



JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2014
12
VOL.19

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



图像色彩和谐变化 P1766



第19卷第12期（总第224期）

2014年12月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

All rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会

邮政信箱 北京9718信箱

邮 编 100101

电子信箱 jig@irsa.ac.cn

电 话 010-64807995

网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司

（邮政信箱：北京399信箱 邮编：100048）

印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian

Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics

P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China

Zip code 100101

E-mail jig@irsa.ac.cn

Telephone 010-64807995

Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Overseas China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China))

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB

ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

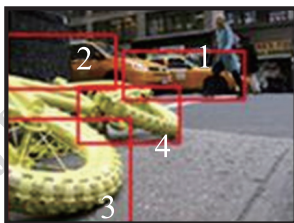
国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

国内定价 50.00元



改进鱼眼变换技术的图像适应(第1743页)



面向部件遮挡补偿的车辆检测模型(第1802页)



基于暗原色及入射光假设的单幅图像去雾(第1812页)

综述

视频摘要技术综述

王娟, 蒋兴浩, 孙铨锋 1685

局部二进制模式方法综述

刘丽, 谢毓湘, 魏迎梅, 老松杨 1696

图像处理和编码

2维全相位内插核的设计与实现

苏飞, 孙杰, 秦娟, 段宇翔 1721

改进的正则化模型在图像恢复中的应用

李旭超, 宋博 1730

改进鱼眼变换技术的图像适应

张丽霞, 区兆明, 宋鸿陟 1743

去除乘性噪声的分数阶变分模型及算法

田丹, 薛定宇, 陈大力 1751

丢包环境中H.264视频编码的快速模式判决

兰梦, 张远, 魏雨农 1759

图像分析和识别

偏度和峰度的图像色彩和谐变化

马云芳, 宋明黎, 卜佳俊 1766

结合稀疏表示和概率潜在语义的图像模糊度评价

张涛, 王新年, 梁德群 1775

Log-Gabor小波和分数阶多项式KPCA的火焰图像状态识别

宋昱, 吴一全 1785

加权局部二值模式的人脸特征提取

张洁玉, 武小川 1794

面向部件遮挡补偿的车辆检测模型

陈远, 谢昭, 吴克伟 1802

基于暗原色及入射光假设的单幅图像去雾

於敏杰, 张浩峰 1812

空间可变有限混合模型

申小虎, 吕导中, 万荣春 1820

遥感图像处理

高分辨率极化SAR图像水平集分割

邹鹏飞, 李震, 田帮森 1829

混合本征模型的多视SAR影像海冰密度检测

汪霄箭, 李玉, 赵泉华, 何晓军 1836

总目次

CONTENTS

JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Improved fisheye transformation for image retargeting (P1743)



Part-oriented occlusion compensate model for vehicle detection(P1802)



Single-image dehazing based on dark channel and incident light assumption(P1812)

Review

- Review of video abstraction
Wang Juan, Jiang Xinghao, Sun Tanfeng 1685
- Survey of Local Binary Pattern method
Liu Li, Xie Yuxiang, Wei Yingmei, Lao Songyang 1696

Image Processing and Coding

- Design and implementation of 2D all-phase interpolation kernel
Su Fei, Sun Jie, Qin Juan, Duan Yuxiang 1721
- Applying the improved regularization model to image restoration
Li Xuchao, Song Bo 1730
- Improved fisheye transformation for image retargeting
Zhang Lixia, Ou Zhaoming, Song Hongzhi 1743
- Fractional-order variation model and algorithm for multiplicative noise removal
Tian Dan, Xue Dingyu, Chen Dali 1751
- Fast-mode decision for H.264 video coding in a packet-loss environment
Lan Meng, Zhang Yuan, Wei Yunong 1759

Image Analysis and Recognition

- Image color harmonization algorithm using skewness and kurtosis
Ma Yunfang, Song Mingli, Bu Jiajun 1766
- Image blur evaluation based on sparse representation and probabilistic latent semantic analysis
Zhang Tao, Wang Xinnian, Liang Dequn 1775
- State identification of boiler combustion flame images via Log-Gabor wavelet and kernel principal component analysis with fractional power polynomial models
Song Yu, Wu Yiquan 1785
- Feature extraction of faces based on a weighted local binary pattern
Zhang Jieyu, Wu Xiaochuan 1794
- Part-oriented occlusion compensate model for vehicle detection
Chen Yuan, Xie Zhao, Wu Kewei 1802
- Single-image dehazing based on dark channel and incident light assumption
Yu Minjie, Zhang Haofeng 1812
- Spatially variant finite mixture model
Shen Xiaohu, Lyu Daozhong, Wan Rongchun 1820

Remote Sensing Image Processing

- High-resolution PolSAR image level set segmentation
Zou Pengfei, Li Zhen, Tian Bangsen 1829
- Intrinsic mixture model-based measurement of sea ice density from a multi-look SAR image
Wang Xiaojian, Li Yu, Zhao Quanhua, He Xiaojun 1836

