

纸币号码识别技术研究

刘承香¹, 阮双琛¹, 胡学娟¹, 黄贵明^{1,2}

(1. 深圳大学电子科学与技术学院, 广东 深圳 518060; 2. 深圳大学机械控制与自动化学院, 广东 深圳 518060)

摘 要:研究了纸币号码识别技术。针对水平冠字号和垂直冠字号的特点, 分别对号码数字图像进行了预处理、去噪、分割等处理, 然后利用区域模板矩阵作为特征参数, 进行模板匹配实现号码识别, 并对一些易混淆的字符进行特殊区域信息比较。在实践中水平冠字号的识别率达98%, 垂直冠字号的识别率达93%。

关键词: 号码识别; 图像分割; 模板匹配; 纸币

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Study on Recognition Technology of Paper Currency Number

LIU Cheng-xiang¹, RUAN Shuang-chen¹, HU Xue-juan¹, HUANG Gui-ming^{1,2}

(1. College of Electronic Science and Technology, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China;

2. College of Mechatronics and Control Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

Abstract: Recognition technology of paper currency number was studied. For the different characters between horizontal number and vertical number, we used different algorithms of preprocessing, denosing, and segmentation etc. Then used a regional template matrix as features to recognise the number. For some easily confused letters, we distinguished them by using the information in some special regionals. In practice, the recognition rate of horizontal number is up to 98%, the recognition rate of vertical number is up to 93%.

Key words: recognition number; image segmentation; template matching; paper currency

1 引 言

纸币号码的识别有很大的应用前景, 比如从自动取款机取款时唯有事先预防和保留证据, 然后可马上报警或与该柜员机所属银行交涉, 否则一旦在银行柜员机取到假钞, 市民想自证清白, 遭遇取证难自然是可想而知的^[1-2]。如果自动取款机上有号码自动识别功能, 就可以在给客户的通知单上注明所取钱的号码, 避免类似事件的发生。同时国内各大商业银行都开展了外币储蓄业务, 但在业务中绝大多数银行都使用外国的高档验钞机结合人工抄写号码, 一旦入库时发现假币将有据可查, 显然这种手段

很落后。所以迫切需要研究自动号码识别技术, 这一技术除了前面提到的几种情况以外还存在很多用途: 如对于采用拼接、粘补等方式将真钞或假钞组合在一起制成的拼接币, 这些拼接币的横号码和竖号码(第5套1999年版100元)往往不一致, 将横号码和竖号码进行自动比对, 可以很容易地将横竖号码不一致的拼接纸币识别出来, 作为其他鉴别方

基金项目: 深圳市科技计划项目(No. 200428; No. 200618)资助。

作者简介: 刘承香(1976-), 女, 深圳大学副教授, 博士。

E-mail: chxliu@szu.edu.cn

收稿日期: 2008-05-04; 修订日期: 2008-06-23

法^[3-5]的一个补充。另外自动号码识别技术还有利于自动记录纸币号码、便于存档和纸币仲裁书数据库的建立。

本文对纸币号码识别技术进行了研究。文中首先采集放大的垂直和水平冠字号的数字图像:将图像进行二值化、腐蚀、膨胀和中值滤波等预处理,提取垂直和水平号码部分;然后根据投影法进行图像字母和数字的划分;再将划分后的结果采用区域模板的方法进行号码识别,在实际应用中取得了很好的识别率。

2 号码图像获取和图像特点分析

通过显微放大系统采集纸币号码图像,对于第5套1999版人民币100元的号码包括水平冠字号号码包括水平冠字号和垂直冠字号,如图1所示。



(a) 水平冠字号



(b) 垂直冠字号

图1 纸币的横竖双号码图像

水平冠字号和垂直冠字号分别具有以下特点:

