

基于全变分模型的 LBP 人脸识别方法

戴景文

(上海交通大学自动化系 200240)

摘要: 本文提出了一种新的基于全变分模型的 LBP 人脸识别方法。该方法利用全变分模型对人脸边缘、轮廓和角点等显著特征的增强,并结合了 LBP 算子对图像边缘、角点等局部变化特征敏感的特性,提取对于外界因素变化特别是光照变化,较为鲁棒的人脸特征用于人脸识别。实验结果证明,该方法能够有效的去除光照变化对人脸识别的影响,与原始 LBP 方法相比,人脸识别率得到明显提高。

关键词: 人脸识别, 全变分模型, 局部二值化模式

A novel face recognition method based on TVM and LBP

Dai Jingwen

(Department of Automation, Shanghai Jiaotong University, 200240)

【Abstract】 This paper presents a novel face recognition method based on total variation model(TVM) and local binary pattern(LBP). By taking advantage of total variation model in the enhancement of facial salient features (e.g. edge, profile and corner), this method combines the character of local binary pattern descriptor, which is sensitive to the changes in the local feature. The proposed method can extract robust facial features, especially when the external illumination varied. Experiments on FERET face database show that TVM-LBP method is effective in removing the influence of illumination variation. Compared with the original LBP method, it is evident that the proposed method can improve face recognition performance.

【Key words】 face recognition, total variation model(TVM), local binary pattern(LBP)

1. 引言

人脸识别在国家公共安全、社会安全、信息安全和人机交互领域的巨大应用前景吸引了很多研究人员对该问题进行了大量的研究,并且取得了较大的进展,目前出现了很多商业化的人脸识别系统。然而,由于外界因素的干扰和人脸自身属性的变化,例如人脸图像采集时的光照的变化,人脸的表情、姿态、配饰变化等,都可能使得同一人的不同照片表观差别很大,造成识别上的困难。因此,如何提高人脸识别算法在各种情况下鲁棒性成为研究热点之一[1]。为实现鲁棒的识别,可以从人脸建模入手,寻找对各种外界条件导致的图像变化具有不变性的人脸描述入手。

近年来,基于局部二值模式(local binary pattern,简称 LBP)[2]的人脸识别方法受到人们的关注,该方法来源于纹理分析领域。它首先计算图像中每个像素与其局部邻域点在亮度上的序关系,然后对二值序关系进行编码形成局部二值模式,最后采用多区域直方图作为图像的特征描述。该方法在 FERET[3]人脸库上取得了很好的识别性能。

LBP 方法本质上提取的是图像边缘、角点等局部变化特征,它们是区分不同人脸的重要特征。当外界光照发生变化时,人脸图像上会出现许多阴影和模糊的边缘,特别受到侧光照射时,人脸图像上甚至会出现明暗分明的区域,这些变化严重干扰了 LBP 方法对图像边缘和角点特征的提取,从而导致人脸识别率的下降[4]。

全变分模型 (Total Variation Model, TVM) 是一种有效光照补偿的方法[5], 该模型可以修正因光照影响而下降的图像质量, 恢复原本模糊不清的面部轮廓。基于此, 本文提出了一种基于全变分模型的 LBP 人脸识别方法, 结合了 LBP 和 TVM 在人脸特征描述上的优点, 以 TVM 为 人脸图像预处理的手段, 保证了 LBP 方法可以提取稳定的边缘和角点特征, 在光照发生变化的情况下, 仍可得到较高的人脸识别率。

2. 方法描述

2.1、LBP 人脸描述

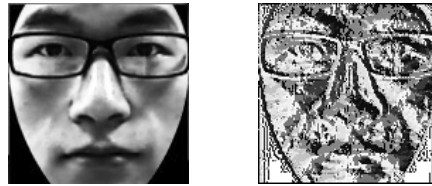
LBP(Local Binary Pattern)是一种理论上简单但是极其有效的纹理描述算子[2]。该算子在纹理分类上取得了极好的效果。近些年来, LBP 算子在人脸识别领域中受到关注[4,6,7]。该算子对图像每个象素 f_c 的 8 邻域采样, 每个采样点 $f_p (p = 0, 1, \dots, 7)$ 与中心象素 f_c 做灰度二值化运算 $S(f_p - f_c)$ 。

$$S(f_p - f_c) = \begin{cases} 1, & f_p \geq f_c \\ 0, & f_p < f_c \end{cases}, \quad (1)$$

其中 f_c 表示该中心像素的灰度值; f_p 表示采样点的灰度值。然后对每个采样点赋予不同的权系数 2^p 来计算该 f_c 的 LBP 值,

$$LBP = \sum_{p=0}^7 S(f_p - f_c) 2^p. \quad (2)$$

LBP 运算刻画了局部图像纹理的空间结构。图 1 为一张人脸图像经 LBP 运算前后的对比。



(a) 原图

(b) LBP 图

图 1 LBP 算子

求得 LBP 图之后, 将该图划分成 $M \times N$ 个子块, 然后在每一个子块内做直方图统计, 并把得到的 $M \times N$ 个直方图序列连接起来, 最终构成的 LBP 直方图序列 (LBPHS) 表示人脸特征, 用于人脸识别。

