

联机手写签名中加权 DTW 方法的研究

刘 蕾,段会川

LIU Lei,DUAN Hui-chuan

山东师范大学 信息科学与工程学院,济南 250014

School of Information Science and Engineering,Shandong Normal University,Jinan 250014,China

E-mail:liulei8666@126.com

LIU Lei,DUAN Hui-chuan.Research of weighted dynamic timing warping in on-line handwritten signature.Computer Engineering and Applications,2010,46(11):170-172.

Abstract: In this paper,a new method of on-line handwritten signature verification is presented.The normal pattern and local stability is obtained from reference patterns.Verification part adopts dynamic timing warping which shifts pressure as weighting.Through the matching distance of genuine signatures can calculate a set of thresholds.Distances which are less than the threshold are supposed to genuine signatures and the greater are forged ones.The method of this system can overcome the faults of normal dynamic timing warping using in on-line handwritten signature verification.Experiments also demonstrate that this new method has low computation and high performance,the FAR,FRR and EER also has obvious improvement.

Key words: threshold;weighted;Equal Error Rate(EER)

摘 要:提出了联机手写签名鉴别的一种新方法。从真实签名样本训练得到标准模板、局部稳定性。鉴别时采用以压力为权重的动态时间规整方法,由得到的真实签名间的匹配距离计算出一组阈值,小于阈值的为真实签名,大于阈值的为伪造签名。该算法较好地弥补了普通动态时间规整算法在签名鉴别上的不足。实验结果表明,该鉴别算法简单而高效,计算得出的误纳率(FAR)、误拒率(FRR)及等错误率(EER)有了明显的提高。

关键词: 阈值;加权;等错误率

DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2010.11.052 文章编号:1002-8331(2010)11-0170-03 文献标识码:A 中图分类号:TP39

1 前言

通过对签名库中的签名分析发现,书写人书写的真实签名^[1]在不同的地方具有不同的重复性和稳定性,并且受到书写人当时的情绪、心理、体力、书写姿态、书写工具等的影响。进一步对比真实签名和伪造签名发现,伪造签名的书写速度与真实签名的书写速度差别明显,因为在伪造签名的模仿书写过程,书写人需要考虑如何模仿真实签名的字形,因此相对较慢,不如真实签名一气呵成,并且其中的提笔时间也有不同。因此对签名鉴别时 DTW 算法的改进主要是增加签名点稳定度系数^[2]。

2 数据获取

研究采用 MCYT-100 双模数据库^[3],MCYT 中的签名采用 WACOM INTUOS A6 手写板采集,其有效书写范围为 127 mm×97 mm,采集频率为 100 Hz,采集的时间序列为 5 维签名信息 $(x_i, y_i, p_i, a_i, e_i)$,即 X 轴位置信息 x_i ,Y 轴位置信息 y_i ,压力信息 p_i ,书写笔的方位角信息 a_i ,书写笔的倾角信息 e_i 。

3 预处理

3.1 位置归一化

位置归一化^[4]采用以质量为中心的坐标原点,设签名的中心 (u_x, u_y) :

$$u_x = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$u_y = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}$$

x_i, y_i 分别为签名第 i 个采样点的 x, y 坐标。以 (u_x, u_y) 为新的坐标原点重新计算采样点的坐标 $x_i = x_i - u_x, y_i = y_i - u_y$ 。

3.2 大小归一化

将签名曲线 l_1 归一化到曲线 l_2 。

$$x_2(t) = \frac{k * x_1(t)}{\sum_t (x_1(t)^2 + y_1(t)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

作者简介:刘蕾(1986-),女,硕士研究生,主要研究方向为数字图像处理;段会川(1967-),男,教授,硕士研究生导师,主要研究方向为数字图像处理、模式识别。

收稿日期:2008-12-19 修回日期:2009-03-02

$$y_2(t) = \frac{k * y_1(t)}{\sum_t (x_1(t)^2 + y_1(t)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

