

基于二阶系统的脱机中文签名鉴定^①

王春梅 (临沂师范学院 信息学院信息工程系 山东 临沂 276005)

摘要: 针对脱机手写签名鉴定的实现,提出了二阶签名鉴定系统,并进行了相关的实验。在第一阶段中使用了基于静态几何特征与伪动态特征进行粗分类识别,在第二阶段中使用了基于 Zernike 的特征进行精细分类识别,最终识别出待鉴定的手写签名,实验证明采用该鉴定方法,可以在提高鉴定率的同时提高鉴定的效率。

关键词: 分类器 特征提取 特征融合 Zernike 矩特征

Offline Chinese Signature Identification Based on 2-Pass System

WANG Chun-Mei

(Department of Information, Linyi Normal University, Linyi 276005, China)

Abstract: In this paper, an offline Chinese signature identification system based on a two stages classifier is built. It adopted pseudo feature and shape feature extraction. The emphasis of shape feature is the pseudo-Zernike moment with rotation, scale and translation invariance and anti-noise character. The pseudo dynamic features high gray feature (HPF), framework aspect gray feature, and gray barycenter feature. It has been proved that the identification of 2-pass system can save a lot of time for identification except in improving the recognition rate.

Keywords: classifier; feature extract; feature fusion; feature base on Zernike moment

签名是一种使用广泛的用于鉴定身份的生物特征,是社会生活普遍接受的一种同意或授权的方式。在电子商务银行业务、处理单据、签订合同等领域有广泛的应用,并具有相应的法律效力。但由于它的简单、易模仿性,也成为了伪造的目标,此时手写签名鉴定就会发挥它的作用。如果鉴定正确率高,将会对社会各行业包括行政、金融、处理法律纠纷、安全领域等方面能起到关键作用,因此在国家的经济建设中发挥重要作用^[1]。签名鉴定也是目前计算机模式识别领域的前沿课题。鉴于签名鉴定具有良好的应用前景和巨大的商业价值,世界各国许多学者和研究机构都对其表现出了极大兴趣。因此对签名技术的深入研究,对于提高实际应用水平和有关学科的科技进步具有重要的意义。

1 签名鉴定系统的结构

本文是对脱机中文签名鉴定的研究,目标是能在

许多的真伪签名中区分出真假。与大多数文字鉴定系统类似,签名鉴定一般包括以下几个步骤:数据获取、预处理、特征提取、决策鉴定。本文中的“脱机中文签名鉴定系统”,其流程图如图1所示。

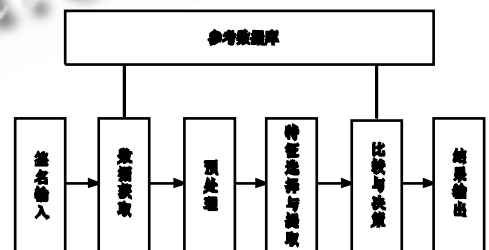


图1 签名鉴定系统流程图

依据该步骤和流程,在参考各种资料的基础上,结合汉字签名的特点,本系统对签名提取静态形状特征和伪动态特征,并进一步进行特征融合,并运用二阶鉴定系统方案,可提高签名的鉴定率和鉴定速度。

① 收稿时间:2009-08-03

2 数据采集与预处理

数据采集是指利用某种装置将签名样本的信息转化为离散的数字信息输入到计算机中。由于本实验中数据的获取是书写在白纸上的签名经过扫描仪输入计算机的，那么就必然存在着干扰，预处理是为了让后续的特征提取以及训练与比对等步骤能更方便，更有效的进行。根据需要，本课题做了签名图像的平滑去噪、二值化、细化等等几项预处理工作。

平滑去噪就是去除文字壁画的毛边，本文采用了中值滤波的方法，它能够在抑制随机噪声的同时不使边缘模糊，方法简单易于实现，能较好的保护边界。是一种典型的低通滤波器，它将邻域中的像素按灰度级排序，取其中间值为输出像素。图像的二值化就是对图像进行去除背景，将图像中目标和背景分离出来，是易于提取目标的一种图像处理技术。采用的迭代法是基于逼近的思想。细化处理就是提取文字的骨架。细化后的图像既能保留文字的笔画信息，又有利于特征提取。

