



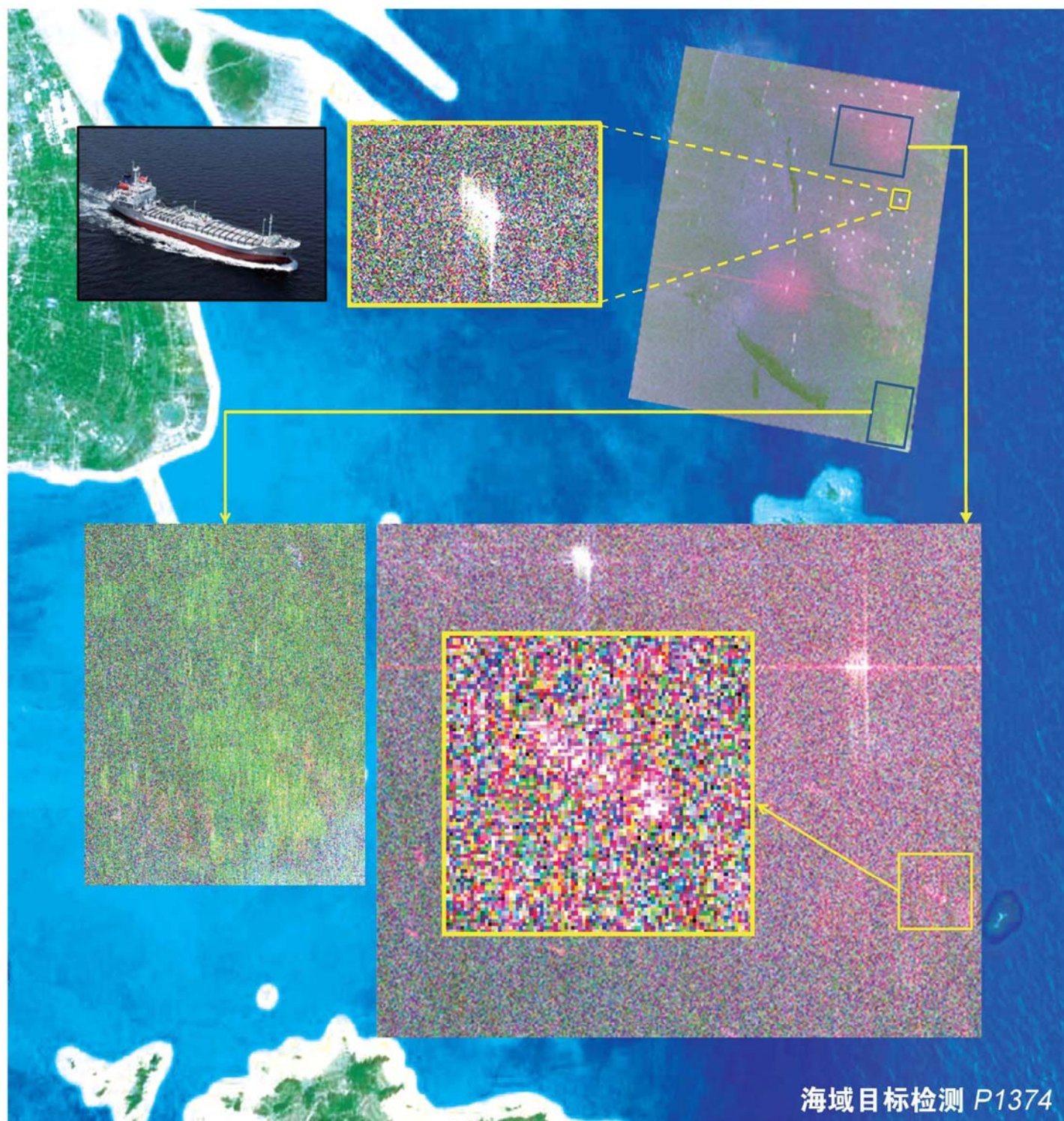
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

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

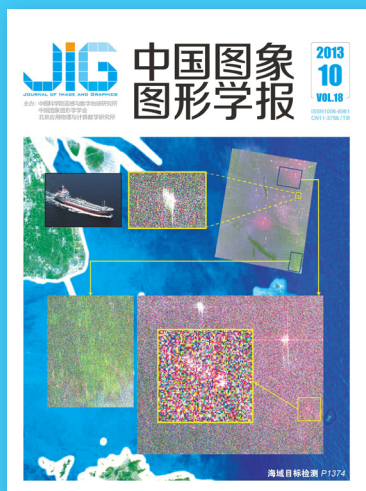
中国图象图形学报

2013
10
VOL.18

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



海域目标检测 P1374



第18卷第10期（总第210期）

2013年10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

2013 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 010-82614429

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 010-82614429

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

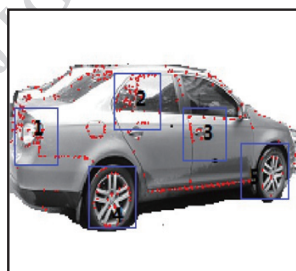
国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

