

基于 LBP 算子与 EMD 的人脸识别算法

付朝霞^{1,2}, 王黎明¹

(1 中北大学 电子测试技术重点实验室 & 仪器科学与动态测试教育部重点实验室
信息通信工程学院, 山西 太原 030051; 2 山西省委党校 信息网络教研部, 山西 太原 030006)

摘 要: 提出了基于 LBP 算子与 EMD 的人脸识别算法. 该方法先通过图像预处理, 把光照变化控制在一定范围内, 然后提取图像的局部 LBP 特征, 获得图像的 LBP 直方图. EMD 可以准确地计算直方图的距离, 因此本文采用 EMD 方法对 LBP 直方图进行计算, 完成对图像相似性的度量. 在 GTAV 人脸库上的实验结果表明, 本文算法对光照变化和噪声更加鲁棒, EMD 测度方法比 χ^2 测度方法具有更高的识别率.

关键词: 人脸识别; 局部二进制模式; EMD; 直方图

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)12-0163-03

An Algorithm of Face Recognition Based on LBP Operator and EMD

FU Zhao-xia^{1, 2}, WANG Li-ming¹

(1 Science and Technology on Electronic Test & Measurement Laboratory and
Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement (Ministry of Education),
Information and communication engineering institute, North University of China, Taiyuan 030051, China;
2 Party School of Shanxi Provincial Committee of the C. P. C., Taiyuan 030006, China)

Abstract: This paper proposes an algorithm of face recognition based on LBP operator and EMD. It uses a simple and efficient image preprocessing to limit the illumination variation. And then the LBP histogram of the image is obtained by extracting the local LBP feature. The EMD can accurately calculate the distance of the histogram, and thus the use of EMD can examine of image similarity by calculating the LBP histogram. In GTAV face database, the experimental results show that the algorithm is more robust to illumination changes and noise, and the EMD has a higher recognition rate than the χ^2 measure.

Key words: face recognition; local binary pattern (LBP); EMD; histogram

1 引言

人脸识别是模式识别与计算机视觉领域的重要研究课题. 光照、姿态、表情、年龄等多种因素的变化是人脸识别技术的关键挑战, 因此复杂条件下的人脸识别问题成为研究热点. 其中局部二进制模式 (Local Binary Pattern, LBP) [1] 的人脸识别方法引起了关注. LBP 算子具有旋转不变性和灰度不变性等显著优点, 已经广泛地应用于纹理分类、纹理分割、人脸图像分析等领域 [2-4]. 原始 LBP 算子的显

著局限性在于它只具有较小的空间支持区域, 不能获得较大尺度的结构特征, 对噪声敏感, 不具有鲁棒性.

本文提出了基于 LBP 算子与 EMD 的人脸识别算法.

2 基本原理

2.1 LBP 算子

LBP 方法, 以窗口中心点的灰度值为阈值对窗口内其他像素作二值化处理, 原始窗口的大小是 3

$\times 3$ 的邻域, 像素的灰度级是 256 (8bit). 通常情况下, LBP 算子采取的形式为

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{n=0}^7 2^n s(i_n - i_c) \quad (1)$$

这里 $s(u) = \begin{cases} 1, & u \geq 0 \\ 0, & u < 0 \end{cases}$ 为阈值函数, n 为邻域像素, (x_c, y_c) 为 8 邻域的中心像素 c 的坐标, i_n 和 i_c 分别为对应的像素 n 和 c 的灰度值. 如果 i_n 大于或等于中心像素值 i_c , 则 $s(u)$ 等于 1, 否则为 0. LBP 编码过程如图 1 所示.

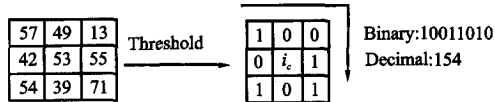


图 1 LBP 算子示例

Ojala 提出了一种改进的 LBP 算子, 叫做一致性模式 (Uniform Pattern)^[5]. $LBP_{P,R}$ 可以用来表示任意尺寸的 LBP 算子, 其中 P 为邻域像素的数目, R 是中心像素与其邻像素的距离. 通过双线性内插可以实现任意 P 和 R 的 LBP 周围坐标不是整数位置的像素点的灰度值计算. 这种模式只允许二值化序列中最多出现两次 0/1 或 1/0 转换, 并且把上述二值模式按照一定规律进行旋转, 可把原来的 256 种纹理模式合并成 36 种. 根据总共 2^P 个不同模式的出现次数, 将具有相同 $LBP_{P,R}$ 值的数量进行统计, 可以得到它们的 LBP 直方图. $LBP_{P,R}$ 直方图可以反映全局模式特征的统计分布情况. 图像的 LBP 直方图定义为:

$$H_i = \sum_{x,y} I\{f_l(x,y) = i\}, i=0,1,\dots,p-1 \quad (2)$$

$$\text{其中 } I\{A\} = \begin{cases} 1 & A \text{ is true} \\ 0 & A \text{ is false} \end{cases}$$

