

· 图像与信号处理 ·

## 基于神经网络的硬币面额识别

毛 玺, 郭光立

(河南科技大学 机电工程学院, 河南 洛阳 471003)

**摘 要:** 硬币面额的自动识别是自动售货机和硬币清分机具的关键技术. 通过摄像头采集硬币的图像信号, 利用硬币的外观进行面额识别. 首先提取硬币图像的不变矩特征, 然后利用神经网络进行图像的分类识别, 从而实现硬币面额的识别. 实验表明该方法能得到满意的识别结果.

**关键词:** 硬币面额; 不变矩; BP 神经网络; 图像识别

**中图分类号:** TP391.41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-1255(2010)02-0054-03

## Coin Denomination Recognition Based on Neural Network

MAO xi, GUO Guang-li

(Electromechanical Engineering Collage, Henan University of Technology, Luoyang 471003, China)

**Abstract:** The automatic recognition of coin denomination is a key technology for vending machines and coin sorting machines. The exterior appearance of the coin was used to recognition its denomination through capturing the image signal of the coin by using camera. Firstly, the invariant moments of coins image were extracted, then the neural network was used to classify the images for realizing the recognition of coin denomination. The experimental results show that the proposed method can achieve satisfying recognition results.

**Key words:** coin denomination; invariant moments; BP network; image recognition

硬币具有成本低、流通次数多、耐磨损、易回收等优点. 日常生活中有大量的硬币在流通使用, 在许多场合需要一种成熟可靠的硬币自动处理器具, 如硬币清分机、投币电话机、自动售货机、公交车投币机等. 在硬币的自动处理过程中, 硬币的面额自动识别是一项关键技术<sup>[1,2]</sup>. 提出了一种通过摄像头采集硬币的图像信号, 利用硬币的外观进行硬币面额识别的方法. 具体实现过程如下: 首先, 采集得到硬币图像, 对图像进行预处理; 然后, 提取硬币图像的不变矩特征; 最后, 利用神经网络进行图像的分类识别.

### 1 不变矩特征的提取

特征提取是用尽可能低维的特征来描述硬币图

像, 同时这些特征应具有显著的判别性, 即对于同一种硬币变化很小, 对于不同种硬币差异较大. 对于采集得到的硬币图像, 可以是硬币的正面或反面, 也可以有不同方向. 图像的不变矩特征<sup>[3]</sup>对于平移、旋转和比例缩放是不变的, 因此采用图像的不变矩特征.

对于二维连续函数  $f(x, y)$ , 其  $(p+q)$  阶矩定义为

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy \quad (1)$$

中心矩的定义为

$$\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy \quad (2)$$

其中

收稿日期: 2010-01-29

基金项目: 河南省自然科学基金(0411012500)

作者简介: 毛玺(1962-), 男, 河南洛阳人, 高级实验师, 主要从事现代测控技术、精密仪器的实验教学.

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \text{ 和 } \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (3)$$

考虑到数字图像在计算机中用二维矩阵表示,在依据上述数学定义计算图像的不变矩特征时,应将式(1)、式(2)中的积分计算改为求和计算;也就是,如果矩阵  $I(x, y)$  表示数字图像,则图像的中心矩特征由式(2)变换得到

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (4)$$

由式(4),可以得到图像的三阶中心矩特征为

$$\begin{aligned} \mu_{00} &= m_{00} & \mu_{02} &= m_{02} - \bar{y}m_{01} \\ \mu_{10} &= 0 & \mu_{30} &= m_{30} - 3\bar{x}m_{20} + 2\bar{x}^2m_{10} \\ \mu_{01} &= 0 & \mu_{03} &= m_{03} - 3\bar{y}m_{02} + 2\bar{y}^2m_{01} \\ \mu_{11} &= m_{11} - \bar{y}m_{10} & \mu_{21} &= m_{21} - 2\bar{x}m_{11} - \bar{y}m_{20} + 2\bar{x}^2m_{01} \\ \mu_{20} &= m_{20} - \bar{x}m_{10} & \mu_{12} &= m_{12} - 2\bar{y}m_{11} - \bar{x}m_{02} + 2\bar{y}^2m_{10} \end{aligned}$$