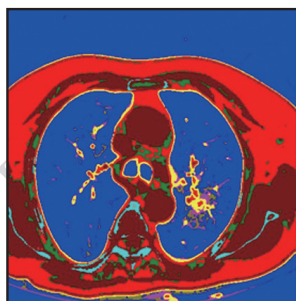
国内定价 50.00元



结合几何划分技术和最大期望值/最大边缘概率算法的彩色图像分割(第1270页)



联合生成与判别模型的目标检测与跟踪(第1293页)



聚类核值相似区特征点的医学影像分类(第1322页)

综述

手掌静脉图像识别技术综述

吴微, 苑玮琦 1215

视频检测烟雾的研究现状

罗胜, Jiang Yuzheng 1225

图像处理和编码

自适应分数阶微分的复合双边滤波算法

胡伏原, 姒绍辉, 张艳宁, 孙瑾秋 1237

曲波域高斯混合尺度模型的图像压缩重构

纪建, 李晓, 许双星 1247

结合图像信号显著性的自适应分块压缩采样

王瑞, 余宗鑫, 杜林峰, 万旺根 1255

四阶各向异性扩散方程在图像放大中的应用

李鹏, 邹杨, 姚正安 1261

图像分析和识别

结合几何划分技术和最大期望值/最大边缘概率算法的彩色图像分割

赵泉华, 李玉, 何晓军 1270

自适应加权完全局部二值模式的表情识别

胡敏, 许艳侠, 王晓华, 黄忠, 朱弘 1279

面向局部光照突变的时间和空间中心对称局部二值模式算子

卞紫涵, 房胜, 徐田帅 1285

联合生成与判别模型的目标检测与跟踪

刘倩, 侯建华, 牟海军, 赵巍, 笪邦友 1293

目标不同视角下观察信息的迁移和再利用

张索非, 吴海洋, 吴镇扬 1302

图像理解和计算机视觉

张量分析在视差图生成中的应用

赵戈, 蔺兰, 唐延东, 王耀南 1307

采用旋转匹配的二进制局部描述子

卢鸿波, 孙愿, 张志敏 1315

医学图像处理

聚类核值相似区特征点的医学影像分类

李博, 曹鹏, 栗伟, 赵大哲 1322

异常宫颈细胞核的自适应局部分割

张灵, 李静立, 陈思平, 汪天富, 江少锋, 刘少雄 1329

地理信息技术

Hilbert填充曲线与空间分布模式探测的点数据集空间划分方法

吴明光 1336

采用案例归纳推理进行道路网智能选取

郭敏, 钱海忠, 黄智深, 刘海龙, 王骁 1343

遥感图像处理

红外目标抗干扰跟踪算法

褚桐, 马惠敏 1354

MSTAR图像的矩特征分析与多阈值分割

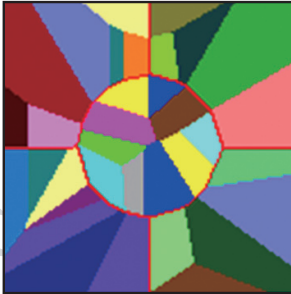
倪维平, 严卫东, 吴俊政, 郑刚, 芦颖 1364

改进Notch滤波的全极化SAR数据船舶检测方法

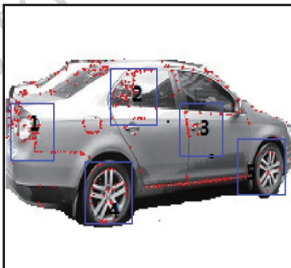
孙渊, 王超, 张红, 张波, 吴樊 1374

CONTENTS

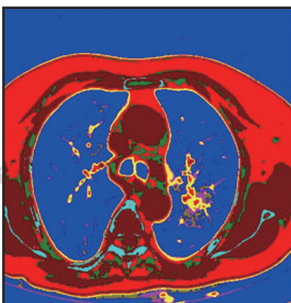
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Color image segmentation using geometry tessellation technique and EM/MPM algorithm(P1270)



Object detection and tracking combining generative and discriminative model(P1293)



Medical image classification based on cluster univalue segment assimilation nucleus feature point(P1322)

Review

- A survey of palm-vein image recognition
Wu Wei, Yuan Weiqi 1215
- State-of-art of video based smoke detection algorithms
Luo Sheng, Jiang Yuzheng 1225