- 两个大写英文字母开头,字号较大,其后的8个阿拉伯数字字号较小;
- 水平冠字号与垂直冠字号的字母和数字对应部分具有相同字体、大小和格式;
- 可能存在噪声:背景噪声和号码字体内部的人为噪声(如白点等),而垂直冠字号的背景纹理颜色较字符颜色浅;
- 水平冠字号为黑色,垂直冠字号为蓝色,水平冠字号的背景简单,垂直冠字号的背景复杂;
- 数字范围为0~9,英文字母;
- 采集所得图片,号码部分均有不同程度的倾斜情况出现,但倾斜角度不大;
- 除了英文字母“I”,数字“1”,其他字母之间,数字之间的间隔相同。

通过对图片上号码的分析,对水平冠字号和垂直冠字号需采用不同的处理方法。

3 号码图像处理和识别

3.1 预处理

由于纸张的厚度、光洁度、油墨的深浅、印刷的质量以及可能产生的污点、飞白、断笔、交连等干扰,采集的图像上存在不同的噪声,这些噪声会影响识别率。因此在单个字符识别之前,需对图像整体进行预处理。预处理的方法包括二值化、腐蚀、膨胀、中值滤波及分割等。由于水平冠字号和垂直冠字号存在不同的特征,所以采用不同的预处理方法。对水平冠字号采用先二值化、再分别腐蚀和膨胀3次的方法进行预处理;垂直冠字号采用先二值化、再分别腐蚀和膨胀10次的方法进行预处理。实际中要根据成像的光强调整腐蚀和膨胀的次数。

3.2 整体水平去噪

预处理后二值化图像,其在Y轴上的投影在号码区域具有明显的峰值,如图2所示。选定阈值 T 作为背景噪声投影与号码区域投影的区分点,以去除小于此阈值的上下边界噪声。这里阈值 T 的选择很关键:太小无法达到整体去噪的目的;太大则可能丢失字符顶端或底端的信息。



图2 预处理后二值化图像在Y轴上投影

3.3 初划分

(1) 数据统计

统计结果表明:单个字符宽度、整体号码宽度以及字母之间间距等(单位:像素数)满足以下范围:

单个字符宽度范围:字母I:13~15;其他字母:44~51;数字1:11~15;其他数字:41~48;

整体号码宽度范围:590~645;

字母间距:含I组合:33~44;

不含I组合:12~25。

(2) 搜寻字符左边界

初划分以第一个字符的左边界为基准,因此能否正确找出第一个字符的左边界成为初划分正确与否的关键。文中特殊处理了第一个字符:从左到右的水平投影中找出3组左边界和3组右边界,然后判断每两个边界之间究竟是噪声、字符还是字符中截断的笔划(以单个字符左右边界的宽度是否满足一个字宽为判断的依据)。

(设⊙为噪声;①为数字1或字母I或字符的一部分;②为字符;③为任何情况)

情况1:②③③——判第一个左边界为第一个字符的左边界;

情况2:②③③——虽然检测到第一个左右边界间距满足一个字符的宽度,但是第二个左边界与第一个右边界之间的距离超出字符间所允许的范围,因此可能第一个左右边界间存在约一个字符宽度的噪声存在,则视为第一个左边界为噪声,找下3组继续判断。

情况3:⊙②③——若1和2两组左右边界的间距在字符宽度以内,则视为第一个为左边界;若1和2两组左右边界的间距在字符宽度以外,则视为第一个为噪声,找下3组继续判断。

情况4:⊙⊙③——直接判断第一个为噪声,找下3组继续判断。

情况5:①③③——判断第一个左边界为第一个字符的左边界。

通过上述过程寻找首字符的左边界,然后基于前面的数据统计可以在初划分中跳跃一个字符的宽度去搜寻下一个字符的左边界,直到所有字符的边界搜寻完成为止。

图3所示为初划分图像。

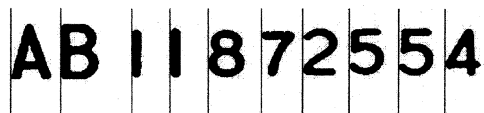


图3 初划分图像

3.4 垂直去噪

垂直去噪是在初划分的所有左边界间更精确地定位字符左右边界。与初划分相比,在精度上有更多要求,因此在算法设计上进行以下处理:

(1)字母I和数字1的字宽较小,所以当找到的左右边界间距较小时,就可能是I或1,也可能是同I或1字宽相当的噪声。这种情况可以通过计算左右间距之间的黑色像素的总数目 X 来进一步确定,经统计有以下规律:

- 当 $X < 120$,左右边界之间的为噪声;
- 当 $120 < X < 300$,左右边界之间为“有用噪声”,即可能是下一字符因腐蚀而断裂的部分笔划;
- 当 $X > 300$,左右边界之间为字母I或者数

字1。

(2)当找到的左右边界间距比字母I或者数字1大,却比其他字符小的时候,则可能是字符断裂的笔划。对于这种情况,在划分时考虑前后部分是否也是字符的一部分:通过后方的笔划与前者结合,看他们的间距是否符合一个字符宽度来判断,以此确定一个完整的字符左右边界。

对于所有字符,当找到的左右边界比字符宽度大的时候,有可能是背景噪声和字符粘连在一起所致。我们以一个字符宽度的间隔在 X 轴投影区域从左到右扫描,当落到数据最大区域时,即可确定该字符的左右边界。

图4所示为去噪后图像。

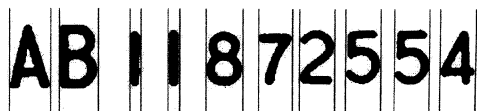


图4 垂直去噪后图像

3.5 水平去噪

利用 Y 轴方向投影,从上至下读取图像信息。先找出字符的上边界,当下边界与上边界的距离符合一个字符高度时,任务完成并清除上下区域外的噪声;当不满足一个字符高度时,则降低阈值重新寻找。

图5所示为水平去噪后图像。



图5 水平去噪后图像

3.6 字符特征提取和识别

号码识别处理的方法很多^[6-7],本文采用区域模板匹配法,即把模板的图像划分为若干区域,每一个区域为一个网格,以区域内黑色像素的个数为特征,对每个区域的数字特征进行提取,即模板的数字化。例如字母A,C和D的特征矩阵如下所示:

$$g_A = \begin{bmatrix} 00 & 24 & 90 & 01 \\ 00 & 49 & 100 & 25 \\ 00 & 70 & 100 & 59 \\ 03 & 96 & 58 & 90 \\ 24 & 96 & 09 & 99 \\ 48 & 93 & 60 & 94 \\ 69 & 79 & 54 & 68 \\ 94 & 31 & 00 & 10 \end{bmatrix}, g_C = \begin{bmatrix} 26 & 85 & 100 & 86 \\ 77 & 28 & 01 & 61 \\ 97 & 10 & 00 & 03 \\ 100 & 12 & 00 & 01 \\ 96 & 20 & 00 & 01 \\ 94 & 20 & 00 & 05 \\ 72 & 56 & 03 & 59 \\ 17 & 83 & 90 & 79 \end{bmatrix}$$

$$g_D = \begin{bmatrix} 96 & 91 & 93 & 64 \\ 95 & 07 & 02 & 72 \\ 90 & 10 & 00 & 40 \\ 84 & 09 & 00 & 28 \\ 80 & 17 & 00 & 22 \\ 63 & 06 & 00 & 22 \\ 66 & 24 & 16 & 57 \\ 57 & 77 & 80 & 63 \end{bmatrix}$$

$g_{A11} = g_{A21} = g_{A31} = g_{A83} = 0$, 与其他字母相比较, 只有 A 在这些区域同时为 0。因此把 $g_{A11}, g_{A21}, g_{A31}, g_{A83}$ 作为模板中有效的识别信息, 即: 当 $g_{A11} + g_{A21} + g_{A31} + g_{A83} < A_{re}$ 时, 则判断该字符为 A。其中 A_{re} 为增加对噪声抗干扰性设置的冗余。

字母 C 与 D 具有很多相似特征: $g_{C33} = g_{D33} = 0$, $g_{C43} = g_{D43} = 0$, $g_{C53} = g_{D53} = 0$, $g_{C63} = g_{D63} = 0$ 。倘若仅以这四个区域作为识别特征, C 和 D 将无法判断。因此增加了用字母笔划作为识别特征。由矩阵看出, $g_{C11} \ll g_{D11}$, $g_{C81} \ll g_{D81}$, 体现在 C 的左边笔划具有弯曲特征, 而 D 的左边笔划为直线。在算法上为: $g_{C12} - g_{C11} > 20$ 且 $g_{C82} - g_{C81} > 20$ 时, 判断为字母 C; 反之为 D。

