

脱机中文签名鉴定系统

柯晶 乔谊正 (山东工业大学自动系 250061)

赵宏 (中保财产保险公司山东省分公司 250011)

摘要:本文介绍了一个脱机中文签名鉴定系统。系统采用签名的静态特征和伪动态特征相结合的双重鉴定方法。静态特征包括总体静态特征和局部静态特征。伪动态特征包括签名图象灰度级和签名笔画宽度的变化特征,并提出了一种比较简单的签名笔画宽度的近似表示方法。初步的实验结果显示了本系统的可行性。

关键词:自动签名鉴定 静态特征 局部倾斜方向向量特征 伪动态特征 笔画宽度

一、引言

签名的重要性和法律地位在当今社会中仍然是无法替代的。在大多数场合下,亲笔签名是权利、义务和责任和象征,直接代表签名者本人。

签名鉴定在国外,尤其是在北美和西欧,是普遍接受的身份辨识方法之一。

自动签名鉴定就是利用计算机自动识别一个手写签名样本是某个特定人亲自签署的“真签名”还是别人模仿的“伪签名”。自动签名鉴定通常分为“联机”和“脱机”两大类[1]。

自动签名鉴定中使用的签名特征大致可以分为四类:一类是静态特征,通常也称为形状特征或几何特征,如签名的宽高比和笔画分布;另一类是动态特征,如签名过程中的压力、速度和加速度特征。一般来说,签名的伪造者很难同时模仿真签名的这两类特征,也就是说,如果伪造者越希望模仿真签名形状的每一个细节,则往往动态特征差别较大,相反,如果伪造者刻意追求动态特征的相似,则往往又会在签名的形状上有较大差别。因此,为了鉴别一些熟练的或描摹的伪签名,必须同时借助于静态和动态两类特征。但是,在脱机签名鉴定中,由于无法直接获得时间和动态信息,因此一般认为脱机签名鉴定比联机签名鉴定要困难得多。

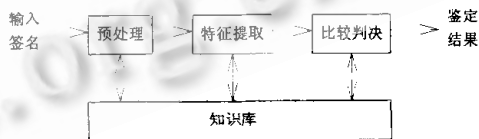
为了部分恢复静态签名样本中的动态信息,M. Ammar等人对静态签名的灰度级分布进行了研究,提出了高密度因子的概念。R. Sabourin和R. Plamondon也对签名的灰度级分布进行了研究,并在此基础上设计了一个签名图象理解系统,尝试对复印和描摹的伪签名进行鉴定。由于这些特征是从签名图象灰度级的变化中提取出

来的,只能在一定程度上反映签名过程中部分动态信息,因此,这一类特征通常被称为伪动态特征。

本文介绍了一个同时使用签名的静态特征和伪动态特征的脱机中文签名鉴定系统。静态特征包括总体静态特征和局部静态特征,伪动态特征包括签名图象灰度级和笔画宽度的变化特征。初步的实验结果显示了本系统的可行性。

二、系统概述

脱机中文签名鉴定系统的结构如图1所示:



系统测试采用的所有签名样本都是使用普通的钢笔和碳素墨水写在B5的复印纸上,对签名的书写位置及大小没有限制。系统通过一台Microtek ScanMaker IIsp彩色扫描仪,使用256灰度级和300dpi的分辨率将签名数字化并送入计算机。

对输入签名图象进行预处理,并提取签名的静态特征和伪动态特征两类特征,然后根据指定的个人辨识号同知识库中存储的参考签名进行特征比较,计算输入签名和指定参考签名之间的距离并和一个决策阈值相比较,以判定输入签名的真伪。