Image Processing and Coding

- Multi-bilateral filtering algorithm based on adaptive fractional order differentiation
Hu Fuyuan, Si Shaohui, Zhang Yanning, Sun Jinqiu 1237
- Image reconstruction algorithm based on the curvelet gaussian scale mixture model
Ji Jian, Li Xiao, Xu Shuangxing 1247
- Saliency-based adaptive block compressive sampling for image signals
Wang Rui, Yu Zongxin, Du Linfeng, Wan Wanggen 1255
- Fourth-order anisotropic diffusion equations for image zooming
Li Peng, Zou Yang, Yao Zheng'an 1261

Image Analysis and Recognition

- Color image segmentation using geometry tessellation technique and EM/MPM algorithm
Zhao Quanhua, Li Yu, He Xiaojun 1270
- Facial expression recognition based on AWCLBP
Hu Min, Xu Yanxia, Wang Xiaohua, Huang Zhong, Zhu Hong 1279
- TSCS-LBP operator oriented to the local illumination mutation
Bian Zihan, Fang Sheng, Xu Tianshuai 1285
- Object detection and tracking combining generative and discriminative model
Liu Qian, Hou Jianhua, Mou Haijun, Zhao Wei, Da Bangyou 1293
- Transfer and reusing of object view information
Zhang Suofei, Wu Haiyang, Wu Zhenyang 1302

Image Understanding and Computer Vision

- Disparity map generation with tensor analysis
Zhao Ge, Lin Lan, Tang Yandong, Wang Yaonan 1307
- Binary local descriptor based on rotative matching
Lu Hongbo, Sun Yuan, Zhang Zhimin 1315

Medical Image Processing

- Medical image classification based on cluster univalue segment assimilation nucleus feature points
Li Bo, Cao Peng, Li Wei, Zhao Dazhe 1322
- Segmentation of abnormal cervical nuclei using an adaptive and local approach
Zhang Ling, Li Jingli, Chen Siping, Wang Tianfu, Jiang Shaofeng, Liu Shaoxiong 1329

Geoinformatics

- Hilbert space-filling curve and spatial pattern detection-based spatial partitioning approach to point geospatial data
Wu Mingguang 1336
- Intelligent road network selection method based on cases inductive reasoning
Guo Min, Qian Haizhong, Huang Zhishen, Liu Hailong, Wang Xiao 1343

Remote Sensing Image Processing

- Study of infrared anti-jamming tracking algorithm
Chu Tong, Ma Huimin 1354
- Moment feature analysis of MSTAR image and multiple thresholds based segmentation
Ni Weiping, Yan Weidong, Wu Junzheng, Zheng Gang, Lu Ying 1364
- Polarimetric SAR ship detection using improved notch filter
Sun Yuan, Wang Chao, Zhang hong, Zhang bo, Wu Fan 1374

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)10-1279-06

论文引用格式: 胡敏, 许艳侠, 王晓华, 黄忠, 朱弘. 自适应加权完全局部二值模式的表情识别[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(10): 1279-1284. [DOI: 10.11834/jig.20131008]

自适应加权完全局部二值模式的表情识别

胡敏, 许艳侠, 王晓华, 黄忠, 朱弘

合肥工业大学计算机与信息学院, 情感计算与先进智能机器安徽省重点实验室, 合肥 230009

摘要: 为了有效地提取局部特征和全局特征以提高表情识别的性能, 提出自适应加权完全局部二值模式(AW-CLBP)的人脸表情识别算法。首先对人脸表情图像进行预处理分离出表情子区域, 与此同时生成表情子区域的贡献度图谱(CM); 然后对表情子区域和整幅表情图像进行完全局部二值模式变换提取3种特征(差值符号特征CLBP_S、差值幅值特征CLBP_M、中心像素特征CLBP_C)并连接3种特征生成级联直方图, 并根据CM对表情子区域的级联直方图进行加权与整张图像的直方图进行融合; 最后用卡方距离和最近邻方法进行分类识别。该算法在JAFPE库上进行了实验并和LBP、Gabor小波、活动外观模型进行了比较, 验证了该算法的有效性。

关键词: 表情识别; 完全局部二值模式; 自适应加权; 卡方距离; 最近邻方法

Facial expression recognition based on AWCLBP

Hu Min, Xu Yanxia, Wang Xiaohua, Huang Zhong, Zhu Hong

School of Computer and Information of Hefei University of Technology, Anhui Province Key Laboratory
of Affective Computing and Advanced Intelligent Machine, Hefei 230009, China

Abstract: In order to improve the performance of facial expression recognition by extracting the effective local features and global features, an algorithm for facial expression recognition based on adaptively weighted compound local binary pattern (AWCLBP) is proposed. First, the facial expression sub-regions are isolated by a preprocessing step. Then, the contribution maps (CM) of facial expression sub-regions are computed; Second, a compound local binary pattern (CLBP) extracts expression sub-regions and the global facial expression image and then cascade histograms are generated by connecting the histograms of the three features of the image and the one expression sub-regions that is weighted according to the CMs. Finally, the weighted cascade histograms are classified and recognized by using the chi-square distance and the nearest neighbor method. Experiment results on the facial expression database of JAFPE show that the proposed algorithm can be applied to achieve a higher recognition rate than other algorithms, such as, LBP, Gabor wavelet and the active appearance model.