中图法分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2014)12-1794-08

论文引用格式: Zhang J Y, Wu X C. Feature extraction of faces based on weighted local binary pattern[J]. Journal of Image and Graphics, 2014, 19(12): 1794-1801. [张洁玉, 武小川. 加权局部二值模式的人脸特征提取[J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(12): 1794-1801.] [DOI: 10. 11834/jig. 20141211]

加权局部二值模式的人脸特征提取

张洁玉, 武小川

中国药科大学理学院信管系, 南京 211198

摘要: **目的** 为了能够得到图像更加丰富的纹理特征, 提出一种新的自适应加权局部二值模式算法。 **方法** 首先, 将图像进行分块, 利用新算法提取每个子块的局部二值模式的纹理直方图; 然后, 将各子图像的信息熵作为直方图的加权依据, 对每个子块对应的直方图进行自适应加权, 并将所有子块的直方图连接成最终的纹理特征。提取每个子块的局部纹理特征时的方法为: 以某一像素点为中心取相邻的 8 个像素组成一个局部邻域, 在该邻域内依据自适应设定的阈值分别比较 3 对水平方向和 3 对竖直方向像素值的大小, 以此获得 6 位二进制码并将每位二进制码乘以相应的权重后相加, 累加和即为该邻域新的局部二值模式纹理特征。 **结果** 在两大人脸数据库上进行的实验结果表明, 利用本文提出的方法提取纹理特征, 并结合最近邻分类法可以得到 85.29% 和 96.50% 的正确识别率。 **结论** 文中提出的自适应加权局部二值模式特征能够获取图像中更加丰富的纹理信息, 因而具有较高的正确识别率, 并且对于其他的物体识别也具有一定的参考价值。

关键词: 纹理特征; 局部二值模式; 自适应加权; 人脸识别

Feature extraction of faces based on a weighted local binary pattern

Zhang Jieyu, Wu Xiaochuan

School of Science, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China

Abstract: **Objective** To achieve an abundant texture, a new weighted local binary pattern (W-LBP) is proposed in this study. **Method** An image is divided into several sub-images. W-LBP texture histograms are extracted from each sub-image. The proposed algorithm adaptively weights the W-LBP histograms of sub-patches on the basis of their information entropy and serially connects all histograms to create a final texture feature. The process of extracting the W-LBP texture of each sub-image is as follows. First, a local neighborhood is constructed with a certain centered pixel and surrounding eight pixels. A string of binary codes with six bits is then obtained by comparison of three pairs of horizontal and vertical pixels within the local neighborhood with an adaptive threshold. The texture feature of the local region is the sum obtained from the addition of each bit weighted by some weighting factor. Therefore, after the entire sub-image is traversed, the corresponding feature value of each pixel can be calculated. All the values can generate a statistical histogram, which is regarded as the feature value of the sub-image. **Result** Experimental results from the two famous face databases indicate that the proposed method with the nearest neighbor classification obtains correct recognition rates of 85.29% and 96.50%. **Conclusion** In terms of obtaining abundant texture information, the proposed feature in this study can lead to a high face recognition rate. The new feature also has some reference values for object recognition in other fields.

Key words: texture features; local binary pattern; adaptively weighted; face recognition

收稿日期: 2014-05-21; 修回日期: 2014-07-28

基金项目: 教育部直属高校特色项目基金项目 (02600005); 中国药科大学理学院青年教师科研资助课题

第一作者简介: 张洁玉 (1980—), 女, 讲师, 2010 年于南京理工大学计算机专业获得博士学位, 主要研究方向为图像处理和模式识别。E-mail: zhjy_xx@126.com

0 引言

图像特征提取是图像处理及计算机视觉等领域的一个重要研究内容,图像配准、物体识别、目标跟踪以及基于内容的图像检索等问题都可以通过特征的提取与匹配来实现^[1]。常用的图像特征有颜色特征、形状特征及纹理特征,其中由于纹理特征简单有效而倍受国内外学者青睐。Tuceryan 等人^[2]将纹理特征提取方法归纳为统计法、模型法、信号处理法及结构法,代表方法分别有灰度共生矩阵法^[3]、分形维数法^[4]、小波分析法^[5]等。如今,纹理特征的研究已经广泛应用到了诸多领域,如遥感图像分类^[6]、医学图像分析^[7]、基于内容的图像检索^[8]等。

近年来,纹理分析领域中较为引人瞩目的是由 Ojala 等人^[9]提出的局部二值模式 (LBP) 纹理描述法。该方法由于计算简单高效,具有良好的旋转不变性和灰度不变性,因此已经广泛应用于目标检测^[10]、人脸识别^[11]、纹理分类^[12]、图像检索^[13]和图像匹配^[14]等领域。近年来许多学者在具体应用中对 LBP 进行了不少相应的改进。Guo 等人提出了基于方向统计的自适应局部二值模式,增加了图像的空间结构信息^[15]。他们还提出了局部二值模式与方差相结合的纹理表示方法,将每个点的方差作为编码值的权重,提高了纹理分类的性能^[16]。Tan 等人^[17]在 LBP 的基础上提出了局部三值模式 (LTP), LTP 通过 0、1 和 -1 进行编码,在均匀区域比 LBP 具有更强的判别能力,但该模式计算比 LBP 复杂。Zhu 等人^[18]利用 LTP 对 SIFT 特征区域描述之后进行了特征匹配,得到了较高的正确匹配率。Liu 等人^[19]为了克服 LBP 不能捕获较大尺度结构纹理特征的缺点,提出了多分辨率 LBP 算法。Jiang 等人^[20]在原 LBP 的基础上,加入了中心像素与邻域周边像素的灰度差异性,在一定程度上弥补了丢失的局部结构特征信息。此外,由于 LBP 模式进行纹理描述时会产生维数较高的统计直方图,为了得到更加紧凑的简化算法,Heikkilä 等人^[21]提出了中心对称局部二值模式 (CS-LBP)。该模式维数低,抗噪能力强,引起了广泛的关注^[22-24]。