对数字的识别也采用特征矩阵的方法进行处理, 在实验测试中遇到了 5 和 6 误判的情况。根据数字 5, 6 的特征矩阵, $(g_5)_{41} + (g_5)_{24}$ 值很小则判定为 5; $(g_6)_{41} + (g_6)_{24}$ 值很大时判定为 6。这种方法在在实践中有很好的识别效果, 大大提高了识别率。

$$g_5 = \begin{bmatrix} 82 & 100 & 100 & 76 \\ 78 & 01 & 00 & 00 \\ 86 & 82 & 77 & 24 \\ 56 & 24 & 30 & 92 \\ 00 & 00 & 00 & 71 \\ 77 & 27 & 25 & 82 \\ 29 & 79 & 79 & 24 \end{bmatrix}, g_6 = \begin{bmatrix} 15 & 76 & 88 & 39 \\ 82 & 33 & 09 & 86 \\ 86 & 22 & 30 & 08 \\ 96 & 79 & 55 & 86 \\ 94 & 05 & 00 & 47 \\ 75 & 32 & 03 & 68 \\ 18 & 80 & 92 & 58 \end{bmatrix}$$

4 实验结果及分析

本文采集了 107 张纸币 (其中真币 80 张, 假币 27 张) 的横竖号码图像进行了识别分析, 识别的试验结果如表 1 所示。

从表 1 可以看出, 水平冠字号比垂直冠字号的识别率高, 真币比假币的识别率高。这是因为水平

冠字号没有背景干扰, 而垂直冠字号受背景干扰较大。同时真币的油墨饱满、颜色对比度好, 假币油墨不够饱满、颜色不够深以及纸质太差致磨损过重等原因使得识别率偏低。

表 1 试验结果

防伪点	总数/张	真币/张	假币/张	真币误识/张	假币误识/张	误识率/%	总识别率/%
水平号码	107	80	27	0	2	2	98
垂直号码	107	80	27	1	6	7	93

5 结 语

本文对纸币号码识别技术进行了详细研究, 针对纸币横竖双号码的各自特点, 在号码划分、号码识别方面提出了很实用的解决办法, 最后得到了很好的识别率。实验结果表明此方法有较好的实用性, 可以在很多的防伪技术中用到。

提 示 文中的很多统计数据是根据我们成像的大小来进行的, 读者如果要采用此方法进行处理需根据实际成像大小进行相应统计。

参考文献:

- [1] ATM“吐出”700 元崭新假钞? 投诉者称举证困难. (2004 - 02 - 18) [2004 - 02 - 18]. <http://finance.news.tom.com/1015/1045/2004218-42400.html>.
- [2] 民工 ATM 机取出 48 张同号百元假钞, 举牌警示市民. (2008 - 02 - 19) [2008 - 02 - 19]. <http://news.sohu.com/20080219/n255225408.shtml>.
- [3] 刘承香, 阮双琛, 胡学娟, 等. 基于浮雕处理的红外数字图像鉴别技术研究[J]. 激光与红外, 2007, 37(6): 561 - 563.
- [4] 胡学娟, 阮双琛, 刘承香, 等. 基于小波变换的近红外图像特征提取方法[J]. 深圳大学学报, 2006, 23(2): 102 - 106.
- [5] Liu Cheng-xiang, Ruan Shuang-chen, Hu Xue-juan, et al. Study on recognition technology of complementary image [J]. Proc. of SPIE, 2006, 6357: 635705 - 1 - 635705 - 6.
- [6] 黄波. 基于 S3C44BOX 的纸币号码识别系统的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2006: 37 - 54.
- [7] 郭艳平, 丁万山. 基于投影法定位与分割的美元号码识别系统[J]. 航空计算技术, 2007, 37(5): 45 - 48.