下面具体介绍系统框图中每个模块的功能。

三、签名图象的预处理

签名图象的预处理包括二值化、平滑、轮廓提取、细化等。

为了叙述方便,将通过扫描仪直接得到的采用256灰度级表示的签名图象称为原始签名图象G。对原始签名图象G进行二值化,并对二值化以后的签名图象进行平滑,采用 3×3 的模板平滑笔画边缘的凸起和凹陷,用 5×5 的模板去除孤立的噪声点和笔画内部小的“空洞”,得到平滑以后的二值化签名图象F,并规定“1”表示签名上的点,称为黑点,“0”表示背景点。基于二值化签名图象F,首先找出签名的全部轮廓点,得到签名的轮廓图象B,并规定“1”表示签名的轮廓点,“0”表示非轮廓点。此处的轮廓点定义为八近邻中至少有一个背景点的黑点。然后采用快速并行细化算法对二值化签名图象F进行细化,得到签名的骨架图象S,并规定非零表示签名的骨架点。签名图象中点的相对坐标值在上述处理过程中保持不变。考虑到签名的尺寸比例本身就反映了签名的特征,与大多数自动签名鉴定系统不同,本文没有对签名的尺寸进行规范化。图2表示了一个签名样本在上述预处理过程中的变化情况。



(2a) 原始签名图象G

(2b) 平滑后二值化签名图象F



(2c) 签名轮廓图象B

(2d) 签名骨架图象S

图2 签名图象的预处理

四、特征提取

特征提取寻于设计一个自动签名鉴定系统是至关重要的。为了鉴别熟练的或描摹的伪签名,本系统同时采用了签名的静态和伪动态两类特征。签名的静态特征又

分为总体静态特征和局部静态特征。伪动态特征包括签名图象灰度级和签名笔画宽度的变化特征。

为了叙述方便,规定签名图象的左上角为坐标原点,水平向右为X轴正方向,垂直向下为Y轴正方向。

1. 总体静态特征的提取

基于二值化签名图象F,参考Y. Qi等人的工作[2],提取了以下六个总体静态特征:签名的宽高比,签名的有效高度与紧凑宽度之比,签名图象的垂直重心与有效高度之比,签名图象的最大水平方向投影与紧凑宽度之比,签名图象的黑点面积与有效面积之比,签名图象的基线变动与有效高度之比。

有效高度与有效面积的概念是我们根据中文签名的特点提出来的。签名的有效高度是指去掉签名下部单个笔画突出部分以后所剩的高度。之所以采用签名的有效高度,是因为对中文签名的研究发现,一些签名下部突出笔画的长度不太稳定,参见图3,其中H为签名的实际高度,EH为有效高度。从图中可以看出,同一个人的真签名的有效高度是比较稳定的。紧凑宽度是指去掉签名水平方向各元素之间空白以后的签名宽度。研究表明,签名水平方向各元素之间的空白宽度对于同一个人的真签名来说也是不稳定的。签名的有效面积定义为签名的有效高度与紧凑宽度的乘积。

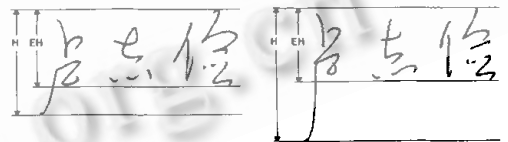


图3 签名的有效高度

2. 局部静态特征的提取

签名的局部静态特征包括签名的笔画密度特征,归一化的区域方向向量特征和局部倾斜方向向量特征。

基于平滑后签名的二值化图象提取了笔画密度特征[3]。

基于签名的轮廓图象提取了归一化的区域笔画方向向量特征,并采用了基于签名图象质心的非均匀区域划分。

区域笔画方向向量特征在手写体汉字识别中的有效性已经得到了验证[3]。规定签名笔画方向为水平,45度,垂直,负45度共四个方向,按0,1,2,3进行编号。区

域笔画方向向量特征就是签名图象进行一定的区域划分,并统计各个区域中四个方向上的相邻两黑像素的数目,也称为方向数特征。

由于未对签名图象的尺寸进行规范化,不能直接采用上述的区域笔画方向向量特征,需要进行规一化,为此定义如下规一化区域笔画方向向量特征:

$$\text{设 } D = (D_0, D_1, D_2, D_3) \quad (1)$$

表示某个区域 A 上的笔画方向向量, D_0, D_1, D_2, D_3 分别为四个方向上的方向数,规一化的区域笔画方向向量特征

$$D_A = C_A \cdot (D_0/D_S, D_1/D_S, D_2/D_S, D_3/D_S) \quad (2)$$

其中 C_A 为权重因子,其值正比于区域 A 中黑点的面积与区域 A 的面积之比, $D_S = D_0 + D_1 + D_2 + D_3$ 。

基于签名的骨架图象,提出了局部倾斜方向向量特征,并采用了基于签名图象质心的非均匀区域分割。对于西方人的签名来说,倾斜方向是一个十分重要的特征,对于中文签名来说,整体上一般不存在倾斜方向。但是在局域区域内,撇、捺和竖画的不同组合,再加上横画的不完全水平,造成了中文签名局部垂直方向上的变化十分复杂。为了反映这些变化,在 M. Ammar 等人工作的基础上,我们提出了局部倾斜方向向量特征。

假设 $P(x, y)$ 为签名骨架图象 S 中的非零点。如果 $P_N = P(x-1, y+1)$ 非零,则称 P_N 为负方向倾斜点,如果 $P_V = P(x, y+1)$ 非零,则称 P_V 为垂直方向倾斜点,如果 $P_P = P(x+1, y+1)$ 非零,则称 P_P 为正方向倾斜点。这三类点统称为倾斜点。计算签名骨架图象中某个局部区域 A 内负方向倾斜点、垂直方向倾斜点和正方向倾斜点的数目 S_N, S_V 和 S_P , 则局部倾斜方向向量特征

$$S_A = C_S \cdot (S_N/S_S, S_V/S_S, S_P/S_S) \quad (3)$$

其中 C_S 为权重因子,其值正比于区域 A 中倾斜点的面积与区域 A 的面积之比, $S_S = S_N + S_V + S_P$ 。

3. 伪动态特征的提取

签名的伪动态特征包括签名的灰度级分布和笔画宽度分布的概率直方图。这些特征在一定程度上反映了签名过程中笔尖压力和书写速度与加速度的变化情况。

原始签名图象为 256 灰度级图象,为了起到一定的平滑作用,首先将 256 灰度级图象变换为 64 灰度级的图象,然后采用签名 64 灰度级分布的概率直方图作为特征。

对于未经细化的二值化线图形,虽然已经有一些比

较好的计算笔画宽度的方法,但运算量都比较大。考虑到已经对二值化签名图象进行了细化,而细化得到的骨架点一般位于签名笔画的中心线上,定义如下签名骨架点的八近邻背景距离作为签名笔画宽度的近似表示。

设 $S(x_0, y_0)$ 为签名骨架上的一点,即 $S(x_0, y_0) \neq 0$, $F(x, y)$ 表示二值化签名图象 F 上的点, $F(x_0, y_0)$ 为与 $S(x_0, y_0)$ 坐标值相同的点,因为骨架点本身也为签名上的点,则 $F(x_0, y_0)$ 也不等于零,如果存在 A、B、L 和 R 同时满足下列条件:

$$L \leq x_0 \leq R, A \leq y_0 \leq B \quad (4)$$

$$\text{对于满足 } L \leq x \leq R, A \leq y \leq B \text{ 的任一 } (x, y), F(x, y) \neq 0 \quad (5)$$

$$\prod_{x=L}^R F(x, A-1) = 0, \prod_{x=L}^R F(x, B+1) = 0 \quad (6)$$

$$\prod_{y=A}^B F(L-1, y) = 0, \prod_{y=A}^B F(R+1, y) = 0 \quad (7)$$

则 $S(x_0, y_0)$ 点处对应的笔画宽度 $SW = \min(R - L + 1, B - A + 1)$ 。

实际计算时,采用水平和垂直两个方向同时扫描,在满足条件(4)和(5)的前提下,只要再满足条件(6)和(7)中的任意一个就结束计算。

求出签名骨架上每一点对应的笔画宽度以后,就可以进一步求出整个签名笔画宽度分布的概率直方图。

五、比较与判决

签名比较是根据指定的个人识别号,把输入签名的特征与知识库中存储的参考签名的特征进行比较,计算输入签名和参考签名之间的距离。考虑到书写工具和墨水颜色的影响,在对签名灰度级分布的概率直方图进行比较时,首先将输入签名和参考签名的概率直方图按平均灰度级进行对准。