3 特征提取

特征的提取和选择是很重要的，它直接影响鉴定分类器的设计和性能。本文研究了签名图像的特点，提取了签名图像的静态特征及伪动态特征，希望通过静态特征反映签名字形方面的特点，通过伪动态特征反映书写过程的特点，并应用于后面的分类鉴定中。

3.1 静态特征的提取

本文提取的静态特征包括几何特征和矩特征。其中几何特征的提取基于这样的事实：每个人签名笔迹都有自己的习惯和相对的稳定性。在鉴定过程中，我们把签名笔迹看成一个平面向图 G ，然后通过一定的算法提取图中以下常用特征：网孔(由笔迹围成的闭合空白区域)，签名的宽高比，水平压缩的宽高比(通常情况下，签名的字与字之间以及水平部首之间都会存在间隙，水平压缩的宽高比即为去除水平间隙后的签名的高度和宽度比)，黑点面积与整体面积比。

矩特征采用具有旋转、平移和尺度不变形的 Zernike 矩，这是一种基于正交多项式的复数矩，较之其它矩有更小的信息冗余性，且具有良好的旋转不变性，计算简单，能够构造任意高阶矩，是目前广泛应用的一种形状描述子^[2]。虽然矩的个数越多，对签名的刻画越细。但是，由于高阶矩对噪声敏感，而且，随着矩阶的增大，计算量增长非常迅速。因此，我们只提取重数最接近阶数一半的前 10 阶 Zernike 矩，计算

其模值即 $|A_{20}|, |A_{22}|, \dots, |A_{84}|$ ，形成一个 10 维向量。由于 Zernike 矩只计算单位圆内的点，因此，还需要把签名变换到单位圆内。假设签名的宽为 $width$ ，高为 $height$ 。则签名归一化到单位圆内后，假设签名的任一象素为 (i, j) ，其离中心的距离计算公式为：

$$distance = \sqrt{distance_x^2 + distance_y^2}$$

其中： $distance_x = i - width/2.0$;

$distance_y = j - height/2.0$

中心与该象素连线与 x 轴交角 θ 的求解表达式见表 1。

表 1 表达式

distance_x	distance_y	θ
0	0	0
0	>0	$-\pi/2$
0	<0	$\pi/2$
>0	任意	$\arctan(-distance_y/distance_x)$
<0	<0	$\arctan(-distance_y/distance_x) + \pi$
<0	≥ 0	$\arctan(-distance_y/distance_x) - \pi$

Zernike 矩的计算关键在于径向多项式的计算，我们可以看出径向多项式的计算复杂，如果在程序中每次都计算一次，将使计算量很大。这里只计算 10 阶矩，因此，我们提前计算出这 10 阶矩的径向多项式的表达式，不同的阶次套用不同的表达式，从而减少了程序运行时间。径向多项式的表达式见表 2。

表 2 径向多项式的表达式表

(m,n)	$R_m(\rho)$
(2,0)	ρ
(2,2)	$2\rho^2 - 1$
(3,1)	$3\rho^3 - 2\rho$
(3,3)	$4\rho^4 - 3\rho^2$
(4,0)	$5\rho^5 - 4\rho^3$
(4,2)	$15\rho^6 - 20\rho^4 + 6\rho^2$
(5,3)	$21\rho^7 - 30\rho^5 + 10\rho^3$
6,2)	$28\rho^8 - 42\rho^6 + 15\rho^4$
(7,3)	$84\rho^9 - 16\rho^7 + 10\rho^5 - 20\rho^3$
(8,4)	$120\rho^{10} - 252\rho^8 + 168\rho^6 - 35\rho^4$