Key words: facial expression recognition; compound local binary pattern; adaptively weighted; Chi-square; nearest neighbor method

收稿日期: 2013-01-15; 修回日期: 2013-04-02

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)基金项目(2012AA011103); 国家自然科学基金-广东联合基金重点项目(U1135003); 安徽省科技计划基金项目(1206c0805039)

第一作者简介: 胡敏(1967—), 女, 教授, 硕士生导师, 2004年于合肥工业大学获计算机应用技术专业博士学位, 主要研究方向为图形图像处理、计算机视觉等, 先后主持和参与省部级以上项目10多项, 发表论文40多篇。E-mail: uhnim@163.com

0 引言

随着人机交互的发展,人脸表情识别^[1-4]逐渐成为模式识别领域的一个热点,经过多年的发展,人脸表情识别也已经取得了一定的成果。人脸表情识别与模式识别一样,主要分为3个步骤:第1步目标检测与图像预处理,第2步特征提取,第3步分类识别。模式识别中最重要的一步是特征提取,对于表情识别亦然。目前,基于 Gabor 小波^[5-6]、基于活动外观模型(AAM)^[7-8]、尺度不变特征变换(SIFT)^[9-10]、流行^[11-12]和基于局部二值模式(LBP)^[13-15]的特征提取算法是表情识别中常见的特征提取算法。Gabor 小波方法提取的是多尺度多方向的信息,提取特征的过程耗时耗内存,不易于建立高效的人机交互系统;AAM 提取的特征比较可靠且有较高的识别率,但是计算复杂,初始参数难以确定;SIFT 是一种很好的局部特征,对平移和旋转具有较好的鲁棒性,而且提取的特征具有丰富的信息量,但 SIFT 算法却存在 1) 计算复杂度较高, 2) 存在不稳定的极值点, 3) 利用极值点描述生成的特征维数较高;流行特征提取算法不仅计算简单而且可解决图像空间的高维问题,但该算法存在本征维数及邻域等参数的确定问题,目前这些参数的确定方法都是实验型的;基于 LBP 的算法计算简单,具有灰度不变性和旋转不变性等优势,并且对光照有一定的抑制作用,但是 LBP 算法对噪声敏感,只考虑中心像素与邻域像素的差值符号特征,没有考虑差值幅度,丢失一部分信息。为此,Guo 等人提出了完全局部二值模式(CLBP)^[16],CLBP 提取的特征比较全面且具有较强的鉴别能力。在表情识别中,局部特征很重要,全局特征也有一定的作用。但是 CLBP 提取的是局部特征。

针对 CLBP 算法所表现的优势和存在的不足,提出自适应加权完全局部二值模式(AWCLBP)的人脸表情识别算法,首先,对人脸表情图像进行预处理;然后,对处理后的整幅图像和表情子区域进行 CLBP 变换产生 3 种特征(CLBP_S、CLBP_M、CLBP_C),同时生成表情子区域的贡献度图谱(CM),级联图像和加权融合后的表情子区域 3 种特征的直方图;最后,对融合进行分类识别。自适应加权 CLBP 能较好地融合全局和局部特征,不仅考虑了中心像素与周围像素的大小关系,还考虑了中心像素和周

围像素对比度和中心像素的作用。能较好地描述粗细纹理,而且计算速度较快。

1 自适应加权贡献图谱

根据 Shannon 的定理,一个离散随机变量 $X(x_1, x_2, \dots, x_i)$ 发生的概率为 $p(x_1), p(x_2), p(x_3), \dots, p(x_i)$ 则它们的信息熵 $H(x)$ 可以描述为

$$H(x) = - \sum_{i=1}^I p(x_i) \log\left(\frac{1}{p(x_i)}\right) = - \sum_{i=1}^I p(x_i) \log(p(x_i)) \quad (1)$$