传统的 LBP 与 CS-LBP 模式都属于有效的非参数化局部纹理特征提取法,它们可以捕捉图像中微小的细节特征,计算简单且效果显著。但 LBP 模式是通过将所有邻域像素灰度值都和中心像素灰度值

一一进行比较得到的,受中心像素灰度值的影响较大,特别是存在噪声的情况下该模式稳定性不高。此外,一般情况下图像中不同子块包含的信息量也不尽相同,而 LBP 与 CS-LBP 模式在提取图像特征时并没有区分不同子块的贡献,一定程度上降低了正确识别率。

受 LBP 算法的启发,本文提出了一种自适应加权局部二值模式特征 (W-LBP)。首先将图像分为不同子块,在各子块内利用新算法提取局部二值模式统计直方图,然后利用每个子块对应的信息熵构造加权系数,将生成的各个二值模式统计直方图乘以对应的加权系数后串连成一个最终的纹理特征。利用该纹理特征在人脸数据库中进行了识别实验,实验结果表明,本文提出的局部二值模式特征能够得到较高的正确识别率。

1 LBP

在灰度图像中,任意一点记为 n_c ,在以该点为中心,半径为 R ($R=1$ 或 $R=2$) 的环形邻域上, P ($P=8$ 或 $P=16$) 个像素点均匀分布。对于刚好不是处于某个像素上的点,可利用插值法得到其像素值。设以该邻域中心像素为基准的纹理为 T ,则 T 使用邻域中的 $P+1$ 个像素 (P 个邻域点和 1 个中心点) 可定义为

$$T = t(s(g_0 - g_c), s(g_1 - g_c), \dots, s(g_{P-1} - g_c)) \quad (1)$$

式中, g_c 代表中心像素 n_c 的灰度值, g_0 到 g_{P-1} 代表环形邻域上 P 个点的灰度值。 s 是权重系数,当周边像素灰度值大于或等于中心像素时, s 为 1, 否则为 0。由此可以得到一个 P 位的二进制数,将其进行十进制转换即可得到 LBP 值,即

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

式中

$$s(u) = \begin{cases} 1 & u \geq 0 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

对于图像中的每个像素点都可以计算得到一个 LBP 特征值,将这些特征值进行直方图统计,就能够得到图像模式特征的统计分布情况。利用 LBP 统计直方图可以进行纹理分类、人脸识别等应用,并且性能较好。但 LBP 特征完全依赖于每个邻域的中心像素,并且刻画纹理过于精细,因而对噪声较为敏

感,导致稳定性不高。另外,通常情况下一幅图像中不同子块所包含的信息量的大小是不同的,而 LBP 模式没有区别对待不同子块,使得提取的纹理信息独特性不高。针对以上问题,本文提出了一种新的 W-LBP 纹理特征。

2 W-LBP 特征的构造

2.1 图像分块

LBP 模式一次性提取了整个图像的纹理特征,没有区分图像中的不同子块。但一般情况下图像中不同子块包含的纹理细节不尽相同。对于纹理较为丰富的子块,提取纹理特征时应赋予较大的权重,反之应赋予较小的权重,这样最终得到的纹理特征才能真实地反映图像纹理的变化情况。因此,在本文提出的 W-LBP 纹理模式中,首先将原始图像划分为若干小块,然后求出每个子块对应的自适应加权二值模式统计直方图特征并进行加权,最后将自适应加权后的各子块特征串连起来作为最终的纹理特征。

2.2 自适应加权系数的选取

一般情况下,一幅图像中不同子块包含的信息量是不同的。纹理丰富的区域包含的信息量大,反之包含的信息量小。若不加区分地对待不同的区域,则会降低纹理特征的独特性,影响识别率的提升。