此处 k 为曲线 l_2 的长度。

3.3 平滑

平滑处理相当于对数据进行滤波。由于在线签名可能在局部存在尖角或毛刺,这对后面距离计算中所涉及的特征提取和匹配计算将产生很大影响,因此需要做相应处理以减小其影响。该过程用到的公式为:

$$x_3(t) = \sum_{i=-2\sigma}^{2\sigma} w_i x_2(t+i)$$

其中, $w_i = e^{-i^2/(2\sigma^2)} / \sum_{j=-2\sigma}^{2\sigma} e^{-j^2/(2\sigma^2)}$, σ 是滤波器的数据偏差,一般取 2。

图 1 给出了预处理前后的签名。

4 两种动态时间规整算法的比较

4.1 基本 DTW 算法

动态时间规整(DTW)是将时间和距离测度结合起来的一种非线性规划方法,能对存在全局或局部扩展、压缩或变形的模式进行匹配,解决动态模式的相似度和分类问题,该方法具有概念简单、算法鲁棒的优点。

DTW 算法的目的是在参考模式 R 和测试模式 T 的签名压力信号特征之间找到一条优化的时间校准匹配路径 P ,使 R 和 T 总距离最小,一般动态时间规整递推公式为:

$$D(i, j) = \min[D(i-1, j), D(i-1, j-1), D(i, j-1)] + d(r_i, t_j)$$

其中 $1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq N$ 。

4.2 加权 DTW 算法

一般动态匹配假定每一点都同等重要,在签名鉴别中这种假设误差很大。由于在签名轨迹上各点的重要性不同,签名采样点压力差较小的点,说明在真实样本和标准模板的匹配过程中,该点的总平均匹配距离较小,那么该点在签名中是比较稳定的点。反之,压力差较大的点,在同类的不同样本中畸变较大,属于不可靠点。根据以上分析,定义加权函数 $w(n) = 1/|\text{abs}(P(n) - P(n-1))|, 1 \leq n \leq N$ 。压力差越小, $w(n)$ 值就越大,该点就越重要。因此, $w(n)$ 实际上是签名轨迹局部稳定性的一种数值度量。

加权动态时间规整递推公式为:

$$D(i, j) = \min[D(i-1, j), D(i-1, j-1), D(i, j-1)] + w(i)d(r_i, t_j)$$

其中 $1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq N$ 。

从式中可看出,签名轨迹中稳定点的加权大,稳定点上的微小畸变会被加权放大,而非稳定点的差异则因加权抑制而对最后匹配距离影响较小。这必然增加本类样本和非本类样本的可区分性。从概率角度考虑,假设每一点的畸变距离具有一定概率分布。普通动态匹配基于概率独立同分布的假设,而加权动态匹配则考虑到各点分布的差异,显然后一种模型要优于前者。

5 实验及结果分析

将真实签名作为标准模板相互匹配得到一组匹配值,选取合适的阈值进行签名的鉴定,小于阈值的为真实签名,大于阈值的为伪造签名。加权前后参考、测试向量的匹配曲线如图 2 所示。