对于一幅数字图像 $f(x, y)$ 的信息熵可以描述为

$$H[f(x, y)] = - \sum_{i=1}^I p_i \log(p_i) \quad (2)$$

式中, p_i 表示图像中第 i 个灰度级出现的概率, I 表示图像总的灰度级。

对于一幅人脸表情图像,局部信息熵表述了局部子区域所包含的信息量,同时也表述了局部子区域细节纹理的丰富程度,局部子区域纹理对表情识别局部特征的描述起着重要的作用,所以本文用局部子区域的信息熵来表述每个子区域对表情识别特征的贡献程度。Loris^[17]提出了局部信息熵的改进方法,通过一个可变滑动窗口求取窗口中心点的信息熵。在表情图像中,每一个像素的熵定义为

$$E(i, j) = H(F(i, j)_{w_s}) \quad (3)$$

式中, w_s 表示滑动窗口的大小, $H(\cdot)$ 表示熵函数, $F(i, j)_{w_s}$ 表示以 (i, j) 为中心的可变滑动窗口内的子区域, $E \in [0, 1]$ 。 $F(i, j)_{w_s}$ 可以表示为

$$F(i, j)_{w_s} = \left\{ f(x, y) \mid x \in \left[i - \frac{w_s}{2}, i + \frac{w_s}{2} - 1 \right], y \in \left[j - \frac{w_s}{2}, j + \frac{w_s}{2} - 1 \right] \right\} \quad (4)$$

由于局部信息熵中每个像素的熵由它周围像素的分布得出,每个表情子区域的贡献度图谱可以由表情子区域的平均熵谱来表示,因此,每个表情子区域的贡献度图谱 C 表示为

$$C = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1, y=1}^{M, N} E(x, y) \quad (5)$$

式中, $E(x, y)$ 表示 (x, y) 位置处的熵。

图1给出了由不同大小的滑动窗口生成的贡献度图谱。

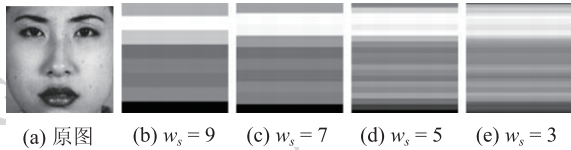


图 1 不同滑动窗口贡献度图谱

Fig. 1 Contribution maps of different sliding window

2 CLBP

局部二元模式(LBP)是一种有效的描述局部区域纹理变化的算子,可以对灰度图像中局部区域内的纹理信息进行度量和提取,目前,LBP已经广泛应用于纹理分类、图像检索、人脸识别等领域。LBP纹理描述方法:首先,对于一幅图像,选择图像中的某一个像素点(假设灰度值为 g_c)为中心,以 3×3 为区域,周围的8个像素点为 $g_i, i=0,1,\dots,7$,以中心像素的灰度值作为阈值对周围的像素进行二值化处理。该区域的纹理描述 T 表示为

$$T \approx t(u(g_0 - g_c), u(g_1 - g_c), \dots, u(g_7 - g_c)) \quad (6)$$

$$u(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases} \quad (7)$$

然后按顺时针方向读出一个8位的二进制数,通过给8位二进制数每位的符号函数 $u(x)$ 赋予一个权值 2^p ,那么描述局部图像纹理的空间结构特性的LBP码值可以表示为

$$\text{LBP} = \sum_{p=0}^7 u(g_p - g_c) 2^p \quad (8)$$

LBP算子的形成过程如图2所示。

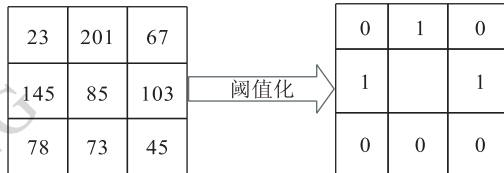


图 2 LBP 算子的形成过程

Fig. 2 The process of LBP operator

用LBP算子扫描整张图像后,得到整张图像的LBP纹理图像如图3所示。

LBP存在一定的局限性:1)对噪声比较敏感,2)LBP只考虑中心像素与邻域像素的差值符号特征,没有考虑差值幅度,丢失一部分信息。为了解决上述的问题,文献[14]提出了完全局部二值模式CLBP,CLBP不仅继承了传统LBP的优点,提取差



(a) 原图

(b) LBP纹理图

图 3 原图和 LBP 纹理图

Fig. 3 Original image and texture image of LBP

值符号特征(CLBP_S),同时也提取了差值幅度特征(CLBP_M),中心像素灰度特征(CLBP_C)。CLBP特征提取过程如图4所示。

23	56	10
78	50	35
99	15	78

(a) 3×3 邻域

-27	6	-40
28		-15
49	-35	28

(b) 差值后的 3×3 邻域

-1	1	-1
1		-1
1	-1	1

(a) 差值符号的 3×3 邻域

27	6	40
28		15
49	35	28

(d) 差值的绝对值 3×3 邻域

图 4 CLBP 提取特征的过程

Fig. 4 The process of CLBP operator

完全局部二值模式由CLBP_S、CLBP_M和CLBP_C3部分组成。CLBP_S就是传统的LBP得到的差值符号特征,对于图4,CLBP_S = $(01001011)_2 = (75)_{10}$,差值幅度特征CLBP_M由图4(d)表的数值与所有像素的图4(d)表中的全局平均值 m_p 作差,结果为负取“0”,结果为正取“1”。对于图4,假设一张图像的 $m_p = 30$,CLBP_M = $(00100110)_2 = (38)_{10}$;中心像素灰度特征CLBP_C,首先计算中心像素的平均灰度值,记为 c_p ,用 c_p 二值化中心像素即可得到CLBP_C。