3.2 伪动态特征的提取

由于脱机签名没有动态信息,因此它比较容易伪造,利用灰度我们可以在一定程度上恢复签名中的动态信息。M.Ammar 等人对静态签名的灰度级分布进行了研究,并在此基础上设计了一个静态签名图像理解系统,可以对临摹或复印的签名进行鉴定。由于所获得的这些信息并非真的动态信息,所以称之为伪动态特征^[3]。这里提取了 3 组伪动态特征: 签名的高灰度特征,签名的骨架方向灰度特征,灰度重心特。

(1) 签名的高灰度特征(HPF)

高灰度特征 HPF 定义为高灰度区的像素点总数与二值图象的黑点总数之比^[4]。本文中的高灰度稳定区是指签名图像中前景签名灰度变化比较平缓或者比较均匀的区域。

$$HPF = \sum_{i,j} P_p[i,j] / \sum_{i,j} P_b[i,j]$$

其中, $P_p[i,j]$ 代表签名的高灰度图像, $P_b[i,j]$ 代表二值签名图像。高灰度区域根据一定的阈值从归一化的灰度签名图像中提取出的,该阈值取为前景灰度频率峰值的 70% 处对应的两个灰度中较大的一个。

(2) 签名骨架方向灰度特征

签名骨架方向灰度特征(DGF)是将笔划方向与灰度结合起来的一种^[5]。提取方法是统计归一化的灰度骨架签名上各点在水平(0 度方向)、垂直(90 度方向)、正倾斜(45 度方向)和负倾斜(135 度方向)四个方向上的累计灰度,由此形成一个四位向量 (G1, G2, G3, G4),然后将其归一化到 0, 1 之间,即得到签名骨架方向灰度特征 $DGF = (G1/G, G2/G, G3/G, G4/G)$ $G = G1 + G2 + G3 + G4$ 。

(3) 灰度重心特征

灰度重心与二值化图像的重心区别在于像素点的灰度值参与了重心的计算,它是统计的灰度图像签名部分的相对重心,它的计算方法与二值化图像的重心相同^[6]。

计算方法如下:

$$M = \sum_{i=0}^{i=h-1} \sum_{j=0}^{j=w-1} f(i,j)$$

$$GX = \sum_{i=0}^{i=h-1} f(i,j) * i / M$$

$$GY = \sum_{j=0}^{j=w-1} f(i,j) * j / M$$

3.3 特征融合

经过以上两种特征提取,已经提取了签名样本中的绝大部分有效信息,将他们融合起来,以便进行识别决策。本文应用了二阶鉴定的方法,第一阶段选取签名样本的静态特征中简单的几何特征和伪动态特征组成一组向量,此特征既有静态特征,又包含动态信息,特征信息全面,特征简单而且计算量较少,将此向量通过分类器,若不能通过就定义为伪样本,若通过再进入第二阶段,此过程属于粗分类。第二阶段使用 10 阶具有旋转不变的 Zernike 矩特征来进行鉴定签名的真伪,此阶段选取的特征复杂,但可大大提高鉴定率,属于精细分类。若通过即为真实签名,否则也为伪签名,此二阶系统的结构见图 2。

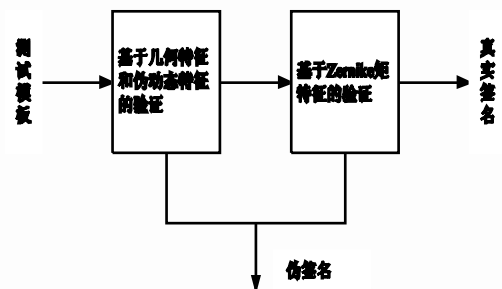


图 2 二阶鉴定系统的结构图

4 分类识别

在前面详细地描述了特征提取过程,接下来就要以这些特征为基础对签名进行比较和鉴定。签名鉴定问题就是一个典型的模式匹配问题,这里的分类器可看成是由硬件或软件组成的一个“机器”,按已确定的分类判别准则对待识别模式进行分类判别,输出分类结果。我们采用加权欧式距离分类器来完成识别任务。

$$d(k) = \sum_{i=1}^N \frac{(f_i - f_i^k)^2}{(\delta_i^{(k)})^2}$$

其中 f_i 表示未知样本的第 i 个特征, f_i^k 表示第 k 类样本的第 i 个特征的均值, $\delta_i^{(k)}$ 表示第 k 类样本的第 i 个特征的方差, N 表示每个样本所提取的特征总数^[7]。