2.2 EMD

人脸识别的最终任务是通过某种准则来判断两幅图像的相似性. 图像的相似性度量用图像之间的距离表示, 距离越大, 图像之间的差别也就越大. 由于 LBP 特征是以直方图形式表征, 本文采用 EMD (Earth Mover's Distance) 的测量方法, 来衡量两个直方图之间的相似度.

EMD 的计算式基于解决古老的运输问题, 可以这样形象的解释: 在空间中有两个分布, m 个土堆和 n 个土坑, 现在把所有的土填入坑内, 那么 EMD 测量是在选择最佳路径的情况下, 使得所作的功最小. 因此, 给定两个直方图分布, 一个分布 x 可以看成是土堆的集合, 另一个分布 y 可以看出是土坑的集合. 这样 EMD 可以定义为:

$$EMD(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij} c_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij}} \quad (3)$$

其中 c_{ij} 表示土堆 x_i 和坑 y_j 之间的地面距离, 称为基本距离. f_{ij} 表示第 i 堆土运到第 j 坑的土的质量. 因此求解 EMD 就转化为寻找满足条件的最优流量 f_{ij} , 使得总体运输成本 $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij} c_{ij}$ 达到最小, 且满足以下约束条件:

$$f_{ij} \geq 0, i \in m, j \in n \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m f_{ij} \leq y_j, j \in n \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n f_{ij} \leq x_i, i \in m \quad (6)$$

这里 $\text{area}(x) = \sum_{i=1}^m x_i$, $\text{area}(y) = \sum_{j=1}^n y_j$, 经归一化处理 (即满足 $\sum_{i=1}^m x_i = \sum_{j=1}^n y_j = 1$), 可以简化 EMD 为:

$$EMD(x,y) = \min[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij} c_{ij}] \quad (7)$$

相应的约束条件 (5)、(6) 变为式 (8)、(9):

$$\sum_{i=1}^m f_{ij} = y_j, j \in n \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^n f_{ij} = x_i, i \in m \quad (9)$$

式 (7) 是线性规划问题, 较易求解, 见文献 [5] 解法, 本文不再赘述. 在其它相似性度量里大多使用两者间距离表征其相似性, 因此必须要经过量化的过程. 而 EMD 度量巧妙地用运输 “货物” 所需的最小代价表征特征分布之间的距离, 从而避免了目前其它大多数相似性度量中的量化问题.

3 图像预处理

LBP 纹理特征具有灰度单调变换不变性和旋转不变性, 通常使用时不需要进行图像预处理, 但实际上在剧烈的光照变化条件下, LBP 的可靠性明显下降, 特别是当受光照影响而引起复杂的局部灰度插值等操作违背 LBP 固有的灰度单调变换不变性时. 因此使用简单而有效的一系列图像预处理方法来减少光照变化、局部渐变的影响, 保留分类识别的视觉元素. 本文采取以下步骤进行图像预处理.

(1) 将灰度图像 I 经过一个非线性灰度变换转换到 I^γ 或 $\log(I)$, 指数 γ 的取值在 $[0, 05]$ 之间效果最佳, 这里 γ 取 0.2. 这种变换提高了图像阴影区域的局部动态范围, 压缩了图像的亮光区域.

(2) 利用差分高斯滤波器 (DoG) 对图像进行平滑, 默认值 $\sigma_0 = 1.0$, $\sigma_1 = 2.0$. γ 校正不能完全消除这个亮度梯度区域如阴影的影响. DoG 函数可以进行高斯滤波平滑化和对平滑化后结果的二次微分处理, 可实现边缘的检测及定位.

(3) 对比度均衡化: 采用下述公式对整个图像的灰度级重新进行调节.

$$I(x,y) \leftarrow \frac{I(x,y)}{(\text{mean}(|I(x',y')|^{\alpha}))^{\frac{1}{\alpha}}} \quad (10)$$

$$I(x,y) \leftarrow \frac{I(x,y)}{(\text{mean}(\min(\tau, |I(x',y')|)^{\alpha}))^{\frac{1}{\alpha}}} \quad (11)$$

$$I(x,y) \leftarrow \tau \tanh\left(\frac{I(x,y)}{\tau}\right) \quad (12)$$

其中, α 是亮度压缩指数, τ 是截止频率. 这里 $\alpha = 0.1, \tau = 10$.

