

基于特征空间法的旋转多字体文字识别

梁华刚,程加乐,茹 锋

(长安大学 电子与控制工程学院,陕西 西安 710064)

摘 要: 针对计算机识别旋转多字体文字困难问题,提出基于特征空间法的文字识别方法. 首先,提取文字特征,建立文字的特征空间,确定文字的运动轨迹;其次,通过空间距离比较待测文字特征与轨迹的相似度,识别出文字及其对应的旋转角度. 最后,分别以单一字体旋转字符以及四种字体字符为例分别进行了实验,发现 62 个字符中 54 个字符识别率达 100%,旋转角度精度在 10° 以内的字符达 94%. 实验表明该方法具有较高识别率.

关键词: 文字识别; 旋转文字; 特征空间

中图分类号: TP 394.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)04-0082-04

The Recognition of Rotated Multi-font Character Based on Eigen Space

LIANG Hua-gang, CHENG Jia-le, RU Feng

(School of Electronic and Control Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: For the problem that it is difficult for computer to recognize rotated multi-font character, a method of character recognition based on the Eigen space approach is proposed. The character features are extracted, the character feature space is established, and then the trajectories of character is determined. The characters and the corresponding rotation angle is identified by comparing similarity of characteristics of the character under test and the trajectory through space distances. Finally, experiments have been performed taking a single font characters and multi-font characters as examples. It is found that 54 characters among 62 characters can get 100% recognition rate and the accuracy of rotation angle can get 94%. Experiments indicate that the proposed method has a high recognition rate.

Key words: character recognition; rotated character; eigen space

1 引言

文字识别是图像字符识别(ICR)的重要组成部分. 在处理大量的文本报表等文字信息时,采用机器识别文字的方法不仅可以减轻人们的工作量还可以提高文字处理效率. 因此,研究人员对其进行深入研究并提出了许多方法. 目前为止,识别旋转文字的方法有三种:一是提取旋转不变特征^[1];二是利用神经网络法^[2];最后是使用模板匹配. 然而,常用的特征提取方法如 Hu 矩、Zernike 矩、边缘矩、Gaussian-Hermite 矩等^[3]不能充分提取旋转文字特征^[4],神经网络的方法计算量大,模板匹配^[5]随识别文字数

目的增多而使存储空间变大,同时字符序列不可能全都总是基于固定模型.

本文在传统文字识别方法的基础上进行了改进,采用特征空间法,精简了算法,减少存储容量,提高了文字识别的准确度,增加了识别字体的类型.

2 文字的识别方法

文字识别的一般方法如图 1 所示. 首先对字符图像进行预处理,包括图像滤波、二值化、归一化处理. 先对图像进行滤波将图像中的噪声去除得到一个相对比较清晰干净的灰度图像. 通常采用高斯滤波、均值滤波、中值滤波、最小均方差滤波. 然后对图像进行二值

收稿日期: 2014-07-08; 修回日期: 2014-09-01

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(61203374); 陕西省自然科学基金国际合作项目(2014KW01-05)

化^[6],即将灰度图像的文字部分用“1”表示,其余部分用“0”表示.常用的二值化方法有全局二值化和局部自适应二值化.归一化处理^[7]将图像转换成统一的点阵图形(32×32)以便特征提取与比较识别.归一化可采用基于矩的图像归一化方法.文字特征提取需要提取代表文字特征的图像数据,本文通过32×32维向量提取文字特征.最后是字符比较,比较方法通常采用距离准则和相似度准则来判别字符.

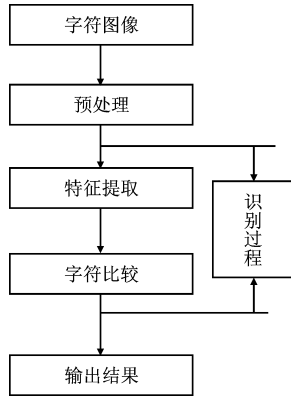


图1 文字识别原理图

3 基于特征空间法的文字识别

3.1 特征空间的建立

基于特征空间法的文字的识别需要对每个字符建立一个特定子空间.首先将每个字符旋转 $10 \times \theta$ ($\theta=0^\circ, 1^\circ \dots 35^\circ$)共36个不同角度的图像,然后利用直方图对其二值化二值化处理,再将所得图像归一化得到一个32×32的点阵图像.

