

基于局部彩色二元模式纹理特征的人脸分类方法

唐西西¹, 梁 鹏², 沃 焱³, 贾西平²

(1 广西工学院 计算机学院, 广西 柳州 545006;

2 广东技术师范学院 计算机科学学院, 广东 广州 510665;

3 华南理工大学 计算机科学与工程学院, 广东 广州 510006)

摘 要: 针对现有的局部纹理特征在光照变化下的人脸分类准确率不高的问题, 提出一种局部彩色二元模式纹理特征提取和表示方法. 该方法首先求取多个信号通道的彩色向量的模, 以减少单独对每个信号通道提取 LBP 特征导致的量化误差; 其次提取任意两个信号通道之间的像素彩色夹角来减少光照变化的影响. 对于给定的测试人脸图像集, 通过 SVM 的二分类器投票得到人脸图像的分类. 在 Color FERET 和 XM2VTSDB 人脸图像数据库上的实验证明该方法在光照变化下可以有效地分类人脸图像.

关键词: 人脸分类; 局部纹理特征; 局部彩色二元模式

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)03-0038-05

A Human Face Classification Approach on Local Color Binary Patterns

TANG Xi-xi¹, LIANG Peng², WO Yan³, JIA Xi-ping²

(1 School of Computer Science, Guangxi University of Technology, Liuzhou 545006, China;

2 School of Computer Science, Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou 510665, China;

3 School of Computer Science and Engineer, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Aiming at low classification rate of local texture features for illumination human face classification, this paper proposed a local color binary patterns method for texture feature extraction and presentation. We first compute the norm of color vector between multi-channels to reduce quantify errors caused by extracting LBP features from each channel individually. Then, we extract the pixel color angular between each two channels to reduce illumination influence. Given test human face image dataset, the face is classified by SVM. The experimental results on standard dataset Color FERET and XM2VTSDB demonstrate the effectiveness of our method.

Key words: human face classification; local texture feature; local color binary pattern

1 引言

近年来, 由于局部纹理特征对光照变化、角度旋转变化、几何位移变化等具有很好的适应性, 局部纹理特征成为了人脸分类中的一个重要的特征表示形式^[1-2]. 最常用的有局部二元模式 (Local Binary Patterns)^[3] 和 Gabor 小波^[4] 这两种局部纹理特征. 基于这两种局部纹理特征, 提出了许多改进的方法.

其中文献[5]提出了彩色 LBP 特征提取方法, 首先分别对 Y 亮度、Cr、Cb 色度信号提取 LBP 局部纹理信息, 然后将 LBP 纹理信息直方图简单地级联起来, 实验结果表明, 相比较传统的灰度 LBP 特征, 彩色 LBP 特征具有更好的表示能力. 此外, 在人脸分类的实验中证明, 彩色 LBP 相比较灰度 LBP 具有更好的光照不变性. 但文献[5]并没有很明显地提升灰度纹理特征的分类准确率.

收稿日期: 2012-06-15; 修回日期: 2012-07-17

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(61003270)

针对这一问题,本文提出一种彩色 LBP 特征提取和表示方法.该方法在 Color FERET^[6] 和 XM2VTSDB^[7] 能取得满意的识别效果.

2 局部二元模式

传统 LBP 特征提取算子^[3]通过比较图像中每个像素点和相邻的像素点得到一个二进制数,将此二进制数转换为十进制数即此像素点的 LBP 特征表示,如图 1 所示.把每幅图像中所有像素点的 LBP 特征所构成的直方图看作该图像的 LBP 特征.

$$\text{LBP}_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p$$

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中 $s(g_p - g_c)$ 表示一个阶跃函数,当 $x > 0$ 时 $s(x) = 1$,其余 $s(x) = 0$. g_c 表示中心像素点, g_p , $p = 0, \dots, P-1$ 表示 g_c 的邻近像素点. P 和 R 分别表示邻近像素点的个数和半径.