信息熵反映了图像中信息量的大小,信息熵越大,表明信息量越大,同时纹理细节越丰富;反之,信息熵越小,表明信息量越小,纹理细节越稀少。因此,在新算法中通过计算各子块的信息熵来构造加权系数,以此区别对待不同区域。设图像分为 m 个子块,则第 i 个子块的信息熵表示为

$$E_i = - \sum_{k=1}^n p_i^k \log_2 p_i^k \quad (3)$$

式中, n 表示像素级数,取为 256。 p_i^k 表示第 k 级像素点出现的概率,通过灰度级为 k 的像素数目除以总像素数目得到。子块的信息熵越大,赋予它越大的权重,由此第 i 个子块的权重系数定义为

$$w_i = \frac{E_i}{\sum_{i=1}^m E_i} \quad (4)$$

2.3 提取各子块新的纹理特征

将图像划分为若干子块之后,提取每个子块的纹理特征。提取方法为:取图像中某一像素点,以其

为中心取周边 8 个相邻像素点组成局部邻域,在该邻域内依次比较水平方向 3 对像素点灰度差值的大小及竖直方向 3 对像素点灰度差值的大小,根据比较大小的结果生成一串 6 位二进制码,再将该串二进制码转换为十进制后即为此局部邻域的纹理描述值。如图 1 所示,其中 n_c 为中心像素点, $n_1 \sim n_8$ 是邻域内的 8 个点,新的局部二值模式可用式(5)来表示,即

$$\begin{aligned} \text{W-LBP} = & s(n_1 - n_7)2^0 + s(n_2 - n_6)2^1 + \\ & s(n_3 - n_5)2^2 + s(n_1 - n_3)2^3 + \\ & s(n_8 - n_4)2^4 + s(n_7 - n_5)2^5 \end{aligned} \quad (5)$$

式中

$$s(u) = \begin{cases} 1 & u \geq T, T = m \times \frac{1}{P} \sum_{i=0}^{P-1} n_i \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

由式(6)可以看出,当灰度差值大于等于阈值 T 时,二进制码取为 1,否则取为 0。本算法中阈值 T 可以根据图像自身情况自适应选取,即 T 为邻域内所有像素灰度值均值的 m 倍,其中 m 的取值范围为 $0 \sim 1$,可由一系列实验获取最佳值。

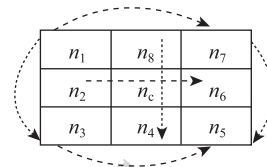


图 1 W-LBP 算法中二值模式的编码方式

Fig. 1 Coding method of W-LBP

某邻域内 W-LBP 生成的具体过程如图 2 所示,其中邻域内像素均值为 56.4,本例中 m 值取为 0.3,则 $T = 0.3 \times 56.4 = 16.9$ 。计算结果 21 即为以 n_c 为中心的局部邻域的纹理特征值。

50	65	88
70	45	60
60	85	95

$$(101\ 010)_2 = 1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^5 = 21$$

图 2 新的局部二值模式编码

Fig. 2 Example of coding method of W-LBP

按照上述原理,遍历整幅图像之后就能够得到以每个像素点为中心的所有局部区域的纹理特征值。因为每一个纹理特征值都由 6 位二进制码组

成,该特征有 2^6 个模式,所以本文将提取得到的图像纹理特征值投影成 64 维的直方图。

2.4 生成 W-LBP 特征

设 $v_i (i=1,2,\dots,m)$ 为各个子块对应的统计直方图向量,则将各个子块的直方图向量进行加权连接后可以得到最终的 W-LBP 特征直方图向量,即

$$V = (w_1 v_1, w_2 v_2, \dots, w_m v_m) \quad (7)$$

图 3 为采用 W-LBP 算法提取到的同一张人脸最终串联后的纹理统计直方图。其中横坐标是将图像划分为 16 个子块后每个子块对应的 64 维直方图的灰度区间,如 0~63 是第 1 个子块对应的灰度区间,64~127 是第 2 个子块对应的灰度区间,……,