判决是指将输入签名和参考签名间的距离和一个决策阈值相比较,以判定输入签名的真伪。可以看出,阈值的选取将直接影响一个自动签名鉴定系统的性能。由于伪签名的概率分布事先是无法知道的,为了正确评价系统的性能,本系统只采用真签名作为训练样本。让这些训练样本两两相互鉴定,计算它们之间所有距离的平均值,然后将此平均值乘上一个固定的正常数作为阈值。如果输入签名和参考签名之间的距离小于此阈值,则认为输入签名为真签名;反之,则认为是伪签名。

六、实验结果及分析

一般来说,为了评价自动签名鉴定系统的性能可以采用三种类型的伪签名,即随机伪签名、简单伪签名和熟练伪签名。采用随机伪签名和简单伪签名往往会过高估计系统的性能,因此本系统只采用熟练伪签名。为了评价伪动态特征的有效性,使用了部分描摹的伪签名。

实验数据包括 20 组中文签名样本。每组对应一个签名,包括真签名样本 20 个,熟练的或描摹的伪签名样本 10 个。因此共有真签名样本 400 个,伪签名样本 200 个。400 个真签名样本是由 20 个志愿者提供的,每人提供 20 个,基本上包括了从正楷到草书等各种类型的中文签名。200 个伪签名是由 8 个擅长于模仿别人笔迹的志愿者提供的。在书写正式的伪签名之前,每一个伪签名提供者可以对照真签名练习任意多次,并可以直接描摹真签名,直到满意为止。图 4 即为部分真签名及其相应的伪签名样本。

(4a) 部分真签名样本

(4b) 部分伪签名样本

图 4 部分签名样本

采用每组样本的前 10 个真签名样本作为训练样本,后 10 个真签名样本作为测试样本。所有伪签名均作为测试样本。

系统识别程序采用 C 语言和汇编语言混合编程,并在浪潮微机上实现。表 1 即为在相同参数和阈值条件

下,单独使用静态特征和同时使用静态和伪动态两类特征时的实验结果。从表中可以看出,(1)由于采用了熟练的和描摹的伪签名,单独使用静态特征时,伪签名正确识别率比较低;(2)同时使用静态和伪动态两类特征时,对真签名的正确识别率下降了 4 个百分点,这是因为同时使用静态和伪动态两类特征时,少数静态特征比较稳定但伪动态特征变化较大的真签名样本也被误认为是伪签名,从而造成“弃真”错误增加;(3)同时使用静态和伪动态两类特征时,对伪签名的正确识别率上升了 18 个百分点,对真伪两类签名平均正确识别率也因此明显提高,接近 90%。

表 1 实验结果

	真签名正确 识别率(%)	伪签名正确 识别率(%)	平均正确 识别率(%)
静态特征	95.5	69.0	82.2
静态和伪动态两类特征	91.5	87.0	89.2

七、结束语

由于无法直接获得动态信息,脱机签名鉴定比联机签名鉴定要困难得多。本文介绍了一个同时使用签名静态和伪动态两类特征的脱机中文签名鉴定系统。初步实验结果显示,同时使用这两类特征,可以对一些熟练的或描摹的伪签名进行鉴定,并取得了较为满意的效果。以后的工作将致力于提取更加有效和稳定的伪动态特征。

参考文献

- [1] 柯晶,乔谊正,联机中文签名鉴定的一种局部弹性匹配方法,中文信息学报,1998,12(1):57-63
- [2] Qi Y and Hunt B R. Signature verification using global and grid features. Pattern Recognition, 1994, 27(12):1621-1629.
- [3] 张忻中,汉字识别技术,北京:清华大学出版社,1992年9月,107-110.

(来稿时间:1998年8月)