识别时先通过每个二值化的签名图像提取 4 个静态特征和 3 个伪动态特征组成一个向量,作为一阶系

统的输入。将此向量通过欧氏距离分类器，若不能通过就定义为伪样本，若通过再进入第二阶段，通过灰度图像提取 10 阶 zernike 矩特征 $|A_{20}|, |A_{22}|, \dots, |A_{84}|$ 组成一个 10 维向量作为二阶系统的输入，若通过即为真实签名。利用我们构造的特征向量，用加权欧氏距离法对签名进行分类程序见附录 2。

5 实验分析

为了验证算法的可行性，本文设计了下面的实验。鉴定软件使用 Visual C++ 编写，编译。为了看清楚签名鉴定的过程，本软件对签名鉴定的各个步骤可以分别操作。该程序主界面如图 3，可以进行菜单操作和工具栏操作。在菜单操作中，可以观察各个具体步骤(如图象平滑、细化等)的结果；在工具栏中，只进行预处理、特征提取、签名分类等几步，操作简单，结果和菜单操作是一样的。工具栏中的第三、四个按钮可以完成参考向量的生成。



图 3 程序主界面

现在还没有标准的免费中文签名数据库，我们采集了一定数量的真签名和简单伪签名，并经过一定的手工预处理，作为自己实验用的签名数据库。签名数据库包括 10 个人的签名，其中每个人的真签名 20 个，伪签名(简单伪签名)10 个，共计签名 300 个。20 个真签名中有 10 个作为参考样本用，10 个作为测试样本用，10 个伪签名都作为测试样本。统计 6 种组合下测试真伪签名误判的个数，从而得到该签名系统的平均错误率。用同样的方法测试其他 9 名签名者的所有样本，最后统计得到的本试验的最终结果。图 4 即为一组参考样本图。

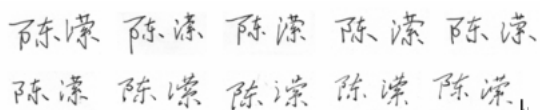


图 4 一组参考样本图

为了验证本设计的优势，实验增加了单独使用静态与伪动态特征和 Zernike 矩特征来比较一下各种特征的优劣。实验数据见表 3。

表 3 对简单的几何特征和伪动态特征、Zernike 矩特征及融合后特征鉴定结果的比较

	弃真错误率	取伪错误率	平均错误率
几何特征和伪动态特征	18.17%	16.25%	17.21%
Zernike 矩特征	13.33%	11.50%	12.42%
二阶系统	14.63%	4.03%	9.83%

由于本系统的一个特色就是能提高系统的平均识别速度，所以实验时我们特意关注系统处理数据的时间，同一组样本通过二阶系统与单独使用静态与伪动态特征和 Zernike 矩特征的平均时间比较如表 4 所示。

表 4 一组样本通过几何特征和伪动态特征、Zernike 矩特征及二阶系统的平均时间比较表

	几何特征和伪动态特征	Zernike 矩特征	二阶系统
一组样本通过系统的平均时间 (s)	1	8	2

通过实验数据我们可以看到：对于同样的数据库，二阶系统平均错误率要明显低于单独使用几何特征和伪动态特征的平均错误率且二阶系统能够大大提高鉴定的速度。

6 结论

签名鉴定是一个复杂过程，尤其是特征提取和分类器的选择阶段是整个签名当中关键步骤，本文在脱机汉字签名鉴定领域进行了有益的探索。在参考各种资料的基础上，结合汉字签名的特点，对签名提取了静态特征和伪动态特征，并进一步进行特征融合后运用了二阶鉴定系统方案，实验结果也证明了该方法的有效性。但该系统如果采用泛化能力更强的分类器将能够进一步提高系统的鉴定效果。

(下转第 156 页)