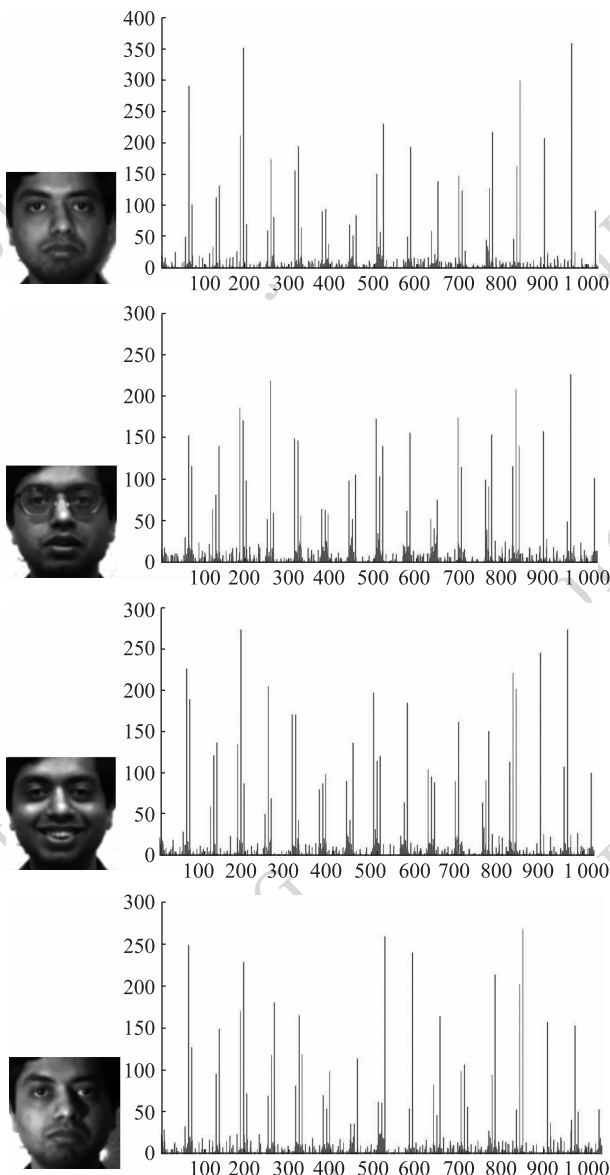


图 3 W-LBP 算法得到的纹理特征统计直方图

Fig. 3 Texture feature histogram of W-LBP

960~1 023 是第 16 个子块对应的灰度区间。图 3 中的纵坐标表示每个图像子块中每个灰度级对应的像素数。

图 4 为利用 W-LBP 算法得到的纹理特征。

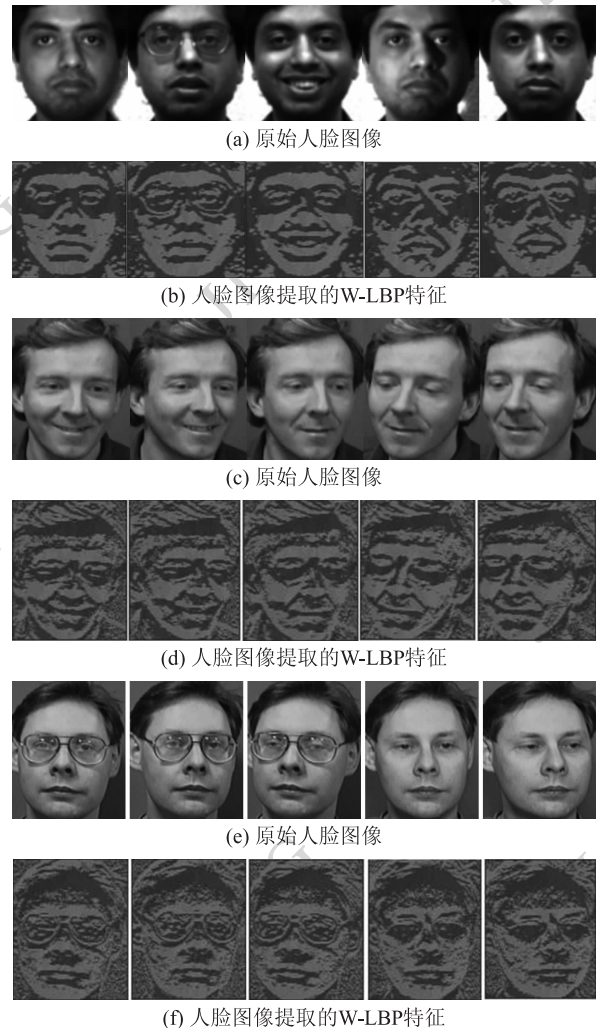


图 4 W-LBP 算法提取特征效果

Fig. 4 Feature extraction of faces with W-LBP

2.5 快速算法

计算 W-LBP 特征时,自适应阈值选为中心像素点邻域内所有像素点平均值的 m 倍。每考察一个像素点,就要计算一次邻域均值。图 5 中显示了以某两个相邻像素点为中心(半径 $R=1, P=8$ 为例)的周围 8 个像素组成的邻域。上斜线填充区域代表以像素点 (i,j) 为中心的 8 像素邻域 M ,下斜线填充区域代表以点 $(i,j+1)$ 为中心的 8 像素邻域 N ,算法要求得这些区域中像素的均值作为阈值。从图 5 中可以看出,前后两个区域存在 $2/3$ 的重叠部分,如果每次单独计算相邻两个区域的均值,就要将

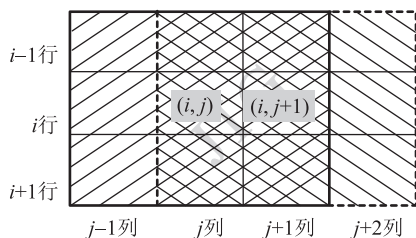


图5 水平相邻像素对应的邻域示意图

Fig. 5 Local regions of horizontally adjacent pixels

2/3 部分的像素值至少相加两次,如此重复性的计算将使得算法很耗时。因此,有必要寻找一种简单快速的方法计算每个邻域的均值,提高算法的运算效率。

本文算法中,在提取 W-LBP 特征前,事先遍历图像中的每个像素点,计算出以每个像素点为中心的邻域内所有像素的均值。而相邻像素对应的邻域之间包含大量的重叠部分(如图 5 和图 6 所示),为了加快运算速度可以采取如下措施简化计算过程。