3 AWCLBP 人脸表情识别

3.1 AWCLBP 人脸表情识别算法流程

AWCLBP人脸表情识别算法流程如图5所示。具体处理步骤如下:

1) 预处理 对人脸表情图像进行预处理,再将

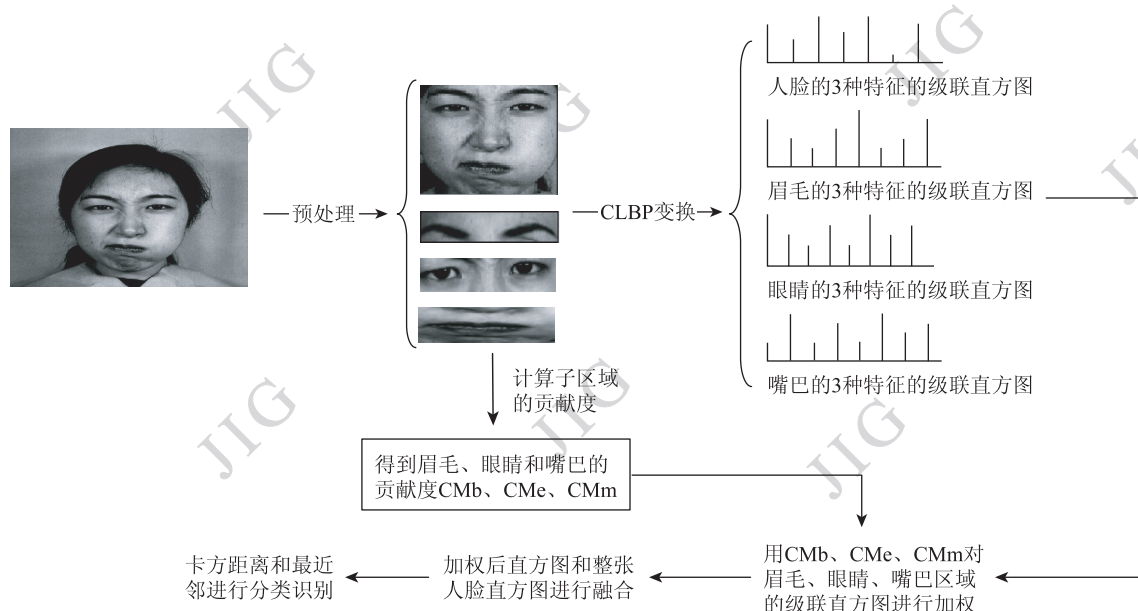


图5 AWCLBP 人脸表情识别算法流程

Fig. 5 The process chat of the facial expression recognition based on AWCLBP

预处理之后的图像进行尺寸归一化,统一大小为 96×96 像素,在预处理的过程中裁剪出表情子区域(眉毛、眼睛、嘴巴)。预处理后图像如图6所示。

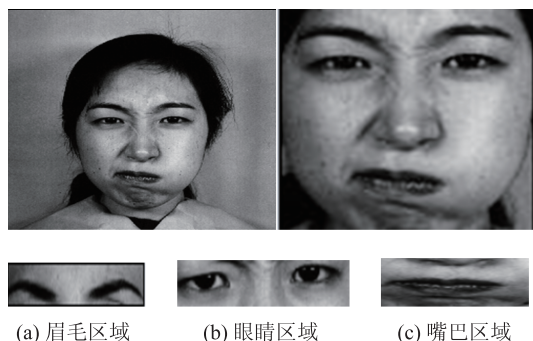


图6 预处理示意图

Fig. 6 Sketch map of the pre process

2) 特征提取 根据第2节所述,计算表情子区域(眉毛、眼睛、嘴巴)的权值 CM_b 、 CM_c 和 CM_m ,同时对预处理后的图像和表情子区域进行 CLBP 变换,得到它们 CLBP_S、CLBP_M 和 CLBP_C 3 种特征,并建立 3 种特征的融合直方图。目前常用的融合方式有:(1) CLBP_C 和 CLBP_S 按照顺序串联组成 CLBP_C/S,再与 CLBP_M 进行并联组成 2 维的 CLBP_M_C/S 的直方图;(2) CLBP_C 和 CLBP_M 按照顺序串联组成 CLBP_C/M,再与 CLBP_S 进行并联组成 2 维的 CLBP_S_C/M 的直方图;(3) CLBP_

