

Journal of Image  
and Graphics

# 中国图象图形学报



ISSN1006-8961  
CN11-3758/TB

2012 **6**  
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所  
中国图象图形学学会主办  
北京应用物理与计算数学研究所

# 中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012年6月 第17卷 第6期(总第194期)

## 目次

### 综述

人脸图像的年龄估计技术研究 ..... 王先梅, 梁玲燕, 王志良, 胡四泉(603)

图像统计模型参数估计中的期望最大值算法 ..... 李旭超(619)

### 图像处理和编码

鲁棒的梯度驱动图像修复算法 ..... 叶学义, 王靖, 赵知劲, 陈华华(630)

快速去块效应的线性规划方法 ..... 金剑秋, 刘春晓, 王勋, 章志勇(636)

DWT-SVD 域全盲自嵌入鲁棒量化水印算法 ..... 叶天语(644)

Mean-shift 滤波和直方图增强的图像弱边缘提取 ..... 冀峰, 高新波, 谢松云(651)

### 图像分析和识别

梯度点对约束的结构化车道检测 ..... 王永忠, 王晓云, 文成林(657)

多水平外区抑制的轮廓检测 ..... 闫超, 张建州(664)

基于局部投影与块 LBP 特征的图像检索 ..... 邹彬, 潘志斌, 胡森(671)

### 图像理解和计算机视觉

视觉陌生度驱动的增量自主式视觉学习算法 ..... 瞿心昱, 姚明海, 顾勤龙(678)

霍夫空间中多足球机器人协作目标定位算法 ..... 许家铭, 解仑, 王志良, 倪善超(687)

### 计算机图形学

虚拟 CCD 线阵星载光学传感器内视场拼接 ..... 张过, 刘斌, 江万寿(696)

“第八届数字电视与无线多媒体通信国际论坛”会议专栏

追踪盗版者的抗共谋数字指纹 ..... 李晓强, 张煌, 赵洋洋, 汪晶晶(702)

LBP 与鉴别模式结合的热红外人脸识别 ..... 谢志华, 伍世虔, 方志军(707)

电影中复杂事件的检索与识别 ..... 杜吉祥, 郭一兰, 翟传敏(712)

方向特征和网格特征融合的离线签名鉴别 ..... 杨丹凤, 吕岳(717)

视觉关注度的立体图像质量评价 ..... 张艳, 安平, 张秋闻, 张兆杨(722)

低开销的异构数据交换 ..... 赵凯, 赵正德(726)

灵活的多视点视频编码预测结构 ..... 张艳, 蔡灿辉(730)

跨层反馈在无线视频自适应编码中的应用 ..... 王焱中, 郑世宝, 张重阳, 刘勃(736)

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健

月刊(1996 年创刊)

第 17 卷 第 6 期

2012 年 6 月 16 日出版

主管单位 中国科学院  
主 办 中国科学院遥感应用研究所  
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  
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. cjjg. cn  
印刷装订 北京北林印刷厂  
广告经营许可证 京朝工商广字第 0346 号  
总 发 行 北京报刊发行局  
订 购 全国各地邮局  
国外发行 中国国际图书贸易总公司  
(中国国际书店)  
(北京 399 信箱 邮编 100044)

**Superintended by** Chinese Academy of Sciences  
**Sponsored by** Institute of Remote Sensing Application,  
CAS China Society of Image and Graphics  
Institute of Applied Physics and Computational  
Mathematics  
**Chief editor** LI Xiaowen  
**Editor, Publisher** Editorial and Publishing Board  
of Journal of Image and Graphics  
(P. O. Box 9718, Beijing 100101, China)  
E-mail:jig@irsa. ac. cn  
**Distributed by** Beijing Bureau for Distribution of Newspapers  
and Journals  
**Domestic** All Local Post Offices in China  
**Foreign** China International Book Trading Corporation  
(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)  
**Printed by** Beijing Beilin Printing House