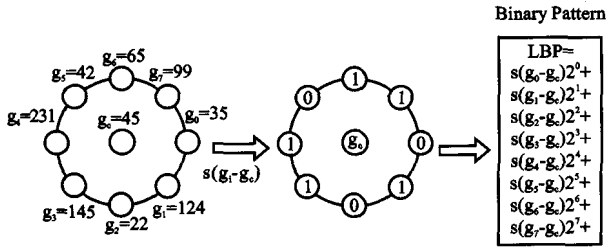


图1 LBP 特征表示

LBP 特征比较邻近像素值与中心位置对应的像素值,且对于不同位置的比较结果赋予不同的权值,对于灰度范围的平移具有很好地不变性.此外 LBP 特征通过获取 2^P 个模式中的最小值来消除图像旋转产生的影响, LBP 特征具有很强的纹理描述能力.但是 LBP 特征的维度较长,当 $L = 2$, $P = 8$ 时, LBP 直方图的维度是 256, 导致识别速度下降,尤其在大型的图像库中.简化的旋转不变 uniform LBP 特征提取方法,在保留原有的灰度范围平移和旋转不变性的基础上,降低 LBP 特征的维度.

3 局部彩色二元模式

为了更好地描述 LCBP 的提取过程,我们给出以下的变量定义:给定 I 表示在 YCrCb 空间中的一张彩色图像,则彩色图像 I 可以分解为 Y 亮度、Cr、Cb 色度信号的三张图像: $L = \{L_k\}$, $k = 1, 2, 3$. 文中提出的 LCBP 由两个部分组成,一个是局部彩色向量二元模式特征(Local Color Vector Binary Pattern)LCVBP,另一个是局部彩色角度二元模式特征

(Local Color Angular Binary Pattern)LCABP.

3.1 局部彩色向量二元模式(LCVBP)

首先对 Y 亮度、Cr、Cb 色度信号的三个图像 $L = \{L_k\}$, $k = 1, 2, 3$ 进行 LCVBP 特征的提取,局部彩色向量指的是在指定像素点的 Y、Cr、Cb 三个信号通道的彩色向量.给定某个像素点 $z = (x, y)$,则该像素点可以表示为三维的向量 $c = [v_1, v_2, v_3]^T$, 其中 v_i 表示第 i 个信号通道中该像素点的值.像素点 z 的彩色向量的模 r_c 表示为:

$$r_c = \|c\| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2} \quad (2)$$

区别于 CLBP 对于 Y、Cr、Cb 三个信号通道中分别提取像素点的颜色值构建 LBP 特征, LCVBP 是先计算三个信号通道的彩色向量的模,再构建 LBP 特征,这样减少了对每个信号通道进行归一化时产生的量化误差,提高了识别的准确率.

由于旋转不变的 uniform LBP 的低维度、旋转不变性,在人脸识别中得到了很好的应用.用旋转不变的 uniform LBP 来描述像素点 z 的彩色变量为:

$$\text{LCVBP}_{P,R}^{unif,2}(z) = \begin{cases} \sum_{p=0}^{P-1} s(r_p - r_c) & \text{if } H < 2 \\ P+1 & \text{其他} \end{cases}$$

$$s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq C \\ 0 & \text{others} \end{cases}$$

$$H = |s(r_{P-1} - r_c) - s(r_0 - r_c)| + \sum_{p=1}^{P-1} |s(r_p - r_c) - s(r_{p-1} - r_c)| \quad (3)$$

其中 H 是像素点 z 的二值编码中 0-1 转换次数的编码.在实验中我们将人脸图像划分为 M 个不重叠的网格,则人脸图像可以表示为 Y、Cr、Cb 三个信号通道的网格图像 $L^m = \{L_k^m\}$, $m = 1, \dots, M$, 则在第 m 个网格的第 l 个 LBP 编码的 LCVBP 直方图特征 $h_{cv}^{(m,l)}$ 可以表示为:

$$h_{cv}^{(m,l)} = \sum_{L^m} \delta(\text{LCVBP}_{P,R}^{unif,2}(z) = l), 0 \leq l \leq P+1$$

$$\delta(x) = \begin{cases} 1 & x = \text{true} \\ 0 & x = \text{false} \end{cases} \quad (4)$$

其中 l 表示在第 l 个 LBP 编码,则第 m 个网格 LCVBP 直方图特征 $h_{cv}^{(m)}$ 可以表示为:

$$h_{cv}^{(m)} = [h_{cv}^{(m,0)}, h_{cv}^{(m,1)}, \dots, h_{cv}^{(m,P+1)}]^T \quad (5)$$

为了保持 LBP 特征的空间信息,我们所使用的 LCVBP 也同样对网格的空间分布进行级联得到整个图像的 LCVBP 直方图 h_{cv} , LCVBP 直方图提取过程如图 2 所示.