4 实验与分析

GTAV 人脸数据库是西班牙加泰罗尼亚理工大学计算机视觉中心建立的人脸库, 包含 44 个人的 1188 幅不同姿态、不同表情、不同光照条件以及遮挡条件下拍摄的人脸图像. 本实验抽取其中的正面人脸图片对算法进行测试, 图像几何归一化为 140×160 . 该库里的单个人的正面人脸样本、预处理效果 (PP) 如图 2 所示. 在 GTAV 人脸库上应用不同处理方法的识别率如图 3 所示.

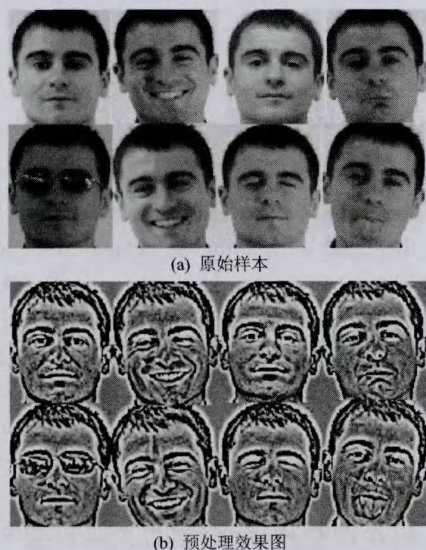


图 2 GTAV 人脸库单个人图片实例

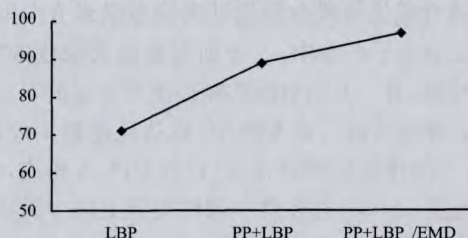


图 3 GTAV 人脸库组合不同方法的识别率

在图 3 中, 前两种方法 LBP 与 PP+LBP 使用了 Chi Square 距离 χ^2 来计算两个直方图的相似性, 而最后面一种 PP+LBP 与 EMD 测度方法相结

合. 可以看到, PP+LBP/ χ^2 方法比单一的 LBP/ χ^2 方法识别率提高了 18% (从 71% 到 89%), 而 PP+LBP/EMD 方法的识别率达到了 97%, 比 PP+LBP/ χ^2 方法的效果更好. 可见, 直方图相似性的度量方法不同, 识别率的差异也较大, 实验中 EMD 测度方法比 χ^2 测度方法具有更好的局部适应性.

5 结束语

本文提出了基于 LBP 算子与 EMD 的人脸识别算法, 在进行简单有效的图像预处理后, 采用 EMD 方法对 LBP 直方图进行相似性度量. 与 χ^2 测度方法进行对比实验, 显示了本文算法具有更高的人脸识别率, 验证了此算法的有效性与可行性.

参考文献:

- [1] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on feature distributions [J]. Pattern Recognition, 1996, 29:51-59.
- [2] Rubner Y, Tomasi C, Guibas L J. A metric for distributions with applications to image databases [C]// Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Computer Vision, Bombay, India: IEEE, 1998: 59-66.
- [3] Ahonen T, Hadid A, Pietikainen M. Face recognition with local binary patterns [C]// Proceedings of European Conference on Computer Vision, Prague, 2004: 469-481.
- [4] Rubner Y, Tomasi C, Guibas L J. A metric for distributions with applications to imagedatabases [C]// Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Computer Vision, BOMBAY, India: IEEE, 1998: 59-66.
- [5] Rubner Y, Tomasi C, Guibas L J. The earth mover's distance as a metric for image retrieval [J]. International Journal of Computer Vision, 2000, 40 (2): 99-121.
- [6] Ahonen T, Hadid A, Pietickainen M. Face recognition with local binary patterns [C]// Proceedings of European Conference on Computer Vision. [S. L.]: IEEE, 2004:469-481.

作者简介:

付朝霞 女, (1978-), 博士研究生, 讲师. 研究方向为计算机视觉与模式识别.

王黎明 男, (1974-), 教授. 研究方向为图像分析与理解、模式识别与机器学习.