为便于图像的分类识别计算,归一化中心矩,由  $\eta_{pq}$  表示,定义为

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^\gamma} \quad (5)$$

其中

$$\gamma = \frac{p+q}{2} + 1 \quad p+q=2,3,\dots \quad (6)$$

根据式(4)图像的不变矩特征的数学定义,在文中用一组 7 个来自于二阶和三阶矩的不变矩特征来表示硬币图像,这些不变矩特征的计算表达式如下

$$\varphi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \quad (7)$$

$$\varphi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \quad (8)$$

$$\varphi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \quad (9)$$

$$\varphi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \varphi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - \\ & 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} - \eta_{03})[ \\ & 3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ & 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \quad (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - \\ & 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[ \\ & 3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (13) \end{aligned}$$

## 2 BP 神经网络的构建

神经网络<sup>[4]</sup>具有的自组织、自适应、容错性和

较强的学习、联想能力.选用 BP 神经网络进行硬币图像的分类识别.在训练网络时,需要提供网络的输入特征和训练目标.文中采用硬币图像的 7 个不变矩作为神经网络的输入.根据 Kolmogorov 定理,采用一个  $N \times (2N + 1) \times M$  的 3 层 BP 网络作为硬币识别分类器.其中,  $N$  表示输入特征向量的维数,  $M$  表示输出类别总数.分别用  $(1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ ;  $(0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ ;  $(0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0)$ ;  $(0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0)$ ;  $(0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0)$ ;  $(0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0)$ ;  $(0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0)$ ;  $(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1)$ . 表示 8 种类别.这样一来,就可以在网络中设计 8 个输出神经元表示 8 种硬币图像.由此可得,该 BP 网络结构为:输入层有 7 个神经元,中间层有 15 个神经元,输出层有 8 个神经元.按照一般的设计方案,中间层神经元的传递函数为 S 型正切函数,输出层神经元的传递函数为 S 型对数函数,之所以选择 S 型对数函数,是因为该函数为 0-1 函数,正好满足硬币识别的输出要求.

## 3 硬币面额识别实验

实验用 MATLAB 完成了对神经网络的训练和图像识别.从不同方位拍摄的硬币图像共 40 幅,作为训练神经网络的样本.实验中的部分硬币图像如图 1 所示.



图 1 部分硬币图像样本

每种硬币正反面的图像均采集 10 幅,则共有 80 幅.对这些图像依次识别.得到的结果如表 1 所示.

表 1 测试结果

测试项目	测试样本	测试结果	成功率
硬币面额识别	80 幅硬币图片	成功识别 75 张	93.75%

从测试结果可以看出,文中所提出的硬币识别方法的识别率还是比较高的.但是,仍有个别的图像在识别过程中出现了错误.通过对识别结果进行分

析后发现识别错误的硬币图像包括 2 种:其一,硬币表面存在反光,这带来了图像识别不利的图像特征;其二,用于训练的样本图像中硬币的方位十分接近,这使训练图像的代表性差,影响到了神经网络的推广能力.从这些可以看出:在进行硬币面额识别时,除了提高图像的采集质量外,还要采用尽可能有代表性的图像样本来训练神经网络.

## 4 结 论

成功地实现了硬币面额的自动识别.针对硬币图像的特点,以硬币图像的不变矩为特征作为输入,应用 BP 神经网络实现了各种硬币面额的识别.文中采用最简单的 BP 神经网络进行硬币识别,可以采用其他更复杂的神经网络结构和参数,有望进一

(上接第 47 页)

前照灯自动开灯/延时关灯系统由感光器单元、功率继电器和延时调节器等组成,安装在转向座上,电路如图 4 所示,系统实物如图 5 所示.