ISSN 1006-8961 CN11-3758/TB CODE ZTTFXZ 国内邮发代号: 82-831 国外发行代号: M1406 国内定价: 45.00 元

# Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 6 June 2012

## Contents

### Review

- Age estimation by facial image: a survey ..... Wang Xianmei, Liang Lingyan, Wang Zhiliang, Hu Siqian(603)  
Expectation maximization method for parameter estimation of image statistical model ..... Li Xuchao(619)

### Image Processing and Coding

- Robust gradient driving image inpainting method ..... Ye Xueyi, Wang Jing, Zhao Zhijing, Chen Huahua(630)  
Fast image de-blocking by linear programming ..... Jin Jianqiu, Liu Chunxiao, Wang Xun, Zhang Zhiyong(636)  
Perfectly blind self-embedding robust quantization-based watermarking scheme in DWT-SVD domain ..... Ye Tianyu(644)  
Weak edge detection using Mean-shift filtering and histogram enhancement ..... Ji Feng, Gao Xinbo, Xie Songyun(651)

### Image Analysis and Recognition

- Gradient-pair constraint for structure lane detection ..... Wang Yongzhong, Wang Xiaoyun, Wen Chenglin(657)  
Contour detection based on multilevel inhibition ..... Yan Chao, Zhang Jianzhou(664)  
Image retrieval method based on local projection and block LBP feature ..... Zou Bin, Pan Zhibin, Hu Sen(671)

### Image Understanding and Computer Vision

- Visual novelty driven incremental and autonomous visual learning algorithm ..... Qu Xinyu, Yao Minghai, Gu Qinlong(678)  
Target localization algorithm for cooperative multi-soccer robots based on Hough space .....  
..... Xu Jiaming, Xie Lun, Wang Zhiliang, Ni Shanchao(687)

### Computer Graphics

- Inner FOV stitching algorithm of spaceborne optical sensor based on the virtual CCD line .....  
..... Zhang Guo, Liu Bin, Jiang Wangshou(696)

### Special Issue of the IFIC' 2011

- Anti-collusion fingerprinting scheme capable of tracing pirate ..... Li Xiaoqiang, Zhang Huang, Zhao Yangyang, Wang Jingjing(702)  
Infrared face recognition using LBP and discrimination patterns ..... Xie Zhihua, Wu Shiqian, Fang Zhijun(707)  
Recognize and retrieval complex events in real movies ..... Du Jixiang, Guo Yilan, Zhai Chuanmin(712)  
Off-line signature verification based on combination of direction feature and grid feature ..... Yang Danfeng, Lv Yue(717)  
Stereo image quality assessment based on visual attention ..... Zhang Yan, An Ping, Zhang Qiuwen, Zhang Zhaoyang(722)  
Low overhead of heterogeneous data exchange ..... Zhao Kai, Zhao Zhengde(726)  
Flexible prediction structure for multi-view video coding ..... Zhang Yan, Cai Canhui(730)  
Cross-layer feedback based adaptive coding for wireless video transmission .....  
..... Wang Yaozhong, Zheng Shibao, Zhang Chongyang, Liu Bo(736)

中图法分类号: TP301.6 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2012)06-0717-05

论文引用格式: 杨丹凤, 吕岳. 方向特征和网格特征融合的离线签名鉴别[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(6): 717-721.

## 方向特征和网格特征融合的离线签名鉴别

杨丹凤, 吕岳

华东师范大学信息科学技术学院计算机系, 上海 200241

**摘要:** 离线签名鉴别是一种重要的生物特征识别技术, 提出了基于方向特征和网格特征融合的方法。网格特征广泛使用在图像的特征提取中, 方向特征和网格特征结合不仅可以描述签名图像特殊点的方向和位置, 还可以统计方向位置分布信息。两种特征组合会形成高维特征, 然后使用主成分分析法进行降维, 采用支持向量机作为分类器。该方法在签名数据库上进行评估, 其结果表明, 该方法能有效的提高离线签名鉴别的正确率。