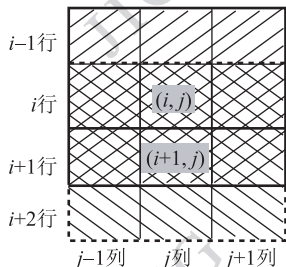


图6 竖直相邻像素邻域示意图

Fig. 6 Local regions of vertically adjacent pixels

求邻域均值前先求邻域内所有像素和,设图 5 中邻域 M 内的 9 个像素和为 SUM_M 。计算邻域 N 内的 9 个像素和时, M 和 N 重叠部分的 6 个像素和不再重复计算,则邻域 N 的像素和 SUM_N 为

$$SUM_N = SUM_M - SUM(i-1:i+1, j-1) + SUM(i-1:i+1, j+2) \quad (8)$$

式中, $SUM(i-1:i+1, j-1)$ 表示第 $j-1$ 列的 $i-1$ 、 i 和 $i+1$ 行的 3 个像素和; $SUM(i-1:i+1, j+2)$ 代表第 $j+2$ 列的 $i-1$ 、 i 和 $i+1$ 行的 3 个像素和。按照此法,计算所有水平方向相邻的两个邻域的均值时,后一个邻域的均值都可用前一个邻域的均值快速计算得到。

同理,所有竖直方向相邻的两个邻域,后一个邻域的均值可用同样的方法快速计算得到,如图 6 所示。设以像素点 (i, j) 和 $(i+1, j)$ 为中心的邻域分别

为 U 和 V , 邻域 U 的像素和为 SUM_U , 则邻域 V 的像素和 SUM_V 为

$$SUM_V = SUM_U - SUM(i-1, j-1:j+1) + SUM(i+2, j-1:j+1) \quad (9)$$

式中, $SUM(i-1, j-1:j+1)$ 和 $SUM(i+2, j-1:j+1)$ 分别表示第 $i-1$ 行及第 $i+2$ 行的 $j-1$ 和 $j+1$ 列的 3 个像素和。

按照上述方法,遍历整幅图像中的所有像素点,可以快速求出所有像素点邻域的均值,为后续提取 W-LBP 纹理特征做好准备。本文使用不加速 W-LBP 及加速 W-LBP 算法针对 ORL 人脸库和 YALE 人脸库中大小分别为 112×92 (400 幅) 和 100×100 (187 幅) 的人脸图像进行了特征提取的时间测试,提取单张图像的纹理特征所耗费的平均时间如表 1 所示。

表 1 两种算法提取人脸图像特征的时间

Table 1 Time spent of two algorithms of feature extraction

识别算法	人脸库	
	ORL	YALE
不加速 W-LBP	0.134 1	0.133 8
加速 W-LBP	0.057 0	0.054 8

3 实验与分析

3.1 自适应阈值 T 的选取

在本文提出的 W-LBP 特征提取过程中,自适应阈值的选取方法(见 2.3 节)为

$$T = m \times Aver \quad (10)$$

式中, $Aver$ 为中心像素邻域内所有像素点的均值, m 的最终取值通过一系列对比实验得到。本文的人脸识别实验都是在 ORL 人脸库和 YALE 人脸库中进行的。

ORL 人脸库包含 40 个人,每个人有 10 幅人脸图像,共 400 幅,其中包括姿态、表情和面部饰物(如眼镜)等变化。每幅图像均为 112×92 的灰度图像,图 7 即为 ORL 人脸库部分图像。YALE 人脸库包括了 17 个人共 187 幅图像,每个人有 11 幅图像,其中的姿态和光照变化都是在严格控制的条件下采集的,每幅图像均为 100×100 ,图 8 为 YALE 人脸库的部分图像。



图 7 ORL 人脸库示例

Fig. 7 Example of ORL face database

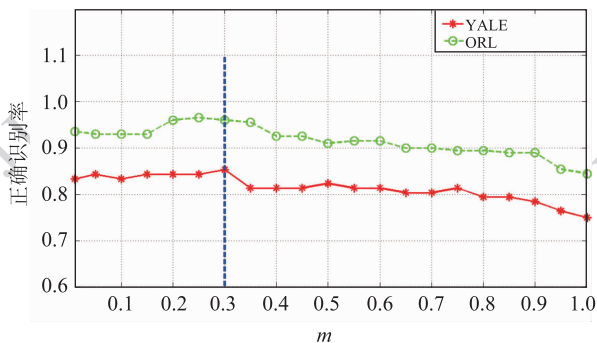


图 8 YALE 人脸库示例

Fig. 8 Example of YALE face database

本文结合最近邻分类器进行人脸识别实验,在 ORL 人脸库中,对于每个人的 10 幅图像随机取 5 幅作为训练样本,剩下的 5 幅作为测试样本,则训练样本数和测试样本数各为 200。在 YALE 人脸库中,随机取每个人的 5 幅图像作为训练样本,剩下的 6 幅图像作为测试样本,训练样本数和测试样本数分别为 85 和 102。

为了决定阈值 T 中 m 的取值,本文利用 W-LBP 特征进行了一系列的对比实验,即考察将 m 取为 $0.1 \sim 1$ (步长为 0.1) 中的每个值时,算法分别在 YALE 和 ORL 人脸库中对应的正确识别率的变化情况。从图 9 中可以看出,当 m 的值超过 0.35 时,两条曲线均呈现整体下降趋势,即算法的识别率明显下降。当 m 的值为 0.3 时,可以同时使得两条曲线取得或者接近最大值,因此本文的自适应阈值 T 选为邻域均值的 30%。