$$h_{cv} = [h_{cv}^{(1)}, h_{cv}^{(2)}, \dots, h_{cv}^{(M)}]^T \quad (6)$$

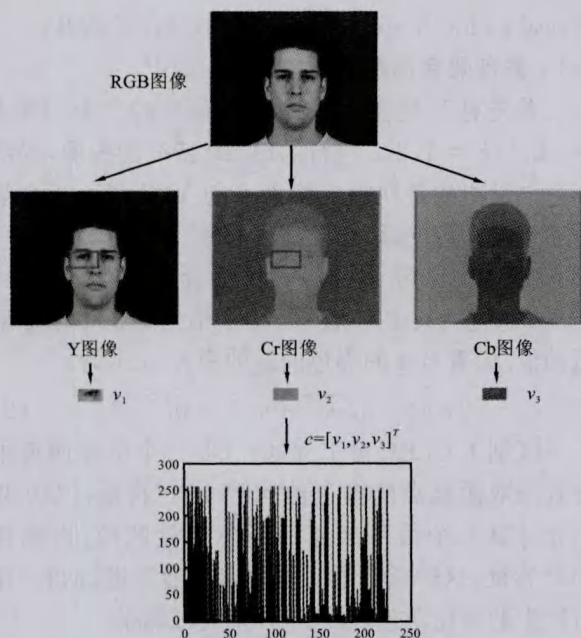


图2 LCVBP的提取和表示

3.2 局部彩色角度二元模式(LCABP)

现有的彩色 LBP 特征在光照变化下的识别率都不高,主要原因是因为当图像的光照发生变化时,相当于在 Y、Cr、Cb 三个信号通道内的图像像素值发生了不同程度的尺度变化,因此单纯地利用 Y、Cr、Cb 三个信号通道的颜色值是不能解决光照变化下的彩色 LBP 特征.经观察发现,当光照变化时,虽然 Y、Cr、Cb 三个信号通道内的图像像素值发生了不同程度的变化,但是 Y、Cr、Cb 三个信号通道内的图像像素值之间的角度是不会变化的,因此我们提出局部彩色角度二元模式特征来弥补彩色 LBP 特征不能解决光照变化的问题.

假设任意两个信号通道之间的像素值夹角为 $\theta(i, j)$:

$$\begin{aligned}\theta(i, j) &= \tan^{-1}(\pi(i, j)) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{\theta_i}{\theta_j + \sigma}\right)\end{aligned}\quad (7)$$

其中 σ 是使得 $\pi(i, j)$ 不为 0 的常量, θ_i 和 θ_j 分别表示该像素点与信号通道 i, j 之间的夹角.

旋转不变的 uniform LBP 来描述像素点 z 的彩色角度为:

$$\text{LCABP}_{P,K}^{un2}(z) = \begin{cases} \sum_{p=0}^{P-1} s(\theta(i, j)_p - \theta(i, j)_c) & \text{if } H < 2 \\ P+1 & \text{其他} \end{cases}$$

$$s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq C \\ 0 & \text{others} \end{cases}$$

$$H = |s(\theta(i, j)_{p-1} - \theta(i, j)_c) - s(\theta(i, j)_0 - \theta(i, j)_c)|$$

$$+ \sum_{p=1}^{P-1} |s(\theta(i, j)_p - \theta(i, j)_c) - s(\theta(i, j)_{p-1} - \theta(i, j)_c)| \quad (8)$$

在第 m 个网格的第 l 个 LBP 编码的 LCABP 直方图特征 $h_{ca}^{(m,l)}$ 可以表示为:

$$\begin{aligned}h_{ca}^{(m,l)} &= \sum_{L^m} \delta(\text{LCABP}_{P,K}^{un2}(z) = l), 0 \leq l \leq P+1 \\ \delta(x) &= \begin{cases} 1 & x = \text{true} \\ 0 & x = \text{false} \end{cases}\end{aligned}\quad (9)$$

其中 l 表示在第 l 个 LBP 编码,则第 m 个网格 LCABP 直方图特征 $h_{ca}^{(m)}$ 和整个图像的 LCABP 直方图 h_{ca} :

$$\begin{aligned}h_{ca}^{(m)} &= [h_{ca}^{(m,0)}, h_{ca}^{(m,1)}, \dots, h_{ca}^{(m,P+1)}]^T \\ h_{ca} &= [h_{ca}^{(1)}, h_{ca}^{(2)}, \dots, h_{ca}^{(M)}]^T\end{aligned}\quad (10)$$

如图 3 所示,当图像的光线发生变化时,LCABP 的直方图没有发生明显的变化.这样就保证了,当图像的光照发生变化时,同样可以有效地利用 LCABP 特征来识别图像.