**关键词:** 离线签名鉴别; 方向特征; 网格特征; 融合; 支持向量机

### Off-line signature verification based on combination of direction feature and grid feature

Yang Danfeng, Lv Yue

Department of Computer Science and Technology, School of Information Science & Technology,  
East China Normal University, Shanghai 200241, China

**Abstract:** Off-line signature verification is an important form of behavioral biometric identification. We present a method utilizing direction feature and grid feature to tackle the problem. Grid feature has been widely used as one of the mainstream feature extraction approach. The combination of direction feature and grid feature can not only describe the direction and location of the special point, but also record the distribution information of the location of the direction. In order to get features with lower dimensions, principal component analysis is employed to reduce redundant dimensions. In addition, we adopt support vector machines as classifiers for verification process. The proposed strategy is evaluated on the public signatute data bases. Experimental results have demonstrated that the proposed method is effective to improve off-line signature verification accuracy.

**Key words:** off-line signature verification; direction feature; grid feature; combination; support vector machine

## 0 引言

生物特征识别技术基于两个方面的特征: 生理特征和行为特征。生理特征多为先天性的, 如: 掌纹、指纹、视网膜、DNA 和虹膜等; 行为特征是在后天形成的, 如: 语音、签名、笔迹和步态特征等<sup>[1-2]</sup>。自动签名鉴别利用了签名的行为特征。通常来说, 自动签名鉴别又可以分为两类: 在线签名鉴别和离

线签名鉴别。由于缺少加速度、笔顺和压力等动态信息, 离线签名鉴别比在线签名鉴别更加困难。离线签名鉴别系统主要对伪签名进行检测, 伪签名分为3种类型: 随机伪签名、简单伪签名和熟练伪签名。随机伪签名是伪造者不知道被伪造者的名字而随意书写的; 简单伪签名是伪造者仅知道被伪造者的名字而书写的; 熟练伪签名是伪造者知道被伪造者签名具体信息而刻意模仿的<sup>[2]</sup>。由此看出, 熟练伪签名的识别难度最大。公共签名数据库对签名算

收稿日期: 2011-09-22; 修回日期: 2012-02-14

第一作者简介: 杨丹凤(1985—), 女, 华东师范大学计算机系计算机应用技术专业硕士研究生, 主要研究方向为图像处理与模式识别。

E-mail: yangdanfeng1124@gmail.com

法的比较是不可或缺的,但是公共的离线签名数据库的签名种类较少,一般由西文组成。本文只考虑西文的随机伪签名和熟练伪签名。

和其他模式识别问题一样,特征提取在签名鉴别中占有很大的地位。Qi 和 Hunt 提出了基于投影的全局特征和网格特征<sup>[3]</sup>。Huang 和 Yan 应用结构特征进行签名鉴别<sup>[4]</sup>。Wen 等人提出了基于边缘方向距离直方图的方向特征<sup>[5]</sup>。Nguyen 和 Blumenstein 提出了改进的方向特征方法<sup>[6]</sup>。Nguyen 等人又使用增强的改进方向特征来提高签名鉴别的正确率<sup>[7]</sup>。

图1描述了本文签名鉴别的方法步骤。

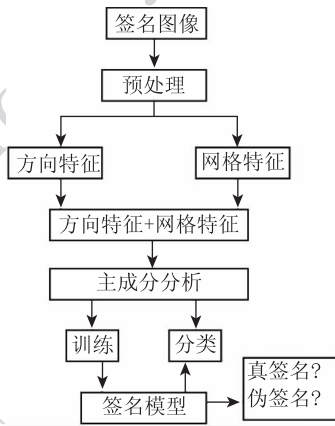


图1 签名鉴别系统步骤

Fig. 1 Steps involved in building a signature verification system

## 1 特征提取

目前多数研究工作主要在白纸上进行签名图像的采样,但是获得的签名图像仍然存在不同程度的噪声。本文采用数理形态学方法对签名图像进行降噪,图像二值化之后再提取出签名图像的轮廓。

