

# 人民币纸币冠号码字符识别方法研究

陈正伟,朱建华,周 律,刘 浏

(浙江科技学院 工程训练中心,杭州 310023)

**摘 要:** 以倾斜校正算法和模式识别算法 2 项核心技术为目标,充分利用霍夫变换法和最小二乘法在直线检测中的优点,采用一种结合霍夫变换法和最小二乘法的直线检测算法来求得人民币纸币图像的边缘直线及边缘直线的倾斜角度参数,并采用图像旋转变换算法实现对原倾斜人民币图像的倾斜校正。采用 Hopfield 神经网络的联想记忆功能,缩小待识模式与标准模板的差异,再用模板匹配法对 Hopfield 神经网络的输出结果进行识别,得到最终的识别结果。实验证明,结合 Hopfield 神经网络和模板匹配法的人民币冠号码识别方法具备较高的识别率。

**关键词:** 模式识别;冠号码;倾斜校正;神经网络;模板匹配

中图分类号: TP391.413

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2014)06-0415-04

## Study on recognition method of crown word number for RMB paper money

CHEN Zhengwei, ZHU Jianhua, ZHOU Lü, LIU Liu

(Center of Engineering Practice, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Slant correction method and pattern recognition algorithm are two key techniques in the RMB crown word number automatic recognition technology. According to the advantages of Hough transform method and the least squares method in line detection, a method combining Hough transform and the least squares is proposed to detect the edge line of the paper money image and find the angle parameter of the edge line. Image rotation algorithm is used to rotate the slanted image to get the correction image. Hopfield neural network, based on its function of association and memory, is designed to reduce the difference between the unknown pattern and the standard pattern. Pattern match method is programmed to recognize the output of the Hopfield neural network. Experiments show that RMB crown word number automatic recognition technology, based on Hopfield neural network and pattern match algorithm, has high recognition rate.

**Key words:** pattern recognition; crown word number; slant correction; neural network; pattern match

---

收稿日期: 2014-07-26

基金项目: 浙江科技学院科研基金项目(2011XJB23)

作者简介: 陈正伟(1983— ),男,浙江省青田人,工程师,硕士,主要从事电工电子技术和智能控制研究。

人民币是中国的法定货币,冠字号码是人民币纸币身份的标识,具有唯一性。对冠字号码的自动识别技术的研究,在加强人民币的监督管理、打击偷抢赌博等犯罪活动、识别假币及收兑残缺纸币等方面都有着很重要的意义<sup>[1]</sup>。人民币的冠字号码长度是 10 位,通常由 2 个大写英文字母(字母 A~Z,字母 V 除外,由印钞厂按照一定的规律编排和印刷,表示印刷的批次)和 8 个阿拉伯数字(数字 0~9,表示每张钞票在同一类冠字序列中的先后顺序)构成。每一张人民币都对应一个号码序列,冠字号码标志着每一张人民币独一无二的身份,可以作为人民币身份识别的标识。图 1 所示的是一张冠字号码为“EM68332336”的第五套 100 元人民币图像,冠字号码位于纸币的左下角位置。对冠字号码的识别步骤主要包括识别前处理操作和识别操作 2 个步骤。



图 1 人民币中的冠字号码

Fig. 1 Crown word number in RMB

## 1 识别前处理

人民币冠字号码识别前处理主要包括图像的倾斜校正、去噪、灰度化、二值化、字符区域定位、单个字符切分、归一化和标准化等。

### 1.1 结合霍夫变换方法和最小二乘法的图像倾斜校正算法

在采集纸币图像时,难免会因为摆放位置存在误差而导致采集到的图像发生倾斜的情况,这不利于后续字符的定位、切分和识别,因此,对倾斜的纸币进行校正是识别前处理的一个重要步骤。一般对倾斜图像进行校正分为边缘直线的检测和图像旋转 2 个环节,其中边缘直线的检测是倾斜校正算法的核心。霍夫变换方法和最小二乘法是检测图像中直线的 2 种基本的方法,它们各有优缺点。霍夫变换具有鲁棒性好、无需启发知识等优点,同时普通的霍夫变换算法存在计算的内存空间、时间开销大及存在虚假直线等缺点。最小二乘法可以获得给定数据在均方误差意义下的绝对精确直线,能达到霍夫变换法所达不到的检测精度。但是,最小二乘法受“野值”影响大,需要采用一些算法削弱或消除“野值”对检测结果的影响<sup>[2-6]</sup>。本研究采用霍夫变换法与最小二乘法相结合的直线检测算法来求得图像的边缘直线及边缘直线的倾斜角度,并采用图像旋转算法实现对原图像的倾斜校正。结合霍夫变换方法和最小二乘法的图像倾斜校正算法主要步骤如下:

- 1) 给定二值图像  $I$ 、霍夫变换法的参数分辨率( $\Delta r, \Delta \theta$ )、霍夫变换法的投票数阈值  $T$  及直线所在大致区域的距离误差限  $d$ 。
- 2) 在分辨率( $\Delta r, \Delta \theta$ )下求取  $I$  的标准霍夫变换,并确定投票数值不小于  $T$  的直线参数点。
- 3) 对检测到的直线参数点,在  $I$  中寻找所有到该直线距离大于  $d$  的特征点,构成特征点集  $L$ 。
- 4) 对  $L$  进行最小二乘法直线拟合,得到最终的边缘直线的倾斜角度参数。
- 5) 根据步骤 4) 中得到的边缘直线的倾斜角度参数,应用图像旋转变换算法实现对倾斜图像的校正。

应用本研究算法实现的倾斜纸币图像校正效果如图 2 所示。分析可得,结合霍夫变换和最小二乘法的图像边缘直线检测方法不但提高了直线的检测率和检测精度,而且降低了对霍夫变换的分辨率要求,从而减小算法整体的内存空间、时间开销。

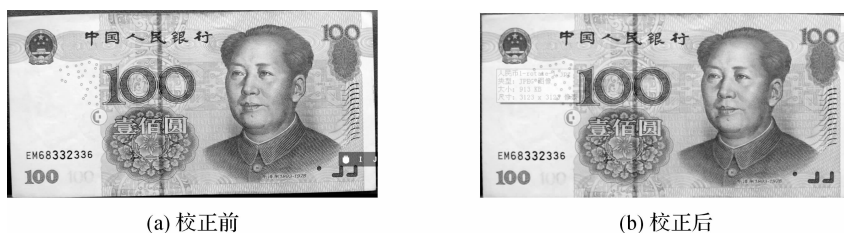


图 2 倾斜校正对比

Fig. 2 Comparison (a) image before slant correction; (b) image after slant correction

### 1.2 其他前处理过程

从倾斜校正后的图像提取得到可以输入识别系统中的图像还需要的处理步骤包括去噪、灰度化、二值化、字符区域定位、单个字符切分、归一化和标准化处理等。通过识别预处理得到最终的图像如图 3~4 所示,图 3 为字符区域初定位得到的冠字号字符串,图 4 为输入识别系统的标准化的单个字符图像。



图3 冠字号字符串

Fig. 3 Character string of crown word number

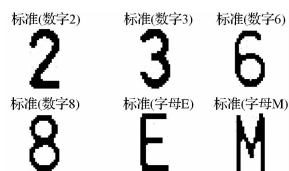


图4 标准化的冠字号单个字符图像

Fig. 4 Single character of normalized crown word number

## 2 结合 Hopfield 神经网络和模板匹配法的识别方法设计

### 2.1 Hopfield 神经网络原理

Hopfield 神经网络作为一种全连接型的神经网络,利用其与阶层型神经网络不同的结构特征和学习方法,模拟生物神经网络的记忆机制,从而获得令人满意的处理结果。二值 Hopfield 神经网络结构如图 5 所示,神经元的输出只取 1 和 -1。

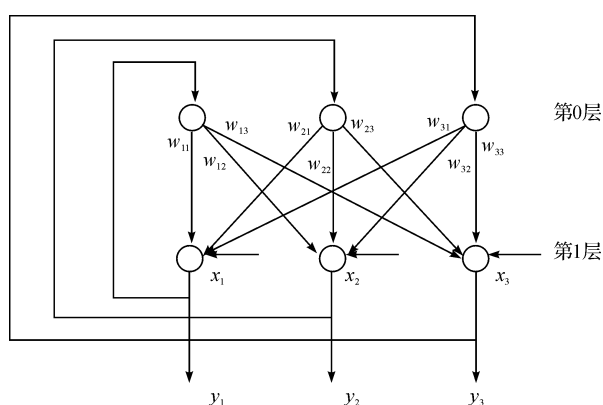


图5 二值 Hopfield 神经网络结构

Fig. 5 Structure of binary Hopfield neural network

由图 5 可见,该网络结构为单层、输出为二值的反馈网络。第 0 层仅作为网络的输入,第 1 层为神经元,执行对输入信息与权系数的乘积求累加和,并经非线性函数  $f$  处理后产生输出信息。该网络具有联想记忆功能,利用这一功能能对数字、字符进行识别,可取得令人满意的结果,并且其计算的收敛速度很快。当带噪声的数字、字符点阵输入到该网络时,网络的输出便是最接近目标模式的向量<sup>[7-13]</sup>。

### 2.2 模板匹配法识别原理

模板匹配法将待识模式分别与各标准模板进行匹配,通过相关度函数计算待识模式与各标准模板之间的相关度值,相关度值越高,则匹配情况越好,最后取匹配情况最好的模式作为识别结果。模板匹配法是模式识别中的一个最原始、最基本的方法,但它存在对像素十分敏感,对目标的畸变、大小、角度变化适应差等缺点<sup>[14]</sup>。