得到点阵图形后,再利用重心到字符各个点处距离比例不变的特性,进行归一化处理.主要步骤是:首先找出字符重心,将重心到字符最远点的距离设为1,以重心为中心,以重心到图像最远点距离的二倍为边长作正方形,这样整个字符便包围在正方形内,然后根据距离比例不变特性可将图像转换成32×32的点阵图像.

最后,将32×32的点阵图像后将点阵图像数据转换成1024列一维数据并求解图像数据的协方差矩阵式(1).协方差矩阵的每个元素是各像素点之间的协方差,它能够体现点与点之间的关系,也能体现字符图像数据特征.由协方差矩阵根据式(2)来计算矩阵的特征值 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_{35}$ 以及特征向量 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_{35}$.

$$\sum^k = \frac{1}{36} \sum_{i=0}^{35} [(f_{\theta(i)}^k - m^k)(f_{\theta(i)}^k - m^k)^T] \quad (1)$$

$$\sum^k \varphi = \lambda \varphi \quad (2)$$

式中, k 的每个数值代表不同字符,取值范围为1~62. $f_{\theta(i)}^k$ 表示1024列数据.

由 $n(n \leq 35)$ 个特征向量构建特征空间 $U_n^{(k)} = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{35}\}$,然后用 $F_{\theta(i)}^k = U_n^{(k)T}(f_{\theta(i)}^k - m^k)$ 将 $f_{\theta(i)}^k$ 投影在特征空间可得到投影点集 $\{F_{\theta(i)}^k\}$,顺序连接每个字符的各投影点即可得到该字符的轨迹 L_n^k .

3.2 未知文字的判别方法

输入未知字符图像 x ,将其投影到特征空间 $U_n^{(k)}$ 得到 x 的投影点 X ,通过 X 与 L_n^k 之间的最短距离来判断字符及角度.为提高识别精度,可同时输入 R 个旋转的图像 X ,同一字符输入多个图像可以确定出多个特征值和特征向量,然后利用平均值与特征空间比较减少误识的几率.

计算变量 $d^{k(j)}$,并在计算结果中检索 $d^{k(j)}$ 的最小值 $\min d^{k(j)}$,其中 k 所代表的字符即为所识别的字符,根据计算结果也可以确定字符的轨迹.在本文中为了提高角度识别精度可利用插值法^[8]将字符轨迹上的点插值到1000个.变量计算公式如下所示.

$$d^{k(j)} = d_1^{k(j)} + d_2^{k(j)} + d_3^{k(j)} \quad (3)$$

式中, $d_i^{k(j)} = \varphi_k - \varphi_j$ ($i=1,2,3$), φ_k 为未知字符的特征向量, φ_j 为轨迹 L_n^k 上对应的特征向量, j 的范围为1~1000.同时,根据所确定的未知字符轨迹上与 X 距离最近的相邻两个点 $Fk_{\theta(i-1)}$ 和 $Fk_{\theta(i)}$ 来判断字符的倾斜角度 θk .计算公式如下:

$$\theta^k = \frac{l_2}{l_1 + l_2} \theta_{(i-1)} + \frac{l_1}{l_1 + l_2} \theta_{(i)} \quad (4)$$

式中, l_1 和 l_2 分别表示 X 与两个点 $Fk_{\theta(i-1)}$ 和 $Fk_{\theta(i)}$ 之间的距离.

通过上述文字识别方法,不仅可以识别字符还可以得到字符的倾斜角度.

4 实验

为了进一步验证基于特征空间法的文字识别方法,对数字字母字符分别为A~Z的大写英文字母, $a \sim z$ 的小写英文字母以及0~9的数字字符,总计62个字符进行数值分析实验.首先,对单一字体Century字体的字符进行验证,然后将Century、Courier、Times New Roman和Arial 4种字体字符同时识别,具体步骤如下所示.

首先,将四种字体图像平均,得到同一字符的平均图像(见图2),然后将字符按照360°每隔10°旋转,将每个字符每个角度的图像进行二值化和归一化得到32×32的二值图像并得到四种字体的平均

图像如图 3 所示.

