别的影响的报道。

考虑到合理的实际数据采集条件(如监控场景),耳朵图像 采取了全面地系统退化,如焦点模糊和热噪声。一方面,一个合

作者简介:黄冠(1985-),硕士研究生,主治医师,主要从事耳科学研究,电话:18565711115,E-mail:1010127@163.com △ 通讯作者:曾敬贤,英国爱丁堡皇家外科学院耳鼻喉科院士,香 港大学临床副教授,主要从事耳科学、头颈外科学研究, E-mail:rkytsang@hku-szh.org (收稿日期:2017-06-29 接受日期:2017-07-23) 成的耳图像退化允许对现有的数据集实施的全面评价;另一方 面,其使得退化前的原始图像的测量和再现变得可行。相关研 究表明先进的人耳检测算法能够克服模拟信号退化引起的聚 焦模糊和热噪声。本研究重点探讨了不同程度信号退化对使用 外观特征进行自动耳识别的影响。

1 研究方法

1.1 人耳图像采集

采用的监视器配备的相机具备如下参数(1)焦距 8 mm,(2) 分辨率 1920× 1080。图像采集点距离目标 5 m。图像采集过程 中,图像识别系统自动在视频中检测到目标的存在,然后成功 地捕获目标图像,通过图像分割算法将头部图像分割出来。这 些裁剪图像是在模拟场景的图像分别在手动分割的基础上产 生的。对不同年龄组的男性和女性的外耳的测量的平均大小分 别是 61.7 mm× 37.0 mm 和 57.8 mm× 34.5 mm。为了能够包容 不同的年龄组和性别的案例,我们设定任何对象耳的尺寸范围 设定为 70 mm× 60 mm。

1.2 信号衰减处理

模糊原因是相机到眼的距离不恰当导致聚焦不准,或者是

由快速运动引起的图像重叠。图像模糊产生的特征是图像像素 取值平均化,导致图像失去细节。本文主要采用的是聚焦模糊。 放大器的噪声主要由热噪声引起。由于图片黑暗区域信号放大 显著,热噪声对这些区域的影响更大。数字图像的其他噪声包 括散射噪声、量子噪声和其他类型噪声。这些额外的噪声对热 噪声而言可以忽略不计,在这项工作中被忽略。噪声在图像中 体现为出现一些随机的、离散的或者孤立的像素点。相对而言, 图像模糊只是对像素值进行平均化,失真程度不是很高;而噪 声则是在图像中插入了与图像完全不相干的像素点。 和噪声程度分为四个等级,分别是零模糊 (B-0)、低度模糊 (B-1)、中度模糊(B-2)和高度模糊(B-3),以及零噪声(N-0)、低度 噪声(N-1)、中度噪声(N-2)和高度噪声(N-3),如表 1 所示。这些 信号退化的实现过程是在拍摄的清晰图像的基础上人为添加 不同程度的模糊和噪声。实验过程中我们采用高斯函数模拟模 糊和噪声,其二维高斯函数如下式所示:

$$f(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{\frac{x^2+y}{2\sigma^2}}$$

其中σ是方差,可以用于描述模糊和噪声的大小。

本试验中信号退化通过模拟聚焦模糊和热噪声实现,模糊

表1 模糊和噪声等级

| Table 1 The levels of blur and noise | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|------|--|--|--|
| Blur levels | Blur parameters | Noise levels Noise parame | | | | |
| None(B-0) | - | None(N-0) | - | | | |
| Low(B-1) | σ=2 | Low(N-1) | σ=20 | | | |
| Moderate(B-2) | σ=3 | Moderate(N-2) | σ=25 | | | |
| High(B-3) | σ=4 | High(N-3) | σ=30 | | | |

1.3 图像数据集构建

在人耳识别系统评价体系中,我们首先通过分割算法从头 部图像中分割出人耳图像,并构建了一个由不同人耳图像构成 的数据集,该数据集包含 100 个人耳,从不同角度进行拍摄,共 拍摄 500 个人耳图像。然后进行特征人耳的特征提取。在实验 中,我们随机选择一个目标的四幅图像用于训练,一幅图像用 于识别成功率的测试。因此,对每个目标,我们均获取了五幅图 像。自动识别系统的性能通过相等错误率(equal error rate, EER) 和识别率(identification rate, IR)进行评估。

和方向梯度直方图(HOG)三种特征提取算法在人耳识别系统 中的能力,重点评估不同程度高斯模糊和噪声对其造成的影响。

2 结果

本研究主要根据三种识别系统在不同噪声和模糊程度下 对人耳图像进行识别的 EER 和 IR 进行评估,结果见表 2。这个 实验的期望是,即便有不同程度的噪声和模糊被添加到图像 中,所有的图像的外观均可以收敛到耳朵的一般形状。相对清 晰图像而言,模糊导致细节丢失,而噪音实际上是在图像信号 上添加随机信息。这两种信号退化产生的过程不一样,对人耳 识别系统造成的影响也不一样。