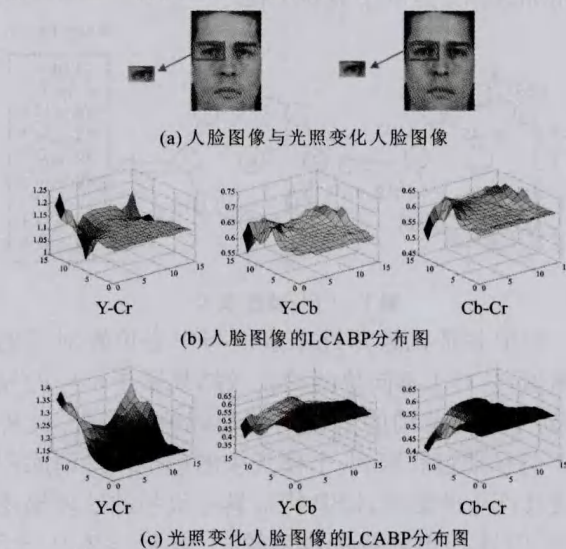


图3 LCABP对光照变化图像的影响

对一副人脸图像获取到 LCVBP 直方图 h_{cv} 和 LCABP 直方图 h_{ca} 并级联起来,得到该图像的 LCBP 直方图特征 h :

$$h = [h_{cv}, h_{ca}^{(Y,Gr)}, h_{ca}^{(Cb,Gr)}, h_{ca}^{(Y,Cb)}]^T \quad (11)$$

当 $P=8, R=2$ 时,得到的 LCBP 特征直方图 h 的维度是 $4 \times 9 = 36$ 维.

4 人脸分类实验及讨论

实验配置是 Pentium T2330 处理器,2GB 内存,评价数据集是由公开的人脸数据库 Color FERET [6]和 XM2VTSD [7].所有的图像尺度都重新变化为 120×160 像素大小,LBP 的局部区域大

小如文献[3]所设置一样,采用 18×21 像素大小,和以下的经典方法进行比较,所有的方法都采用了同样的LBP设置,即 $P=8, R=2$ 。灰度特征比较的是传统的uniform LBP和Gabor纹理特征,Gabor纹理特征采用的是文献[4]中的5个尺度、8个方向的设置。彩色特征比较的是quaternion Gabor^[8]和Color LBP^[5]。采用的分类器是公开的libsvm,此外为了保证分类结果的鲁棒性,我们运行20次实验,分类准确率取20次实验的平均值。

4.1 Color FERET 数据库评价

首先对人脸数据库Color FERET进行评价,Color FERET数据库中有107个种类共1378张人脸图像,不仅有光照变化的影响,也同时具有从 $-45^\circ \sim +45^\circ$ 之间的角度变化。表1给出Color FERET数据库的光照变化、角度变化和尺度变化的图像分类结果。

表1 Color FERET 数据库的分类结果

比较方法	光照变化	角度变化	尺度变化
Uniform LBP	70.52%	54.80%	40.72%
Gabor 纹理	82.75%	63.65%	42.08%
Color LBP	90.84%	86.47%	60.67%
quaternion Gabor	89.44%	82.58%	64.80%
本文的 LCBP	97.35%	91.21%	70.67%

从表1可以看出,文中提出的方法是得到了最高的分类准确率,这是因为文中方法通过提取彩色角度信息,有效地避免了光照带来的影响,而LBP纹理特征本身的角度变化不变性,也有效地保证了当角度变化时,人脸图像的分类准确率。然而,当人脸图像的尺度变化时,由于文中方法没有给出多尺度LBP的描述,所以分类准确率略有下降,但仍然获取到了最高的分类准确率。

4.2 XM2VTSDB 数据库评价

接着对人脸数据库XM2VTSDB进行评价,XM2VTSDB数据库中有100个种类共900张人脸图像,同样也有来自不同情况下的光照变化的影响,也同时具有从 $-45^\circ \sim +45^\circ$ 之间的角度变化。表2给出XM2VTSDB数据库的光照变化、角度变化和尺度变化的图像分类结果。

表2 Color XM2VTSDB 数据库的分类结果

比较方法	光照变化	角度变化	尺度变化
Uniform LBP	71.18%	70.05%	45.60%
Gabor 纹理	75.71%	72.15%	40.67%
Color LBP	86.24%	81.90%	50.16%
quaternion Gabor	84.44%	80.12%	51.12%
本文的 LCBP	90.35%	87.32%	60.67%