### 1.1 方向特征

改进方向特征最初应用于字符识别<sup>[8]</sup>,前人工作<sup>[6-7]</sup>表明此特征也可以有效提高签名正确率。改进方向特征不仅包括签名的方向特征,还能检测从背景到前景变换的位置。下面描述如何获得签名的方向特征和变换特征。

1)标注前景像素点方向值 签名图像的最左和最下方的第1个像素点作为起始点,起始点标注为8。标注其他像素点的算法如下:

- (1)假设  $p_1$  为起始点;
- (2)搜寻  $p_1$  附近的前景像素点  $p_2$ , 如果不存在  $p_2$ , 寻找下一个未标注点并设为  $p_1$ , 转到步骤(1), 如果所有的前景像素点均已标记, 算法终止;
- (3)  $p_2$  的方向值由向量  $\overrightarrow{p_1p_2}$  的方向决定, 图2定义了各个方向的取值;
- (4)  $p_2$  替代  $p_1$ , 转到步骤(2)。

图3(a)为根据上述算法标注前景像素点的结果。

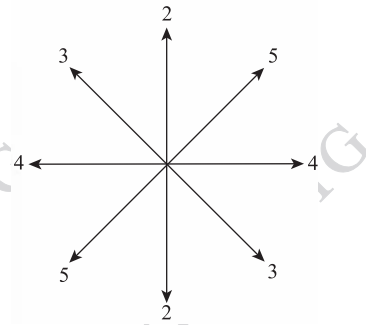
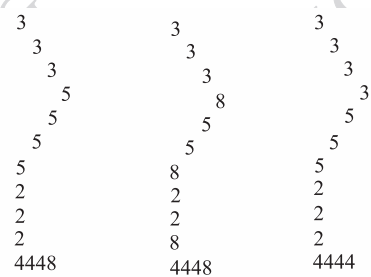


图2 改进方向特征方向值

Fig. 2 Direction values of MDF



(a)标注方向值 (b)分割线段 (c)方向值归一化

图3 标注前景像素点

Fig. 3 Dealing with direction values

2)线段分割 每个线段的起始点标注为8。图3(b)是线段分割后的图像。线段分割基于如下3个准则:

- (1)方向值 3 和 5 不在同一线段内;
- (2)同一线段的方向值种类不多于 3 种;
- (3)同一连续像素值多于 3 个, 则将此连续像素值分割为新线段。

3)线段归一化 线段分割后,使用每个线段中出现次数最多的方向值代替其他方向值。图3(c)是标注方向值后结果。

4)特征提取 改进方向特征记录扫描方向背

景像素转换为前景像素的位置,记为  $p$ ,并用  $x$  表示所在行,  $y$  表示所在列。改进方向特征包括了  $p$  点的方向信息  $v_d$  和位置信息  $v_i$ 。  $v_d$  的值由像素点  $p$  的方向值除以 10 得到。  $v_i$  为

$$v_i = 1 - \frac{pos}{len} \quad (1)$$

式中,扫描方式不同时,  $pos$  与  $len$  含义不同:当按行扫描时  $pos$  取值为  $y$ ,  $len$  取值为图像宽度  $w$ ;当按列扫描时  $pos$  取值为  $x$ ,  $len$  取值为图像的高度  $h$ 。

签名图像中所有转换点  $p$  的方向信息与位置信息构成了改进方向特征。在扫描整个图像时,有 4 种扫描方式:从右到左,从左到右,从上到下,从下到上。由于每行或每列的转换点数目不同,每行或每列形成的特征向量长度也不同。为了归一化向量长度,  $T_{max}$  表示每个扫描方向上最多提取  $T_{max}$  转换点的特征个数,  $n$  是扫描方向上遇到的转换点个数。如果  $T_{max} < n$ ,只提取前面  $T_{max}$  转换点的信息。如果  $T_{max} \geq n$ ,把最后  $T_{max} - n$  数值置为 0。