1.4 特征提取算法

本文比较分析了局部二值模式(LBP)、局部相位量化(LPQ)

表 2 不同噪声和模糊情况下的相等错误率和识别率

| Table 2 EER and IR in the conditions of different noise and blur | • |
|--|---|
|--|---|

| Noise | Blur | LB | P | LP | Q | НС | G |
|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | EER(%) | IR(%) | EER(%) | IR(%) | EER(%) | IR(%) |
| N-0 | B-0 | 5.21 | 91.36 | 1.69 | 95.62 | 6.01 | 85.96 |
| | B-1 | 5.13 | 90.45 | 2.58 | 95.36 | 6.45 | 88.63 |
| | B-2 | 5.32 | 87.64 | 4.29 | 92.75 | 6.96 | 73.42 |
| | B-3 | 6.05 | 85.23 | 4.24 | 88.14 | 8.12 | 75.58 |
| | B-0 | 8.36 | 74.68 | 7.01 | 80.64 | 15.63 | 55.92 |
| N. 1 | B-1 | 9.56 | 70.16 | 8.46 | 78.63 | 19.58 | 50.93 |
| N-1 | В-2 | 12.35 | 63.14 | 12.66 | 65.24 | 20.63 | 44.65 |
| | B-3 | 16.32 | 50.78 | 15.43 | 55.62 | 25.85 | 36.52 |
| | B-0 | 10.89 | 58.39 | 9.25 | 74.35 | 18.65 | 40.52 |
| 21.2 | B-1 | 15.28 | 50.67 | 11.62 | 61.85 | 21.68 | 35.46 |
| N-2 | В-2 | 18.73 | 42.35 | 15.79 | 46.25 | 26.54 | 25.64 |
| | В-3 | 20.62 | 28.78 | 18.62 | 40.76 | 31.64 | 15.75 |
| | B-0 | 13.67 | 51.28 | 12.16 | 71.26 | 22.64 | 25.64 |
| 21.2 | B-1 | 15.89 | 46.27 | 15.68 | 56.89 | 25.82 | 20.94 |
| N-3 | B-2 | 20.59 | 36.19 | 18.34 | 40.35 | 30.42 | 16.74 |
| | B-3 | 24.52 | 30.25 | 22.53 | 25.52 | 35.71 | 6.83 |

2.1 噪声对人耳识别率的影响

图 1 为不同程度噪声和模糊情况下 LBP 算法识别率的变 化。在本实验中,随着模糊程度的增加,LBP 算法对人耳识别能 力呈现较小幅度的下降。尤其是在无噪声情况下,高度模糊情 况下 LBP 算法对人耳识别能力仍然达到 85.23 %,仅仅比无模 糊情况下降 6.13 %,说明 LBP 算法对模糊具有很好的鲁棒性, 能够克服图像模糊带来的识别困难。然而,随着噪声的增加, LBP 算法对人耳识别率显著下降,噪声每增加一个级别,识别 率几乎都下降 20 %。单独存在噪声情况下,重度噪声已经导致 LBP 算法识别率下降到低于 50 %。如果二者同时存在,噪声和 模糊对图像识别的降低效果呈现叠加现象,进一步降低 LBP 算法对图像识别的能力。





LPQ 算法在图像信号衰减情况下对人耳识别能力见图 2。 与 LBP 算法的表现能力类似,LPQ 算法对模糊信号表现出很 好的鲁棒性,但是识别率受到噪声的影响较大。相对 LBP 算法 而言,LPQ 算法获得的识别率稍高。





相比 LBP 和 LPQ 算法, HOG 算法受到模糊和噪声的影响 最大。即使在零噪声和零模糊情况下, HOG 算法获得的人耳图 像的识别率只有 85.96 %。随着噪声的增加, HOG 识别率显著 降低。

2.2 相等错误率 EER

在三种算法对人耳识别系统的评价中,EER 越低,则该算 法优势越大。从表 2 可以看到,噪声程度的增加会导致 EER 快 速增加。相比而言,模糊程度对 EER 的影响小很多。综合 LBP、 LPQ 和 HOG 三种算法,LPQ 算法在同等情况下得到的 EER 最小,在人耳识别系统中的表现最佳。