### 2.3 Hopfield 神经网络和模板匹配法结合的识别算法设计

根据 Hopfield 神经网络和模板匹配法各自的特点,本研究首先拟采用 Hopfield 神经网络的联想记忆功能,缩小待识模式与标准模板的差异,然后用模板匹配法对 Hopfield 神经网络的输出结果进行识别,最后得到最终的结果。识别流程如图 6 所示。

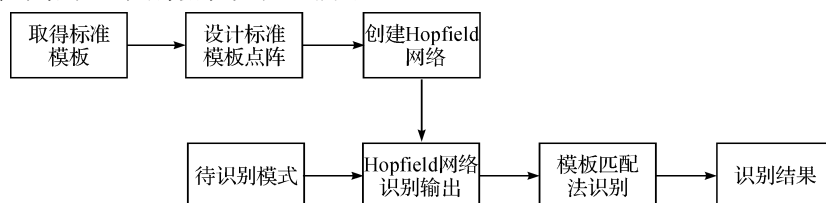


图6 Hopfield 神经网络和模板匹配法结合的识别流程图

Fig. 6 Flow chart of pattern recognition combining Hopfield neural network with pattern match algorithm

### 3 结果分析

为了验证本研究提出的倾斜校正算法的有效性,利用在起止点坐标均已知的真实直线段图片中添加一定噪声强度的均匀分布的随机噪声所得到的测试图像,分别运用霍夫变换方法、最小二乘法和本研究提出的结合 Hopfield 神经网络和模板匹配法的识别方法,对测试图像进行验证,得到数据见表 1。

表 1 倾斜直线检测正确率对比表

Table 1 Comparison of line detection accuracy rate

%

序号	噪声强度	最小二乘法	霍夫变换法	本研究方法
1	1	100	100	100
2	5	80	72	98
3	15	64	56	92

由表 1 可以看出,在强噪声背景下,本研究提出的算法具有较高的检测正确率。

运用 Matlab 神经网络工具箱,实现本研究提出的结合 Hopfield 网络和模板匹配法的纸币冠号码字符识别系统。系统输入为如图 4 所示的  $32 \times 16$  的二值图像。首先将各个标准字符的黑色部分用 1 表示,空白部分用 -1 表示,得到各个标准数字字符模板的标准点阵  $T$ ;然后调用 newhop() 函数创建 Hopfield 神经网络;再用在标准模板上叠加噪声的方法,得到被污染的待识别数字和字符;最后应用本研究提出的算法对这些数字和字符进行识别。识别结果见表 2。

表 2 识别算法识别率对比表

Table 2 Comparison of recognition rate by recognition algorithm

%

序号	噪声强度	模板匹配	本研究方法
1	5	100	100
2	15	90	98
3	30	72	96

由表 2 可以看出,在待识别字符的噪声强度小于 0.3 时,本研究提出的识别算法均具备较高的识别率,识别率达到 96% 以上。

### 4 结 语

本研究对基于人民币冠号码的自动识别技术进行了研究,着重研究了倾斜校正算法和模式识别算法 2 项核心技术。设计了融合霍夫变换方法和最小二乘法的图像倾斜校正算法,并结合 Hopfield 神经网络和模板匹配法的识别方法。实验证明,本研究设计的算法较融合优化前的算法在效果上有显著提升,可推广应用到其他直线提取和图像识别领域。

#### 参考文献:

- [1] 张晴晴. 人民币冠号码的图像识别技术研究[D]. 南京:南京理工大学,2013.
- [2] 艾朝霞. 基于 Hough 变换的改进的纸币倾斜校正方法[J]. 科学技术与工程,2011,11(20):4906-4908.
- [3] Guo S Y, Prodmore T, Kong Y G, et al. Improved Hough transform voting scheme utilizing surround suppression[J]. Pattern Recognition Letters,2009,30(13):1241-1252.
- [4] Dahyot R. Statistical hough transform[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, 31(8):1502-1509.
- [5] Hubert M, Rousseeuw P J, Aelst V S. High-breakdown robust multivariate methods[J]. Statistical Science, 2008, 23(1):92-119.
- [6] 郭斯羽,翟文娟,唐求,等. 结合 Hough 变换与改进最小二乘法的直线检测[J]. 计算机科学,2012,39(4):196-200.
- [7] 史峰,王小川,郁磊,等. MATLAB 神经网络 30 个案例分析[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010.
- [8] 张良均,曹晶,蒋世忠. 神经网络实用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [9] 张宏林. 精通 Visual C++ 数字图像模式识别技术及工程实践[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
- [10] Sedighi A, Vafadust M. A new and robust method for character segmentation and recognition in license plate images[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(11):13497-13504.
- [11] 邓丽华,崔志强,张静. 基于人工神经网络的手写体数字识别[J]. 三峡大学学报:自然科学版,2005,27(3):255-256.
- [12] 孙兆林. MATLAB6. X 图像处理[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [13] 付德胜,张学勇. 基于 hopfield 神经网络噪声数字的识别[J]. 通信技术,2010,43(1):126-129.
- [14] 孙燮华. 数值图像处理:原理与算法[M]. 北京:机械工业出版社,2010.