S、CLBP_M 和 CLBP_C 进行并联组成 3 维 CLBP_S/M/C 直方图。本文选择了第(3)种融合方式,第(3)种属于并行的融合方式,并行融合方式可以减少直方图之间的相互影响且减少时间消耗。把整幅图像的级联直方图和表情子区域的级联直方图进行加权(眉毛区域的级联直方图用 CM_b 进行加权、眼睛区域的级联直方图用 CM_c 进行加权、嘴巴区域的直方图 CM_m 进行加权)融合作为分类器的输入。

3) 分类识别 计算测试样本的融合直方图和每个训练样本的融合直方图的卡方距离,用最近邻方法进行分类。卡方距离定义为

$$D(T, S) = \sum_{i=1}^N \frac{T_i - S_i^2}{T_i + S_i} \quad (9)$$

式中, T 是测试样本的 3 维联合直方图, S 是训练样本的 3 维联合直方图, N 是直方图值的个数, T_i 是测试样本直方图取 i 的个数, S_i 是训练样本直方图取 i 的个数。

3.2 实验及其分析

3.2.1 本文算法的实验结果及分析

利用本文算法在 JAFFE 表情库上做了 10 次循环实验,每次实验从 JAFFE 库中随机选择每种表情 10 幅图像,即每次选取 70 幅图像作为训练样本;同理每种表情 10 幅图像,即 70 幅图像作为测试样本。实验结果如表 1 所示。

表 1 实验结果
Table 1 The results of the experiment

次数	表情识别率/%							
	生气	厌恶	恐惧	高兴	中性	悲伤	惊讶	平均
1	90	90	100	100	90	100	100	95.7
2	100	90	90	100	100	90	100	95.7
3	100	90	100	100	90	90	100	95.7
4	90	90	100	90	100	90	100	94.29
5	100	90	90	100	100	90	100	95.7
6	90	100	90	100	90	90	100	94.29
7	100	90	100	90	100	90	100	95.7
8	100	90	90	100	90	90	100	94.29
9	90	90	90	90	100	90	100	92.86
10	100	90	90	100	100	90	100	95.7
平均识别率/%	96	91	94	97	96	91	100	95.0

由表 1 中可以看出,有个别误识别的情况,特别是悲伤和厌恶误识别情况比较多,对误识别进行了分析,主要原因在于:1)有些表情的五官变化比较相似(例如,厌恶和生气的表情在嘴部、眼睛和鼻子上的细节变换非常相似),2)部分图像的脸部有稍微的姿态变化,3)有些表情的五官变化不大,属于微表情(例如悲伤表情)。

3.2.2 不同算法的比较

在 JAFFE 表情库上进行了本文算法与 LBP、LDP、Gabor 小波和 AAM 方法的比较,主要比较这些算法的平均识别率和平均识别时间。实验过程是随机从库中选取每种表情 15 幅图像,总共 105 幅图像作为训练样本,同样选取每种表情 15 幅图像,总共 105 幅图像作为测试样本。实验结果是在相同环境下和相同实验数目下得到的,识别结果如表 2 所示。

由表 2 数据可以看出,本文算法与 Gabor、AAM 相比,在识别率上有所提高的同时,识别时间大幅度减少,这是因为采用 CLBP 变换提取的特征维数比较低,与传统的 LBP 相比,本文算法在时间上有些增加,但是识别率却提高了不少,这是因为本文算法要计算每个表情子区域的贡献度和 CLBP_S、CLBP_M、CLBP_C 3 种特征的直方图以及人脸区域的 CLBP_S、CLBP_M、CLBP_C 3 种特征的直方图,最后还要把人脸的直方图和表情子区域加权的直方图进行融合所致。

表 2 不同算法识别率、时间的比较
Table 2 Comparison of recognition rates and times of different algorithm

算法	平均识别率/%	识别时间/ms
LBP	87.62	25.6
LBP + LPP	90.48	37.3
LDP	92.38	103.8
LDPV	93.33	145.6
Gabor 小波	91.43	2 400
Local Gabor 小波	92.38	2 000
AAM	93.33	9 500
本文算法	95.0	78.8

4 结 论

自适应加权完全局部二值模式的表情人脸识别算法,与目前的主要算法相比,不管在识别率上还是识别时间上都有一定的优越性:

1)通过对表情子区域进行自适应加权,融合了局部特征和全局特征,提高了表情识别的性能;

2)完全局部二值模式不仅提取了差值符号特征 CLBP_S,还提取了差值幅度特征 CLBP_M 和中心像素灰度特征 CLBP_C,不仅考虑了中心像素与周围像素的相互关系,还考虑了中心像素的作用;