Fig.3 IR changes of HOG in the conditions of different degree of blur

3 讨论

在这项工作中,我们比较分析了两种不同类型的信号退化 对人耳外观识别性能的影响。基于公开可用的数据,我们在图 像中添加了噪声和模糊信号,并创建了可控的检测环境。在算 法选取中,我们选择三种常用算法:LBP、LPQ 和 HOG 算法,对 其识别率和相等错误率进行比较。这样,我们就可以辨别何种 因素对人耳识别系统的影响最大,何种算法在人耳识别系统中 效果最好。

LBP 是一种用来描述图像局部纹理特征的算子,其作用是 进行特征提取,提取图像的局部纹理特征,最近也被用在人耳 识别系统^[11-13]。LBP 是用来做图像局部特征比较的,可用于像素 级编码的局部纹理信息提取和比较,是人脸识别中经常使用的 一种方法。LBP 是完全依靠给定像素附近的小图像块进行图像 识别的。因此,该描述符很容易受到噪声和模糊这两种类型的 信号退化的影响。虽然模糊从图像中去除了高频信息,但图像 中的均匀区域的相对灰度值保留下来,使得 LBP 在模糊图像 上的表现较好。而噪声随机改变了图像中不同点的灰度值,导 致图像识别性能严重下降。噪声和模糊的组合破坏局部像素信 息,尤其是在图像边缘附近,这让 LBP 识别能力显著下降。

LPQ 是通过分析傅里叶相位谱的模糊不变性用来抵抗高 斯模糊^[14]。研究表明当图像出现高斯模糊时,LPQ 在面部识别 上具有很好的优势^[1517]。采用 LPQ 时,图像被转化为傅里叶域, 其信号分解为幅值和相位,同时通过量化公式将相位角转换为 一个二值码。在一指定半径的圆内所有点均进行如此处理。

HOG 是一种在计算机视觉和图像处理中用来进行物体检 测的特征描述子。此方法使用了图像的本身的梯度方向特征, 其核心思想是一幅图像中的物体的表象和形状可以被梯度或 边缘的方向密度分布很好地描述^[18-20]。HOG 在描述图像特征上 有很多优点。首先,由于 HOG 是在图像的局部方格单元上操 作,所以其对图像几何的和光学的形变都能保持很好的不变 性,这两种形变只会出现在更大的空间领域上。其次,在图像识 别上可以容许行人有一些细微的肢体动作,这些细微的动作可 以被忽略而不影响检测效果。因此,HOG 特征是特别适合用于 运动图像识别^[20]。

为了创建一个独特的特征向量,HOG 描述符需要足够数 量的边缘用以描述目标图像。边缘信息逐渐被模糊消除,以及 被噪声随机改变。因此,HOG 描述符同时收到这两种退化因素 的影响。然而,模糊仅仅改变局部梯度的长度,却不改变方向。 所以仅仅存在模糊时,HOG 可以很好处理模糊。噪声改变了局 部的梯度方向,进而改变了特征向量,因此噪声严重降低了 HOG 对图像的识别能力。本实验中,HOG 算法对噪声和模糊 是最为敏感的,其人耳识别性能表现最差。

在我们的实验中,表现最好的算法是 LPQ。该算法对存在 轻微的噪音和模糊情况下具有相当好的鲁棒性,即便噪声与模 糊结合的情况也是如此。然而,LPQ 并不是完全的抗模糊。只有 当噪声很小的时候,LPQ 算法才表现出抗模糊能力。实验表明 LBP、HOG 和 LPQ 相对稳健,尽管不完全不受模糊的影响。相 比模糊而言,噪声对识别性能的影响更大。噪声和模糊同时发 生时,二者的结合导致彼此放大,导致图像识别性能显著下降。 感兴趣区域对图像识别性能的影响相对较小,所以只要保证足 够的分辨率,即使拍摄距离较远,仍然可以获得耳朵轮廓。

参考文献(References)

 刘嘉敏,刘亦哲,罗甫林,等.融合相关系数 LPP 算法的人耳识别[J]. 光电工程, 2015, 42(6): 1-7

Liu Jia-min, Liu Yi-zhe, Luo Fu-lin, et al. Ear Recognition Based On Correlation Coefficient Fused With LPP Algorithm [J]. Opto-Electronic Engineering, 2015, 42(6): 1-7

[2] 董冀媛,曾慧,穆志纯,等.局部切空间排列多姿态人耳识别[J].计算机 辅助设计与图形学学报,2015,27(5):855-863

Dong Ji-yuan, Zeng Hui, Mu Zhi-chun, et al. Ear Recognition Under Variable Pose Via Local Tangent Space Alignment [J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2015, 27 (5): 855-863

 [3] 胡春安,陈玉玲.基于 Gabor 和改进 LDA 的人耳识别[J].计算机工程 与科学, 2015, 37(7): 1355-1359
 Hu Chun-an, Chen Yu-ling, An Ear Recognition Algorithm Based On