每种扫描方式都可以得到两个矩阵,一个记录方向值,一个记录转换值。因此经过 4 个方向的扫描后,可以得到 8 个矩阵,其中 4 个矩阵记录方向值,为  $w \times T_{max}$  维;4 个矩阵记录转换值,为  $h \times T_{max}$  维。图 4 描述了这一过程,图中“-”表示签名图像中背景像素点。

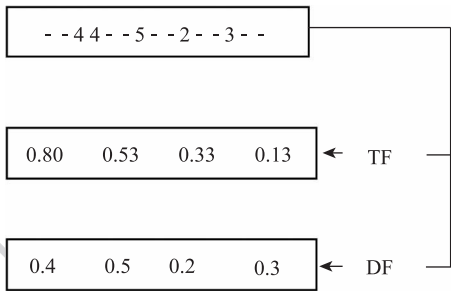


图 4  $T_{max} = 4$ ,扫描方向从左到右时提取转变特征(TF)和方向特征(DF)

Fig. 4 Example of extracting transition feature and direction feature in the left-to-right direction while  $T_{max} = 4$

5)重采样 因为每张图片的大小不同,所以提取特征后得到矩阵的维数大小也不一样,可以通过重采样使每个矩阵是同一维数  $k \times T_{max}$ 。在实验中,设置  $k$  为 30。特征提取后得到的特征向量为  $8 \times 30 \times 10$  维。图 5 给出了一个  $9 \times 3$  矩阵重采样后为  $3 \times 3$  的一个例子。

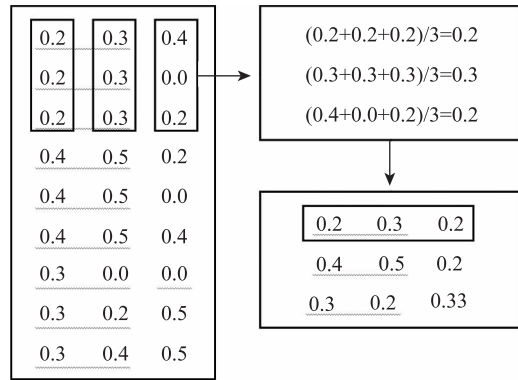


图 5  $9 \times 3$  的矩阵重采样为  $3 \times 3$  的矩阵  
Fig. 5 Re-sample a  $9 \times 3$  matrix to a  $3 \times 3$  matrix

### 1.2 网格特征

签名的网格特征基于改进的方向特征。签名图像轮廓上的像素点标注方向值并归一化后,把图像等分为  $N \times M$  的网格。然后统计每个网格内各个方向值(2,3,4,5)个数。再用统计出的方向值的个数除以相应网格像素点总数目,得到每个方向值所占的像素比重,从而形成此网格特征向量。然后依照从左至右,从上至下的顺序统计出每个网格的特征向量。并将这些向量拼接成一个较长的向量。文中把签名图像分为  $8 \times 8$  个网格,每个网格内有 4 个特征,一张签名图片形成 256 维特征向量。图 6 显示图像划分为  $3 \times 3$  个网格后,左上角网格形成的特征向量。

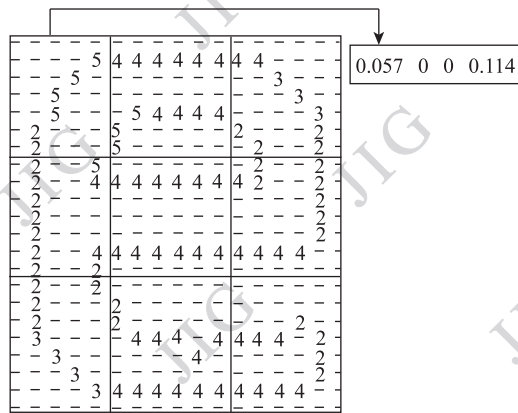


图 6 网格特征提取  
Fig. 6 Grid feature extraction

### 1.3 降维

提取特征后特征向量的维数较高,改进方向特征维数为 2 400 维,网格特征为 256 维。通过降维可以去除噪声并且获得低维特征,有助于训练与识别

的加速。主成分分析是将多个变量通过线性变换以选出较少个数重要变量的一种多元统计分析方法<sup>[9]</sup>。采用此方法进行降维后,改进方向特征降为 103 维,网格方向特征降为 62 维。每张签名图像特征向量由 2 656 维降到 165 维。