从图中的曲线可以看出加权后参考、测试向量的匹配度增大了。

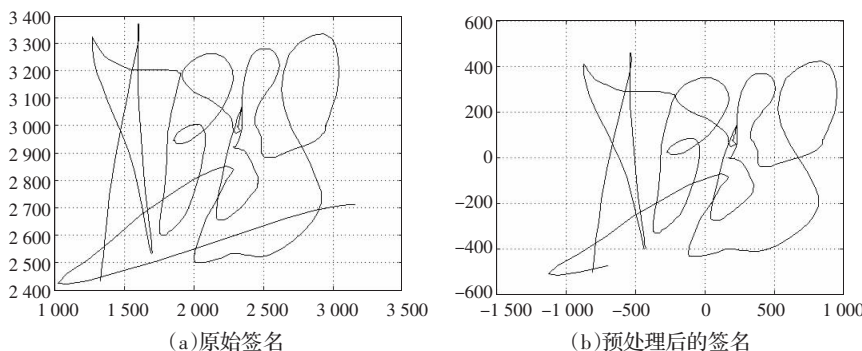


图 1 预处理前后的签名

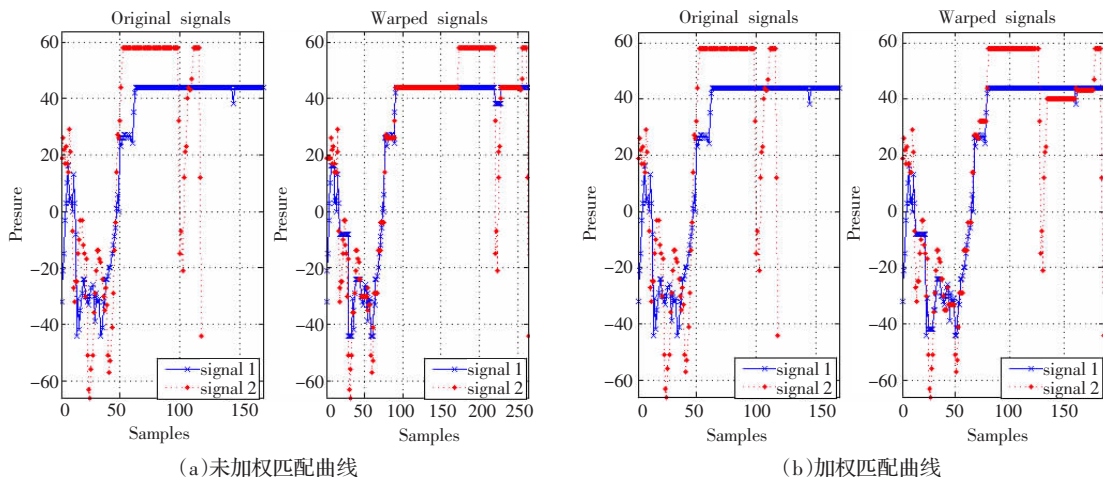
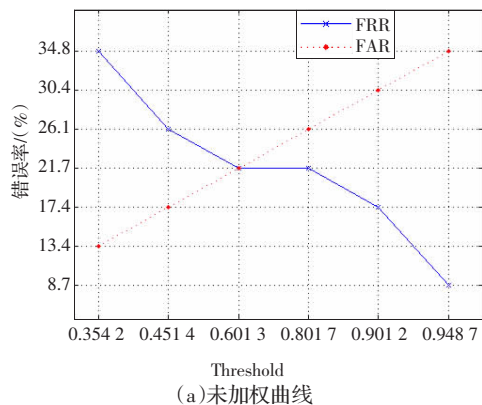
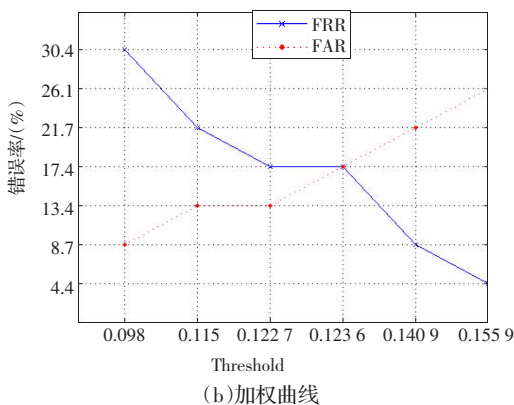


图 2 加权前后参考、测试向量的原始、规整匹配曲线



(a)未加权曲线



(b)加权曲线

图3 加权前后错误率曲线图

图3显示了加权前后DTW匹配情况下取不同的阈值时FRR和FAR的大小关系。

由图3(a)可知,当 n_{pw} 为0.6013时,FRR与FAR取得平衡,此时 $EER=FRR=FAR=21.7\%$ 。

由图3(b)可知,当 n_{pw} 为0.1236时,FRR与FAR取得平衡,此时 $EER=FRR=FAR=17.4\%$ 。

由图可知加权后的EER明显小于加权前的,即参考、测试向量的匹配度增加了,故加权后的DTW算法要优于基本的DTW算法,达到了实验预期的结果。

实验测得8个样本的未加权、加权EER如图4所示。

通过对比两条曲线,进一步说明了加权后的算法的稳定性。

6 结论

加权动态时间规整算法相对于基本的DTW算法,考虑到了签名时点的稳定性特征,增大了真实签名间的相似度和真伪签名间的区分度,在识别率方面有了很大的提高,在实际应用中也达到了很好的效果。