图 9 W-LBP 特征对应的识别率随 m 值变化的曲线图Fig. 9 Changing curve of recognition rate of W-LBP corresponding different m

3.2 人脸识别实验

为了检验算法的有效性,将 LBP、LTP、CS-LBP

及本文算法分别在 ORL 人脸库和 YALE 人脸库上进行识别实验。每个人脸库分别进行 3 次识别实验,取 3 次实验中正确识别率的均值作比较,如表 2 所示。

表 2 各算法人脸正确识别率比较

Table 2 Comparison of recognition rate of different algorithms

识别算法	人脸库	
	YALE	ORL
LBP(分块)	0.735 3	0.858 3
LBP(分块 + 自适应加权)	0.794 1	0.875 0
LTP(分块)	0.800 9	0.918 3
LTP(分块 + 自适应加权)	0.810 2	0.916 7
CS-LBP(分块)	0.741 8	0.946 7
CS-LBP(分块 + 自适应加权)	0.784 3	0.943 3
W-LBP(分块)	0.828 4	0.955 0
W-LBP(分块 + 自适应加权)	0.852 9	0.965 0

实验中各算法均采用了分块做法,即先将图像分成 $4 \times 4 = 16$ 个子块,然后提取各子块的相应特征,之后再将每个子特征串连生成最终的纹理特征。

为了测试本文采用的“自适应加权”策略的性能,将 LBP、LTP、CS-LBP 及本文的 W-LBP 4 种特征均分为简单“分块”和分块后采用“自适应加权”两种情况进行比较。

通过分析表 3 的 8 种算法的识别率,可以得到如下结论:

1) 对于“自适应加权”策略,除了加权后的 LTP 与 CS-LBP 在 ORL 人脸库中的识别率没有比加权前的识别率提高以外,其他的对比结果都表明:采用分块并利用子图像信息熵进行自适应加权的方法是有效的,经过加权处理后的算法,多数情况下正确识别率会有所提高。

2) 在两大人脸库中进行识别时,利用 W-LBP 纹理特征均可以得到最高的正确识别率,而利用 LBP 特征的正确识别率均为最低。这是因为 LBP 在计算每个特征值时依赖于局部邻域的中心像素,受中心像素的影响较大,并且刻画纹理时过于细致,使得算法不稳定。

3) LTP 是在 LBP 基础上扩展后的局部三值模式,能够提取得到比 LBP 种类更多的纹理模式,但

不能克服 LBP 的缺陷。

4) CS-LBP 考察了局部邻域内基于中心对称的 4 对像素灰度值的差异,因而抗干扰性能有所提升,得到了比 LBP 更高的正确识别率。

5) 对于 LTP 和 CS-LBP 来说,很难分清哪种特征效果更好。在 YALE 人脸库中,LTP 效果优于 CS-LBP。而在 ORL 人脸库中,LTP 不及 CS-LBP。

6) 本文提出的 W-LBP 特征,研究了每个邻域内 6 对像素的灰度值差异。一方面抗干扰性能优于其他特征,另一方面能够得到比 CS-LBP 和 LTP 更多的像素间的差异信息,从而提取到更丰富的纹理特征,因此得到了最高的正确识别率。

4 结 论

本文在 LBP 算法的基础上,提出了一种新的自适应加权局部二值模式纹理特征的提取算法。该算法首先将图像进行分块,然后利用新算法抽取每个子块的局部二值模式特征,形成统计直方图,接着利用各个子块的信息熵将每个子块对应的直方图进行加权,再将所有加权后的直方图特征向量串连成最终的特征。在提取每个子块的纹理特征时,结合自适应设定的阈值考察局部邻域内 3 对水平方向及 3 对竖直方向像素差值的大小,得到了局部图像中更加丰富的纹理特征。在两大人脸数据库上进行的实验表明,W-LBP 算法能够得到更高的正确识别率。本文提出的 W-LBP 算法,对于其他领域的目标识别也具有一定的参考价值。

参考文献 (References)