## 2 实验

在 GPDS<sup>[10]</sup>和 MCYT<sup>[11]</sup>两个公共数据库上进行了本文方法的评估。采用 ER(平均错误率),FRR(错误拒绝率),FAR(错误接受率)作为评估参数。在实验中,考虑了两种伪签名:随机伪签名与熟练伪签名。FAR 分为两类,使用 FAR1 表示随机伪签名的错误接受率,FAR2 代表熟练伪签名的错误接受率。采用支持向量机作为分类器。核函数采用线性核函数。

### 2.1 GPDS 数据集上的实验

GPDS 签名数据库包括 300 类签名,每类由 24 个真实签名和 30 个熟练伪签名组成。因此一共有 24 × 300 个真签名和 30 × 300 熟练伪签名。

选用这 300 个签名类进行实验,对于每个人的签名识别任务选用 24 个真签名,30 个熟练伪签名,其余 299 个人的真实签名作为此人的随机伪签名。采用四次四倍交叉验证方法。所有人的 ER,FRR,FAR1,FAR2 平均值作为实验的结果。

从表 1 可以看出,与任何一种单一特征相比,特征融合在各方面都取得了较好的结果。熟练伪签名的接受率降到 6.523%,同时对真签名的错误拒绝率也降到 13.334%。方向特征总体上比网格特征要好,但是网格特征对熟练伪签名的错误接受率要低一些。

表 1 GPDS 数据集上的结果比较  
Table 1 Comparison on GPDS corpus

特征	ER	FRR	FAR	
			FAR1	FAR2
方向特征	0.439	26.764	0.039	12.391
网格特征	0.995	31.973	0.179	8.750
特征融合	0.297	13.334	0.026	6.523

### 2.2 MCYT 数据集上的实验

MCYT 包括 75 类签名,每类由 15 个真签名和 15 个熟练伪签名组成,共有 2 250 个签名图像。在实验中选择这 75 类签名进行实验,每个人的签名识

别任务由 15 个真签名,15 个熟练伪签名,其余 74 个人的真签名作为随机伪签名。采用四次四倍交叉验证。所有人的 ER,FRR,FAR1,FAR2 平均值作为实验的结果。

从表 2 中可以看出,特征融合可以在各个评估参数上得到较好的结果。特征融合后对熟练伪签名的错误接受率降到 3.459%。对真签名的错误拒绝率与单一特征相比也有很大程度的降低,相比于两个单特征的平均值 24.181%,下降了 9.6%。由于测试集数目较大,对于错误率的提升不及其他参数明显。

表 2 MCYT 数据集上的比较结果  
Table 2 Comparison on MCYT corpus

特征	ER	FRR	FAR	
			FAR1	FAR2
方向特征	1.106	19.694	0.013	6.889
网格特征	4.359	28.667	0.933	8.771
特征融合	0.891	14.577	0.023	3.459

## 3 与其他方法比较

为了验证本文方法的有效性,与其他算法进行比较。主要是基于改进方向特征和支持向量机的方法。

### 3.1 实验 1

与文献[6]方法进行比较,文献[6]是基于全局特征和支持向量机。

在文献[6]中,Nguyen 等人使用表 3 的设置来测试系统的性能,实验 1 也基于此设置。采用 GPDS 中 160 类签名。在训练中,每个人选用 12 个真签名,从其余 159 个人中选 100 个人,每个人的真实签名选 4 幅图像,构成此人的随机伪签名,从剩余的 59 个人的真实签名中选 1 幅作为测试。实验是用 AER 进行评估,AER 为 FAR 和 FRR2 的均值。表 4 显示了实验结果。本文方法得到的值为 15.67%,文献[6]的结果为 17.25%。