人脸识别使用 NN(Nearest-Neighbor)分类器, 常用的距离判据有,

$$\text{直方图相交: } D(S, M) = \sum_i \min(S_i, M_i), \quad (3)$$

$$\text{Log 概率统计: } L(S, M) = -\sum_i S_i \log M_i, \quad (4)$$

$$\chi^2 \text{ 概率统计: } \chi^2(S, M) = \sum_i \frac{(S_i - M_i)^2}{S_i + M_i} \quad (5)$$

2.2、全变分模型

全变分模型 (Total Variation Model, TVM) 是一种有效光照补偿的方法[5], 该模型可以修正因光照影响而下降的图像质量, 恢复原本模糊不清的面部轮廓。区别于其他传统的轮廓提取、轮廓增强方法[8], 该模型有效保留了利于识别的纹理信息。图 2 为 FERET 人脸库中一张标准人脸, 经 TVM 模型处理前后的比较。可以看到, TVM 保留并强化了面部边缘和角点特征, 淡化了受光照影响较大且对识别作用不大的均匀纹理部位 (如面颊, 额头等)。

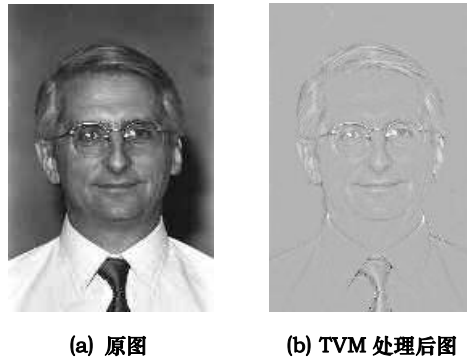


图 2 TVM 比较图

全变分模型的基本思想是把图像的纹理分为两部分: 肤色、背景纹理, 及精细的轮廓纹理。前者受光照条件影响大, 变化模式多, 且不是人脸的显著特征, 是人脸识别的干扰因素, 应当尽量去除; 后者包含丰富的面部特征, 如边缘、轮廓和角点, 是人脸最具有区分性的特征, 且受外界因素变化影响较小, 应当保留用于人脸识别。全变分模型的运算步骤见公式 (6-8),

$$I(x, y) = \rho(x, y) \cdot S = (\rho / \rho_1) \cdot (S \rho_1) = \rho' \cdot S' \quad (6)$$

$$u = \arg \min \int_{\Omega} |\nabla u| + \lambda |\log(I) - u| dx \quad (7)$$

$$v = \log(I) - u \quad (8)$$

其中, I 是原图纹理, 被分成肤色纹理 S' 和精细轮廓纹理 ρ' 。受光照影响的纹理信息 u 可

通过最小化公式 (7) 中的模型目标函数得到。对 u 作全变分处理。 λ 为权重。公式 (8) 通过对数运算把原纹理两部分分离, 并剔除易受光照影响的纹理, 保留核心的轮廓信息 v , 作为全变分模型最终的输出结果。

鉴于 TVM 可以很好地保留边缘和角点等对 LBP 敏感的特征, 故本文将作为人脸图像预处理的方法, 与 LBP 方法结合, 以提高 LBP 在人脸识别上的性能。整个特征提取的过程, 如图 3 所示。TVM-LBPHS 为人脸特征的最终表示, 用于人脸识别。

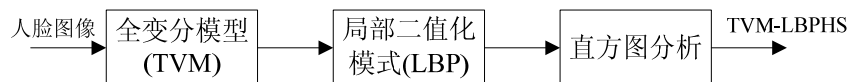


图 3 TVM-LBP 特征提取流程

3、实验

为了测试本文所提方法的性能，我们在 FERET 人脸库进行实验。FERET[3]人脸库是人脸识别研究领域中广泛应用标准人脸库，它提供了指定的原型集(gallery)和测试集(probe)，原型集是由 1196 人的每人一幅正面图像构成。4 个测试集分别是：fb, fc, Dup.I 和 Dup.II。其中，fb 含有 1195 幅与原型集同时采集，并且与原型集图像光照相同的表情变化图像；fc 中含有 194 幅与原型集图像采集光照条件不同的人脸图像；在 Dup.I 和 Dup.II 中，分别有 722 幅和 234 幅图像，采集时间距原型集分别为一个月和一年左右。人脸图像样本示例如图 4 所示。