Gabor Features And Improved LDA [J]. Computer Engineering and Science, 2015, 37(7): 1355-1359

- [4] 田莹,张德斌,马浩迪.一种稀疏表示的多姿态人耳识别方法[J].系统 仿真学报, 2014, 26(9): 2126-2129
 Tian Ying, Zhang De-bin, Ma Hao-di. Muli-pose Ear Recognition Using Sparse[J]. Journal of System Simulation, 2014, 26(9): 2126-2129
- [5] 王凯, 穆志纯. 基于沟回结构特征的三维人耳识别方法[J].仪器仪表 学报, 2014, 35(2): 313-319
 Wang Kai, Mu Zhi-chun. 3D Human Ear Recognition Method Based On Auricle Structural Feature[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2014, 35(2): 313-319
- [6] 黄宏博,穆志纯,张保庆,等.基于局部特征和稀疏表示的鲁棒人耳识 别方法[J].工程科学学报, 2015, 37(4): 535-541 Huang Hong-bo, Mu Zhi-chun, Zhang Bao-qing, et al. Robust Ear Recognition Using Sparse Representation Of Local Features [J]. Chinese Journal of Engineering, 2015, 37(4): 535-541
- [7] 张保庆,穆志纯,曾慧.基于非负稀疏表示的遮挡人耳识别[J].计算 机辅助设计与图形学学报,2014,26(8):1339-1345 Zhang Bao-qing, Mu Zhi-chun, Zeng Hui. Ear Recognition Under

Random Occlusion Via Non-Negative Sparse Representation[J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2014, 26 (8): 1339-1345

- [8] X Sun, G Wang, L Wang, et al. 3D ear recognition using local salience and principal manifold[J]. Graphical Models, 2014, 76(5): 402-412
- [9] P Claes, J Reijniers, MD Shriver, et al. An investigation of matching symmetry in the human pinnae with possible implications for 3D ear recognition and sound localization[J]. Journal of Anatomy, 2015, 226 (1): 60-72
- [10] L Yuan, W Liu, Y Li. Non-negative dictionary based sparse representation classification for ear recognition with occlusion[J]. Neurocomputing, 2016, 171(C): 540-550
- [11] 唐婉冰,关瑜,王子豪,等.基于 LBP 和 PCA 特征提取的人耳识别
 [J].计算机与现代化, 2015, 12(12): 70-73
 Tang Wan-bing, Guan Yu, Wang Zi-hao, et al. Ear Recognition Based
 On LBP And PCA [J]. Computer and Modernization, 2015, 12(12): 70-73
- [12] Q Jia, X Gao, H Guo, et al. Multi-Layer Sparse Representation for Weighted LBP-Patches Based Facial Expression Recognition[J]. Sensors, 2015, 15(3): 6719-6739
- [13] C Li, W Wei, J Li, et al. A cloud-based monitoring system via face recognition using Gabor and CS-LBP features [J]. Journal of Supercomputing, 2016, 12(12): 1-15
- [14] 丁勇,朱长水,李丛. 联合 LTP 和 LPQ 的人脸识别方法[J].计算机 与数字工程, 2014, 42(12): 2396-2398
 Ding Yong, Zhu Chang-shui, Li Cong. Face Recognition Method Based On Fusing LTP And LPQ [J]. Computer and Digital Engineering, 2014, 42(12): 2396-2398
- [15] Flcd Santos, M Paci, L Nanni, et al.Computer vision for virus image classification[J]. Biosystems Engineering, 2015, 138(1): 11-22
- [16] Paci M, Nanni L, Severi S, et al. An ensemble of classifiers based on different texture descriptors for texture classification [J]. Journal of King Saud University - Science, 2013, 25(3): 235-244
- [17] E Boutellaa, A Hadid, M Bengherabi, et al. On the use of Kinect depth data for identity, gender and ethnicity classification from facial images[J]. Pattern Recognition Letters, 2015, 68(P2): 270-277
- [18] 封筠,梁晓霞,穆志纯.基于 HOG 特征与子区域模糊融合的人耳识别研究[J].计算机应用与软件, 2012, 29(4): 79-82
 Feng Jun, Liang Xiao-xia, Mu Zhi-chun. Study On Ear Recognition By Using Histogram Of Oriented Gradient Features And Sub-Region Fuzzy Fusion [J]. Computer Applications and Software, 2012, 29(4): 79-82
- [19] H Tan, B Yang, Z Ma, et al. Face recognition based on the fusion of global and local HOG features of face images [J]. Iet Computer Vision, 2014, 8(3): 224-234
- [20] L Prasuhn, Y Oyamada, Y Mochizuki, et al. A HOG-based hand gesture recognition system on a mobile device [J]. Neural Network World, 2015, 29(1): 3973-3977