3) 本文算法在提高识别率的同时, 进一步缩短了识别时间。Gabor 通常提取多尺度和多方向的表情特征, 使其在获取更多特征的同时陷入“维数灾难”中, 这样无论从后续处理还是前期特征提取都会耗费大量时间和内存; AAM 虽然识别率较高, 但是参数难以确定, 交互性和实时性差。因此, 与 Gabor 和 AAM 相比, 本文算法有较好的实时性。

本文算法是基于单幅静态图像和正面人脸的表情识别, 主要考虑图像的空间域信息, 计算量不大, 具有较高的识别率和较快的识别速度。然而, 表情是一个动态过程, 如何有效地利用动态信息提高姿态变化大、视频序列中表情的识别率是下一步所要研究的工作。

参考文献 (References)

- [1] Yang S, Bhanu B. Facial expression recognition using emotion avatar image [C]//Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition and Workshops. Santa Barbara: IEEE Computer Society Press, 2011: 866-871.
- [2] Hu B F, Huang Y C, Chen B X. A novel facial expression recognition method based on semantic knowledge of analytical hierarchy process [J]. Journal of Image and Graphics, 2011, 16(3): 420-426. [胡步发, 黄银成, 陈炳兴. 基于层次分析法语义知识的人脸表情识别新方法 [J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(3): 420-426.]
- [3] Valstar M F, Mehu M, Jiang B H, et al. Meta-Analysis of the first facial expression recognition challenge [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B: Cybernetics, 2012, 42(4): 966-979.
- [4] Gehrig T, Ekenel H K. Facial action unit detection using kernel partial least squares [C]//Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops. Barcelona: IEEE Computer Society Press, 2011: 2092-2099.
- [5] Zhang Z, Zhao Z, Yuan T T. Expression recognition based on Multi-scale Block Local Gabor Binary Patterns with dichotomy-dependent weights [C]//The 6th International Symposium on Neural Networks. Heidelberg: Springer, 2009: 895-903.
- [6] Deng H B, Jin L W. Facial expression recognition based on local Gabor filter bank and PCA + LDA [J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(2): 322-329. [邓洪波, 金连文. 一种基于局部 Gabor 滤波器组及 PCA + LDA 的人脸表情识别方法 [J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(2): 322-329.]
- [7] Zuo K L, Liu W Y. Facial expression recognition using active appearance model [J]. Journal of Optoelectronics · Laser, 2004, 15(7): 853-857. [左坤隆, 刘文耀. 基于活动外观模型的人脸表情分析与识别 [J]. 光电子 · 激光, 2004, 15(7): 853-857.]
- [8] Jin Q, Zhao J, Zhang Y. Facial feature extraction with a depth AAM algorithm [C]//Proceedings of the 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Sichuan: IEEE, 2012: 1792-1796.
- [9] Geng C, Jiang X. SIFT features for face recognition [C]//Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology. Beijing: IEEE, 2009: 598-602.
- [10] Huang F C, Huang S Y, Ker J W, et al. High-performance SIFT hardware accelerator for real-time Image feature extraction [J]. IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, 2012, 22(3): 340-351.
- [11] Ma R, Wang J X, Song Y X. Multi-manifold learning using locally linear embedding (LLE) nonlinear dimensionality reduction [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2008, 48(4): 582-585. [马瑞, 王家威, 宋亦旭. 基于局部线性嵌入 (LLE) 非线性降维的多流形学习 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2008, 48(4): 582-585.]
- [12] Ying Z L, Li J W, Zhang Y W. Facial expression recognition based on SLLE with expression weighted distances [J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2010, 23(2): 278-283. [应自炉, 李景文, 张有为. 基于表情加权距离 SLLE 的人脸表情识别 [J]. 模式识别与人工智能, 2010, 23(2): 278-283.]
- [13] Jala T, Pietikainen M, Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on feature distributions [J]. Pattern Recognition, 1999, 29(1): 51-59.
- [14] Huang D, Ardabilian M, Wang Y, et al. A novel geometric facial representation based on multi-scale extended local binary patterns [C]//Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition and Workshops. Santa Barbara: IEEE Computer Society Press, 2011: 1-7.
- [15] Kong Y H, Zhang S M, Liu S R. Face recognition based on DCT and multi-scale ε -LBP [C]//Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering. Zhangjiajie: IEEE Computer Society Press, 2012: 275-278.
- [16] Guo Z H, Zhang L, Zhang David. A Completed modeling of local binary pattern operator for texture classification [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2010, 19(6): 1657-1663.
- [17] Loris N, Sheryl B, Alessandra L. A local approach based on a local binary patterns variant texture descriptor for classifying pain states [J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(12): 7888-7894.