### 3.2.1 自动开灯装置

当灯光开关在 OFF 位置(如图 3 灯光控制开关 S2 - OFF 自动变光档),点火开关 S1 - IG 档时,随着环境亮度下降,感光器内的光敏电阻 RB 的阻值增大,当光敏电阻 RB 的阻值增大到预定值时,感光器的 4 号端子导通,使自动开关灯继电器的磁化线圈通电,自动开关灯继电器的常开触点闭合,点亮前照灯和外部照明小灯,实现自动开灯的功能.

实现自动开灯的功能需要在灯光开关 S2 - OFF、点火开关 S1 - IG、环境亮度昏暗(何种昏暗程度下自动开灯可通过灵敏度旋钮进行调节)3 个条件同时满足的情况下才能自动点亮前照灯.

### 3.2.2 延时关灯装置

延时关灯装置的工作原理是:当断开点火开关(S1 - OFF)后,由点火开关到感光器 3 号端子(电源端子)的线路断开.这时,启动延时装置的定时电路,通过 C1 放电,(延时时间 =  $1.1C1 \times R5$  s)<sup>[4]</sup>,由定时电路继续给感光器的 3 号端子供电,感光器则根据环境亮度来决定是否继续给自动开关灯继电器供电,当环境亮度昏暗时,使功率继电器的触点继续闭合,前照灯或外部照明灯延时点亮约 1 min 时间(可通过调节 R5 改变延时时间).当到了预定的时间,定时器停止给感光器的 3 号端子供电,同时感

步提高识别率.利用硬币的外观进行面值识别,对于能够正常流通的硬币来说,识别效果较好.当币面污损到肉眼难以分辨时,单纯用文中的视觉检测法难以胜任.实际运用中,应当采用硬币的材质、质量、外观等特征的组合进行面值识别,这方面有待进一步深入研究.

## 参考文献

- [1] 张弛. 图像识别技术在硬币清分计数器中的应用[J]. 机床与液压, 2006 (5): 160 - 162.
- [2] 毕晓君, 孙晓霞. 基于蚁群算法的硬币识别研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2006, 27(6): 882 - 885.
- [3] 孙即祥. 模式识别中的特征提取与计算机视觉不变量[M]. 北京:国防工业出版社, 2001.
- [4] 孙毅辉. 基于神经网络的图像识别系统[J]. 计算机系统应用, 2001 (3): 44 - 45, 48.

光器 4 号端子(放大信号端)也停止给自动开关灯继电器供电,自动开关灯继电器的触点断开,前照灯便熄灭.而当环境亮度明亮时,感觉器 4 号端子不导通,不启动延时关灯装置,避免白天点灯的误操作.

实现延时关灯的功能需要灯光开关 S2 - OFF (自动变光档)、点火开关 S1 - OFF、环境亮度昏暗 3 个条件同时满足时才启动延时关灯功能.

## 4 结 束 语

目前具有自动变光技术的车型比较少,所以该项技术在用车前照灯自动变光控制的改造方面具有广阔的市场空间.该项技术设计的工作稳定性方面通过在标致 307 车型上改装获得成功,实现会车自动变光及黑暗环境自动开启前照灯的功能,累计行驶 9 万公里未出现控制失灵现象.

## 参考文献

- [1] 张庆双. 机动车、交通应用电路集粹[M]. 北京:机械工业出版社, 2005 :5 - 12.
- [2] 张庆双. 电子技术 ——基础、技能、线路实例[M]. 北京:科学出版社, 2006:268 - 272.
- [3] Yuan Chang Liou. An anamorphic automobile headlamp design[J]. Journal of Automobile Engineering, 2008, 222 (6): 963 - 974.
- [4] 李栓成, 舒华. 汽车电子控制装置[M]. 北京:金盾出版社, 2005.