参考文献:

[1] Plamondon R, Srihari S N. On-line and off-line handwriting recogni-

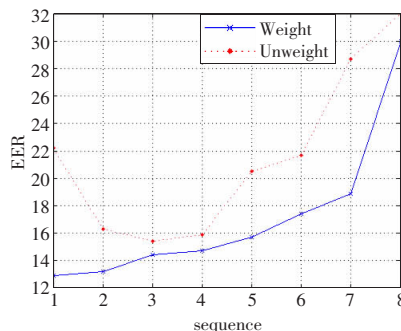


图4 未加权、加权EER曲线图

tion[J]. IEEE, 2000, 18(4): 455-460.

- [2] 李盛春, 丁晓青, 陈彦. 基于加权动态匹配方法的联机签名鉴别[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 1999, 39(9): 61-62.
- [3] 赵永健, 袁胜忠, 王洪润. 基于笔迹的身份鉴别[J]. 计算机工程与应用, 2006, 43(33): 199-200.
- [4] 周金萍. MATLAB 6.5 图形图像处理与应用实例[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [5] 刘耀辉. 三种阈值计算方法在MatLab 6.5中的实现[J]. 湖南学院学报, 2007, 8(5): 82-83.

(上接 169 页)

同时,由于二维A Tuous边缘检测算法在不同的尺度下提取图像的边缘,而在不同的尺度上得到的边缘在定位精度与抗噪性能上是互补的。在大的尺度上,边缘比较稳定,对噪声不敏感,但由于采样移位,使得边缘的定位精度较差;在小的尺度上,边缘细节信息比较丰富,边缘定位精度较高,但对噪声比较敏感。因此,可以发挥大、小尺度的优势,对各尺度上的边缘图像进行综合,从而得到精度更高的边缘。

参考文献:

- [1] 李弼程, 彭天强, 彭波. 智能图像处理技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004: 149-163.
- [2] 张艳群, 孟凡龙. MATLAB在图像边缘检测中的应用[J]. 计算机应用研究, 2004(6): 144-146.
- [3] 沈洁, 杜宇人, 高浩军. 图像边缘检测技术研究[J]. 信息技术, 2005(12): 32-34.
- [4] REZAI-RAD G, Aghababae M. Comparison of SUSAN and Sobel edge detection in MRI images for feature extraction[C]//Information

and Communication Technologies, 2006, 1: 1103-1107.

- [5] Villegas O O V, Elias R P, Villela P R, et al. Edge preserving lossy image compression with wavelets and contourlets[C]//Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference, 2006, 1: 3-8.
- [6] Liu Gang, Haralick R M. Two practical issues in Canny's edge detector implementation[C]//Proceedings 15th International Conference on Pattern Recognition, 2000, 3: 676-678.
- [7] 冯象初, 甘小冰, 宋国乡. 数值泛函与小波理论[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003: 61-79.
- [8] Gonzalez R C, Woods R E. 数字图像处理[M]. 阮秋琦, 阮宇智, 等译. 2版. 北京: 电子工业出版社, 2005: 276-322.
- [9] Zhai Yishu, Liu Xiaoming. Adaptive edge detection based on multi-scale wavelet features [C]//The Sixth World Congress on Intelligent Control and Automation, 2006, 2: 10289-10293.
- [10] Hou Jie, Ye Jin-hua, Li Sha-sha. Application of Canny combining and wavelet transform in the bound of step-structure edge detection[C]//International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, 2007, 2: 1635-1637.