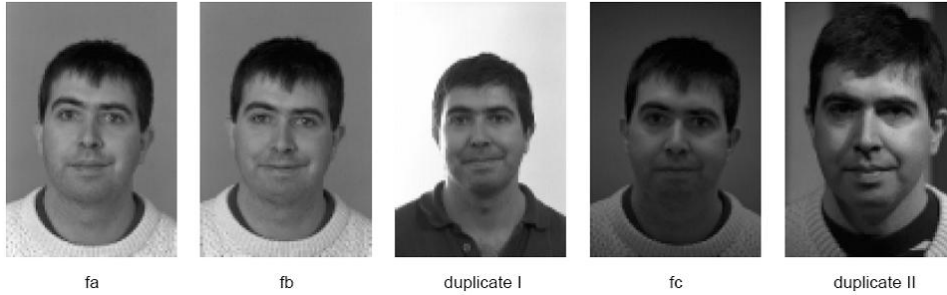


图 4 FERET 人脸库例图

4.1、实验准备

首先，在 FERET 人脸库的 3368 张头肩部图像中，根据手工标定的双眼坐标，把人脸图像截取出来，并通过旋转平移等几何变换，使得所有人脸图像的双眼在同一水平线上，再通过缩放，获得大小为 128×128 归一化的人脸样本。经 TVM 模型变换，最终得到实验样本。部分实验样本图片见图 5。



图 5 部分实验样本

为了与文献[4]的结果对比，实验中，LBP 图被分为 $16 \times 16 = 32$ 个子块，TVM-LBP 直方图序列采用公式 (5) 比较距离。

4.2、实验结果与分析

本文提出方法的实验结果列于表 1，文献[4]的实验结果同样也列于表 1。

表 1 实验结果及与其他方法的比较

	fb (%)	fc (%)	Dup.I (%)	Dup.II (%)
文[4]方法	91.3	50.0	50.0	<u>31.1</u>
本文方法	<u>92.6</u>	<u>78.5</u>	<u>52.2</u>	30.7

比较实验结果可以发现，TVM-LBP 方法在光照变化的 fc 测试上得到的实验结果明显优于文[4]中提出的原始 LBP 方法，同时 TVM-LBP 方法保证了在 fb、Dup I 和 Dup II 测试集上，获得跟原始 LBP 方法相当的识别率。实验证明，当光照发生变化时，TVM-LBP 方法可显著改善人脸识别系统的性能。

4、结论

本文提出了算法，利用全变分模型对人脸边缘、轮廓和角点等显著特征的增强，并结

合了 LBP 算子对图像边缘、角点等局部变化特征敏感的特性,提取对于外界因素变化特别是光照变化,较为鲁棒的人脸特征用于人脸识别,明显提高了光照变化情况下的人脸识别率。值得注意的是,由于 TVM 模型的运算复杂度较高,运算比较费时,不能完全满足实时人脸识别系统的要求,对于这种情况,需要进一步研究解决。

5、参考文献

- [1] Phillips PJ, Grother P, Micheals RJ, Blackburn DM, Tabassi E, Bone JM. Face recognition vendor test 2002 results. Evaluation Report, 2003.
- [2] Ojala T, Pietikäinen M, Mäenpää T. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002,24(7):971-987.
- [3] P.J. Phillips, H. Wechsler, J. Huang. The FERET Database and Evaluation Procedure for Face-Recognition Algorithms. Image and Vision Computing, vol.16, 1998, 295-306.
- [4] Timo A, Abdenour H, Matti P. Face recognition with local binary patterns. In: Pajdla T, Matas J, eds. Proc. of the European Conf. on Computer Vision. LNCS 3021, Prague: Springer-Verlag, 2004. 469-481.
- [5] T. Chen, Y. Wotao, Z. Xiang Sean, et al. Total variation models for variable lighting face recognition, IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2006, 28(9): 1519-1524.
- [6] Huang XS, Li SZ, Wang YS. Shape localization based on statistical method using extended local binary pattern. In: Zhang D, Pan ZG, eds. Proc. of the Int' l Conf. on Image and Graphics. Hong Kong: IEEE Computer Society Press, 2004. 184-187.
- [7] Jin HL, Liu QS, Lu HQ, Tong XF. Face detection using improved LBP under Bayesian framework. In: Zhang D, Pan ZG, eds. Proc. of the Int' l Conf. on Image and Graphics. Hong Kong: IEEE Computer Society Press, 2004. 306-309.
- [8] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Wood 著. 阮秋琦, 阮宇智等译. 数字图像处理 (第二版).北京: 电子工业出版社, 2007.

附录:

一、本文工作受到教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET-06-0398) 和国家自然科学基金(No. 60675041) 资助。

二、作者简介:

戴景文 男, 1983 年 9 月生于江苏徐州, 上海交通大学自动化系硕士研究生, 主要研究方向为人脸识别。

E-mail: daijingwen@sjtu.edu.cn