- [1] Zhang J Y. Study on the detecting and matching technique of local invariant feature and its applications[D]. Nanjing: University of Science & Technology, 2010. [张洁玉. 图像局部不变特征提取与匹配及应用研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2010.]
- [2] Tuceryan M, Jain A K. Texture Analysis, Handbook Pattern Recognition and Computer Vision[M]. Singapore: World Scientific, 1993, 235-276.
- [3] Liu X D, Li L L. Texture image segmentation based on gray-level co-occurrence matrix and multiscale MRF[J]. Microcomputer & Its Applications, 2013, 32(13): 46-48. [刘小丹, 李陆陆. 基于灰度共生矩阵和多尺度 MRF 的纹理图像分割[J]. 微型机与应用, 2013, 32(13): 46-48.]
- [4] Ding S H. Texture description using fractal analysis[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2011. [丁守鸿. 基于分形分析的纹理特征提取[D]. 大连: 大连理工大学, 2011.]
- [5] Zhang G, Ma Z M. An approach of using Gabor wavelets for texture feature extraction[J]. Journal of Image and Graphics, 2010, 15(2): 247-254. [张刚, 马宗民. 一种采用 Gabor 小波的纹理特征提取方法[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(2): 247-254.] [DOI:10.11834/jig.20100210]
- [6] Cheng J, Li L, Luo B, et al. High-resolution remote sensing image segmentation based on improved RIU-LBP and SRM[J]. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2013, 2013(1): 1-12.
- [7] Chen T Y, Zhang D, Yang Yan, et al. LBP texture features extraction in ultrasound images[J]. Journal of Wuhan University: Natural Science Edition, 2012, 58(5): 401-405. [陈廷寅, 张东, 杨艳, 等. 超声图像的 LBP 纹理特征提取[J]. 武汉大学学报: 理学版, 2012, 58(5): 401-405.]
- [8] Lee K, Lee C. Content-based image retrieval using LBP and HSV color histogram[J]. Journal of Broadcast Engineering, 2013, 18(3): 372-379.
- [9] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on feature distributions[J]. Pattern Recognition, 1999, 29: 51-59.
- [10] Heng C K, Yokomitsu S, Matsumoto Y, et al. Shrink boost for selecting multi-lbp histogram features in object detection[C]//IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Providence RI, USA: IEEE 2012: 3250-3257.
- [11] Yogesh R. Tayade, Bansode SM. An efficient face recognition and retrieval using LBP and SIFT[J]. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 2013, 2(4): 1769-1773.
- [12] Zhu Q, Wang Y, Li C. Visible light texture image classification using gabor and LBP feature[J]. Journal of Computational Information Systems, 2013, 9(21): 8415-8422.
- [13] Zou B, Pan Z B, Hu S. Image retrieval method based on local projection and block LBP feature[J]. Journal of Image and Graphics, 2012, 17(6): 671-677. [邹彬, 潘志斌, 胡森. 基于局部投影与块 LBP 特征的图像检索[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(6): 671-677.] [DOI: 10.11834/jig.20120609]
- [14] Zhang Y, Wu Y, Liu Q. An image automatic matching method based on FAST corner and LBP descriptor[J]. Journal of Information & Computational Science, 2013(10): 2703-2710.
- [15] Guo Z H, Zhang L, Zhang D, et al. Rotation invariant texture classification using adaptive LBP with directional statistical features[C]//Proceedings of the 17th IEEE International Conference on Image Processing. Hong Kong, China: IEEE, 2010: 285-288.
- [16] Guo Z H, Zhang L, Zhang D. Rotation invariant texture classification using LBP variance (LBPV) with global matching[J]. Pattern Recognition, 2010, 43(3): 706-719.
- [17] Tan X, Triggs B. Enhanced local texture feature sets for face rec-

- ognition under difficult lighting conditions [M]//Analysis and Modeling of Faces and Gestures. Berlin Heidelberg: Springer 2007:168-182.
- [18] Zhu Q D, Liu X, Cai C T. Image local invariant feature description with high robustness and uniqueness[J]. Systems Engineering and Electronics, 2013, 35(9): 1983-1988. [朱齐丹, 刘学, 蔡成涛. 高鲁棒性和独特性的图像局部不变特征描述[J]. 系统工程与电子技术, 2013, 35(9): 1983-1988.]
- [19] Liu W F, Li S J, Wang Y J. Facial expression analysis using LBP features [J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(2): 149-152. [刘伟锋, 李树娟, 王延江. 人脸表情的LBP特征分析[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(2): 149-152.]
- [20] Jiang R, Xu J L, Zhang A P. Facial expression recognition based on improve LBP[J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2013, 30(4): 546-549. [姜锐, 许建龙, 张爱朋. 基于改进LBP的人脸表情识别[J]. 浙江理工大学学报, 2013, 30(4): 546-549.]
- [21] Heikkilä M, Pietikainen M, Schmid C. Description of interest regions with local binary patterns [J]. Pattern Recognition, 2009, 42(3): 425-436.
- [22] Li H L, Guo L H, Li X M, et al. Iris recognition based on SCCS-LBP [J]. Optics and Precision Engineering, 2013, 21(8): 2129-2136. [李欢利, 郭立红, 李小明, 等. 基于统计特征中心对称局部二值模式的虹膜识别[J]. 光学精密工程, 2013, 21(8): 2129-2136.]
- [23] Liu D, Hu Y J, Liu B B. Copy-paste forgery detection using SIFT key-points and CS-LBP descriptor [J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science, 2012, 35(3): 325-330. [刘丹, 胡永健, 刘琲贝. 联合SIFT特征点和CS-LBP特征描述子的复制粘贴篡改检测[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2012, 35(3): 325-330.]
- [24] Liu Y, Huang B, Sun H J, et al. Fast image segmentation algorithm combining CS-LBP texture features [J]. Computer Science, 2013, 40(5): 300-302. [刘毅, 黄兵, 孙怀江, 等. 结合CS-LBP纹理特征的快速图割算法[J]. 计算机科学, 2013, 40(5): 300-302.]