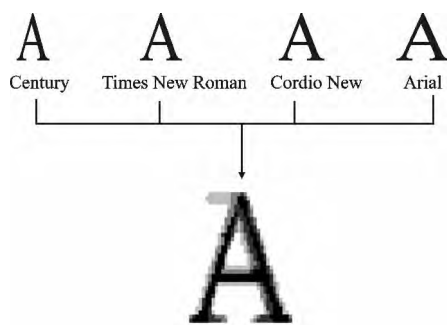


图 2 多字体字符平均图像

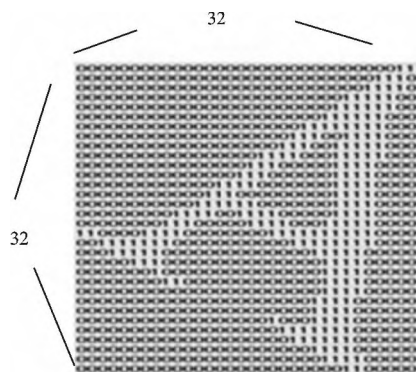


图 3 A 旋转 20 度图像

其次,将图像的数据由 32×32 转换成 1024×1 维数据,由式(1)和式(2)计算图像的特征值与特征向量.

再次,构建特征空间,并确定字符二维空间的运动轨迹,然后对轨迹进行插值,并将其投影到三维空间.按照上述方法确定每个字符的运动轨迹 L_n^k .

最后,输入字符 A 的图像,令 $R=3$,分别将其旋转 0° 、 120° 和 240° ,利用其特征向量与 Uk_n 最接近的即为该字符的特征空间,同时可确定该字符轨迹 Lk_n ,检索投影点与轨迹间的距离就可以得到 3 个距离由字符间的距离检索如图 4 所示,利用 $\text{mind}^{(j)}$ 判断出字符及其旋转角度.

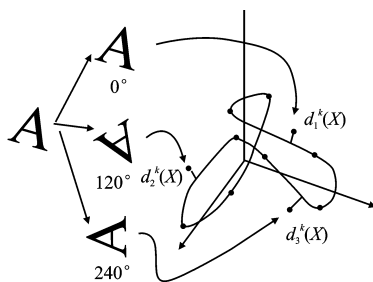


图 4 A 在三维空间投影

依照上述方法对 62 个 Century 字体的字母及数字进行识别.仿真结果如表 1 所示,其中 54 个字符的识别率达到 100%,外观相似的大小写字母 'I'、'O'、'W'、'Z' 识别率也在 90% 以上,数字 6 和

9 旋转之后的特征值与特征向量基本相同,容易被误识,识别率最低为 63.04%,实验表明:基于特征空间法的文字识别方法具有较高的识别率.

表 1 Century 字体识别结果

测试字符	识别率/%	识别出错率
I	93.48	1 (6.52%)
o	93.48	O (6.52%)
s	86.96	S (13.04%)
w	97.83%	W (2.17%)
z	97.83	Z (2.17%)
1	97.83	l (2.17%)
6	63.04	9 (36.96%)
9	76.09	6 (23.91%)
其他 54 种字符	100	无

图 5 所示为 Century 字体 62 个字符中被正确识别的字符旋转角度精度结果.可以看出 99.47% 的字符角度精度在 $(-10^\circ, +10^\circ)$ 范围内.

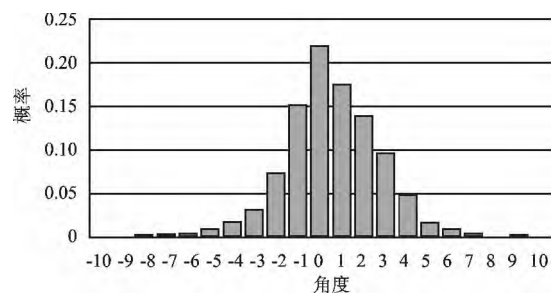


图 5 角度识别精度

图 6 所示为四种字体同时识别时的识别率.比较结果表明利用本文提出的方法进行多字体识别,识别率随着维度 R 的增加而提高.