表 3 实验设置  
Table 3 Experimental settings

阶段	真签名	随机伪签名	熟练伪签名
训练	12	400	0
测试	12	59	15

表4 与文献[6]的比较结果

Table 4 Performance comparison of different features

方法	特征	分类器	AER/%
文献[6]	全局特征	支持向量机	17.25
本文	方向和网格融合特征	支持向量机	15.67

### 3.2 实验2

与文献[7]进行比较。文献[7]中采用增强的改进方向特征。实验设置如表5所示。

表5 实验设置

Table 5 Experimental settings

阶段	真签名	随机伪签名	熟练伪签名
训练	20	400	25
测试	4	59	5

实验结果如表6所示,同样使用FRR和FAR2的均值来评估系统性能。他们采用支持向量机作为分类器时的最好结果为10.73%,本文的结果为8.334%。

表6 与文献[7]的比较结果

Table 6 Performance comparison of different features

方法	特征	分类器	AER/%
文献[7]	增强改进方向特征	支持向量机	10.73
本文	方向和网格融合特征	支持向量机	8.334

## 4 结论

本文提出了方向特征和网格特征融合的方法。融合后的特征能够较好的识别伪签名并且容忍同一个人签名的内在差异。

未来工作将研究更好的特征提取方法以及更加有效的特征融合策略,进一步提高熟练伪签名的鉴别正确率。

## 参考文献 (References)

- [1] Impedovo D, Pirlo G. Automatic signature verification: the state of the art [C]//IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews. Putrajaya, Malaysia: IEEE Computer Society, 2008, 38(5):609-635.
- [2] Wen J. Study on Key Problems in off-line signature verification [D]. Chongqing: Chongqing University, 2009. [文静. 脱机签名识别中的关键问题研究[D]. 重庆:重庆大学, 2009.]
- [3] Qi Y Y, Hunt B R. Signature verification using global and grid features [J]. Pattern Recognition, 1994, 17(12):1621-1629.
- [4] Huang K, Yan H. Off-line signature verification using structural feature Correspondence [J]. Pattern Recognition, 2002, 35(11):467-2477.
- [5] Wen J, Fang B, Tang Y Y et al. Combining EODH and directional gradient density for offline signature verification [J]. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2009, 23(6):1161-1171.
- [6] Nguyen V, Blumenstein M, Leedham G. Global features for the off-Line signature verification problem[C]//Proceedings of 10th International Conference on Document Analysis and Recognition Washington, DC: IEEE, 2009, 1300-1304.
- [7] Nguyen V, Blumenstein M, Muthukkumarasamy V et al. Off-line signature verification using enhanced modified direction features in conjunction with neural classifiers and support vector machines [C]//Proceedings of 9th International Conference on Document Analysis and Recognition. Curitiba, Brazil: Inst. of Elec. and Elec. Eng. 2007(2): 734-738.
- [8] Blumenstein M, Liu X Y, and Verma B. An Investigation of the modified direction feature for cursive character recognition [J]. Pattern Recognition, 2007, 40(2):376-388.
- [9] Esbensen K, Geladi P, Wold S. Principal component analysis [J]. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 1987, (2): 37-52.
- [10] Vargas J F, Ferrer M A, Travieso C M et al. Off-line handwritten signature GPDS-960 corpus [C]//Proceedings of International Conference on Document Analysis and Recognition. Curitiba, Brazil: IEEE. 2007(2): 764-768.
- [11] Ortega G J, Fierrez A J, Simon D, et al. MCYT baseline corpus: a bimodal biometric database [J]. Vision, Image and Signal Processing, 2004, 150(6):395-401.