从表2可以看出,文中提出的方法在XM2VTSDB数据库中也得到了最高的分类准确率。但是尺度变化的准确率不高,这是因为XM2VTSDB数据库的尺度变化率更大,对图像的分类干扰更大。

5 结束语

本文提出了局部彩色二元模式特征提取和表示方法,这种方法主要分为两个部分:局部彩色向量二元模式和局部彩色角度二元模式。该方法充分利用了LBP特征提取迅速的特点,通过提取局部彩色角度二元模式适应了光照变化的影响,此外,通过求取局部彩色向量的模,融合了多个信号频道之间的像素值,为后续的分类提高了准确率。实验结果表明,本文所提出的局部彩色二元模式方法在公开的人脸图像数据库上具有较好的分类准确率。

在本文方法的局部彩色二元模式特征提取和表示方法中,采用的是固定半径来确定LBP的提取范围,因此没有做到多尺度特征表示。另一方面,将文中方法应用到自然场景纹理分类,这也是我们今后工作的重点。

参考文献:

- [1] Hennings Yeomans P H, Vijaya Kumar B V K, Baker S. Robust low-resolution face identification and verification using high-resolution features[C] // Proceedings of IEEE ICIP. Cairo, Egypt, 2009; 33 - 36.
- [2] Su Y, Shan S, Chen X, et al. Hierarchical ensemble of global and local classifiers for face recognition[J]. IEEE Trans. Image Process, 2009, 18(8): 1885 - 1896.
- [3] Ahonen T, Hadid A, Pietikä M inen. Face description with local binary pattern: Application to face recognition[J]. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 2006, 28(12): 2037 - 2041.
- [4] Liu C, Wechsler H. Gabor feature based classification using the enhanced fisher linear discriminant model for face recognition[J]. IEEE Trans. Image Process, 2002, 11(4): 467 - 476.
- [5] Choi J Y, Ro Y M, Platanotis K N. Using colour local binary pattern features for face recognition[C] // Proceedings of IEEE ICIP. Hongkong, 2010; 4541 - 4544.
- [6] Phillips P J, Moon H, Rizvi S A, et al. The FERET evaluation methodology for face recognition algorithms[J]. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell, 2000,

22(10):1090 - 1104.

- [7] Messer K, Mastas J, Kittler J, et al. XM2VTSDB: The extended M2VTS database[C] // Proceedings of. IEEE Int. Conf. USA; Washington, AVBPA, 1999;72

- 77.

- [8] Liu Z, Liu G. Fusion of color, local spatial and global frequency information of face recognition[J]. Pattern Re gnit, 2010, 43(8):2882-2890.

作者简介:



唐西西 女, (1980-), 硕士研究生, 讲师. 研究方向为计算机视觉、模式识别.

梁 鹏 (1981-), 博士研究生. 研究方向为计算机视觉、机器学习 and 模式识别.

沃 焱 (1975-), 博士, 硕士生导师. 研究方向为图像处理.

贾西平 男, 博士, 讲师. 研究方向为数据挖掘和人工智能.

(上接第 37 页)

- [5] 唐应辉, 黄蜀娟, 云曦. 离散时间多重休假的 Geom^x/G/1 排队系统的队长分布[J]. 电子学报, 2009, 37(7): 1407-1411.
- [6] 赵丹, 邓斌. 基于最大熵的延迟启动/关闭 N 策略 M/G/1 可修排队稳态队长分布[J]. 数学的实践与认识, 2010, 40(18): 140-147.
- [7] Luo C Y, Tang Y H. The transient solution of queue-length distribution for discrete time Geometry/G/1 queue[J]. Applied Mathematics: A Journal of Chinese Universities; Series B, 2007, 22(1): 95-100.
- [8] Nolan J, Panorska A. K estimation of stable spectral measures[J]. Math Computer Modeling, 2001, 4(8): 1113-1122.

- [9] 唐应辉, 唐小我. 排队论[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

- [10] Xianhai TAN, Yuanhui Huang, Weidong Jin. Modeling and performance analysis of self-similar traffic based on FBM[C] // 2007 IFIP International Conference on Network and Parallel Computing - Workshops. Brazil; são Paulo, 2007: 543-548.

作者简介:

魏 娟 女, (1983-), 研究方向为流量管理.

游 磊 男, (1974-), 博士. 研究方向为测控技术.

胡 俊 男, (1982-), 博士. 研究方向为网络优化.