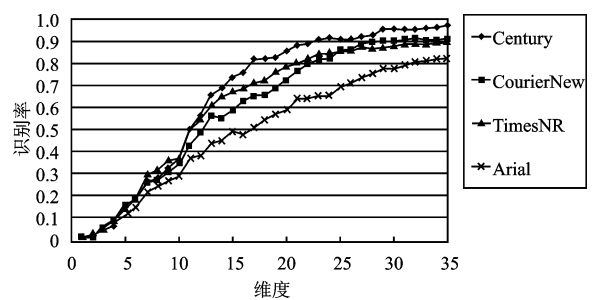


图 6 四种字体识别结

5 结束语

本文研究了一种基于特征空间的字符识别方法.主要通过建立特征空间,利用输入图像的投影点和样本图像构造的轨迹之间的距离.研究结果表明该算法,不仅可以对单一字体文字达到较高识别率同时还能估计出文字旋转角度.但是,在识别多种字体过程中,该方法识别的准确度依赖于输入图像的维度.此外,对于外形比较相似的字符识别并没有达

到满意结果. 这些问题可以作为今后进一步深入研究的方

参考文献:

- [1] 吕冀,赵龙,史国清. 一种旋转不变特征描述符[J]. 光电子·激光,2010,21(6):944-948.
- [2] Huihuang Zhao, Dejian Zhou, Zhaohua Wu. SMT product character recognition based on BP neural network[C]//2010 Sixth International Conference on Natural Computation Yantai, China; IEEE, 2010; 589-593.
- [3] 冯夫健,张乾,王林,等. 字符特征提取方法[J]. 软件导刊,2012,11(1):18-19.
- [4] 鲁传运,黄言平,季托. 图像旋转不变特征特性研究[C]//中国航天科工集团公司. 第九届全国光电技术学术交流会论文集(下册). 天津:中国航天科工集团公司,2010.
- [5] 李新良. 基于模板匹配法的字符识别算法研究[J]. 计算机技术及自动化,2012,31(2):90-93.

- [6] 江明,刘辉,黄欢. 图像二值化技术的研究[J]. 软件导刊,2009,8(4):175-177.
- [7] 张斌,常雷,童钟灵. 基于矩的图像归一化技术与 Matlab 实践[J]. 四川兵工学报,2010,31(4):75-77.
- [8] Karl Deckers, Adhemar Bultheel. Rational interpolation: II. Quadrature and convergence[J]. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 2013, 397(1):124-141.

作者简介:

梁华刚 男,(1980-),工学博士,硕士生导师. 研究方向为机器视觉及模式识别方面的研究、数字图像处理和智能交通领域研究. E-mail:lhg19800305@hotmail. com.

程加乐 女,(1989-),硕士研究生. 研究方向为机器视觉和图像处理的算法研究. E-mail:271664931@qq. com.

茹 锋 男,(1969-),工学博士,教授. 研究方向为图像处理与机器视觉、车联网技术及嵌入式系统、多源信息融合技术领域研究. E-mail:fengru@chd. edu. cn.

(上接第 81 页)

4 结束语

提出了基于 NC_Verilog 的快速功能仿真验证的方法. 分析了反熔丝器件和反熔丝 FPGA 的特点,在此基础上给出了反熔丝的等效模型,并通过仿真验证反熔丝 FPGA 电路的功能正确性,仿真结果显示此种仿真方法能达到功能仿真验证的目的,并且缩短了仿真周期,提高了仿真效率. 使用这种仿真方法对于提高反熔丝 FPGA 电路设计的正确率及功能覆盖率都有指导意义.

参考文献:

- [1] Addison M J S. Application-specific integrated circuits [M]. [s. l.]: Wesley Educational Publishers Inc, 1997:185-187.

- [2] Greene J, Hamdy E, Beal S. Antifuse field programmable gate arrays [J]. Proceedings Of The IEEE, 1993, 81(7):1042-1056.
- [3] Steve S C, Chen W-J, Esam E. Methods for programming antifuses having at least one metal electrode. USA: 5316971[P]. 1994-5-31.
- [4] 石雅先. 反熔丝 FPGA 设计技术研究[D]. 成都:电子科技大学, 2011.
- [5] 杨亚兰,杜涛,罗玉香. 基于逻辑等效模型的快速功能仿真验证[J]. 微处理机, 2011(3):6-9.
- [6] 须国宗,梁洪昌,黄焕章. Verilog_HDL 在数字 ASIC 设计上的应用[J]. 微处理机, 1996(1):27-30.

作者简介:

王洪昕 男,(1991-),硕士研究生. 研究方向为超大规模集成电路研究与设计. E-mail:wanghongxin007@163. com.