第 33 卷　第 23 期　　计　算　机　工　程　　2007 年 12 月
Vol.33　No.23　　Computer Engineering　　December 2007
·工程应用技术与实现·　文章编号：1000—3428(2007)23—0223—03　文献标识码：A　中图分类号：TP391.41

分行显示数字仪表读数的自动识别

张艳玲[1,2]，汪仁煌[1]，黄　挺[2]
(1. 广东工业大学自动化学院，广州 510080；2. 广州大学信息学院，广州 510006)

摘　要：引入 HSV 色彩空间，提出一种自动识别字符色泽的算法。用减背景、色泽分析方法进行字符的提取，用投影方法进行单个字符的分割。采用 BP 网络学习算法，构造了一个 3 层 BP 神经网络模型，对数字 0~9 进行识别。实验表明该方法具有很强的鲁棒性。
关键词：HSV 色彩空间；字符色泽识别；减背景技术；BP 神经网络

Automatic Reading Recognition for Digital Meter Displayed with Rows

ZHANG Yan-ling[1,2], WANG Ren-huang[1], HUANG Ting[2]
(1. School of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510080;
2. School of Information, Guangzhou University, Guangzhou 510006)

【Abstract】This paper introduces HSV color space and an algorithm of automatic recognition character color. By using background subtraction technique and color analysis methods, the positions of characters are found, and characters are segmented with projection algorithm. BP neural network is applied in characters recognition to identify the number 0 to 9. Experimental results show that the proposed scheme is feasible and has great robustness.
【Key words】HSV color space; character color recognition; background subtraction technique; BP neural network

数字仪表以其高精度、可设置等优点在工业和控制领域得到了广泛应用。虽然大多数仪表都有数字输出接口，但在很多应用中仍需要人工记录仪表显示值，如仪表检定、科学实验、测量控制等。本文将图像处理技术应用于仪表读数的识别，设计了分行显示数字仪表读数的自动识别系统，以此减轻工作人员的工作量，提高工作效率。

1　分行显示数字仪表读数的自动识别系统组成

分行显示数字仪表读数自动识别系统主要由 4 部分构成：字段区域定位，提取字符，单字分割和单字识别。自动识别流程如图 1 所示。

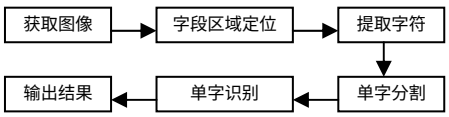


图 1　分行显示数字仪表的自动识别系统流程

2　字段区域定位

2.1　字段区域的粗定位

首先把原始图像(图 2)转换为灰度图(图 3)，再求取其灰度直方图(图 4)，依据直方图中的峰值灰度，前后放宽 5 个灰度级。

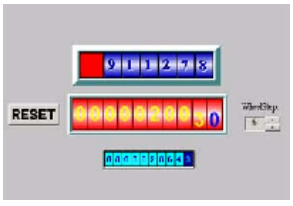


图 2　原始图像

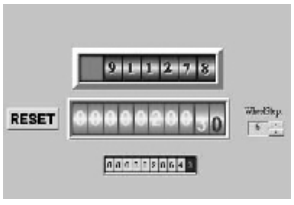


图 3　原始图像的灰度图

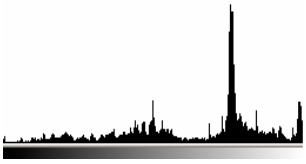


图 4　图 3 的直方图

将灰度图生成一个映射图(图 5)。若灰度图中像素的灰度值在面板像素灰度级的范围内，则看作是面板区域，把映射图中对应的像素赋予 0 值(黑色)；否则看作字段区域，赋予 255 值(白色)。根据映射图，采用投影法[1]对字段区域进行粗定位。对映射图作水平投影(图 6)。



图 5　图 3 的映射图

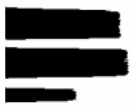


图 6　图 5 的水平投影直方图

从上到下对图像的每一行作统计，当水平投影有效像素的总数超过图像 1/3 宽度时，暂时记录此行为字段的开始行。为防止误判字段的开始位置，再向下统计若干行，如果这些行也有足够的像素总数，则判定记录的行是字段的有效开始行，否则清除记录，继续向下查找。同理确定下边界。确定上边界时，每行的有效像素个数要足够多，而下边界每行的

作者简介：张艳玲(1970－)，女，副教授、博士研究生，主研方向：图像处理与模式识别；汪仁煌，教授、博士生导师；黄　挺，工程师
收稿日期：2007-01-15　**E-mail：**zhangyl979@sohu.com

有效像素个数要足够少。为保证鲁棒性，在已确定的上下边界内对图像进行局部垂直投影，从图像的垂直中线开始查找左右边界。确定了上下边界的垂直投影如图 7 所示。



(a) (b) (c)

图 7　映射图的垂直投影图

左边界的确定从图像的垂直中线开始往左查找，右边界的确定从图像的垂直中线开始往右查找。图像中 3 个字段区域的左右边界可以通过上述方法来定位。提取出的效果如图 8 所示。



(a)区域 1 (b)区域 2 (c)区域 3

图 8　图像定位结果

由图 8 可见，这 3 个区域的数字、背景颜色都不相同。结合灰度(图 3)来看，字体的灰度值与背影的灰度值几乎相等，只通过灰度阈值去除背景很困难。但依据图 8(b)、图 8(c)分析区域 2、区域 3，得知数字的字体颜色后即可去除背景，因为在背景单一的情况下提取字符色泽更准确。

2.2　字段区域的精确定位

颜色系统有RGB三基色系统和HSV[2]颜色系统，其中，*R*表示红色；*G*表示绿色；*B*表示蓝色；*H*表示颜色色泽；*S*表示色彩度；*V*表示亮度；0≤*S*, *V*≤255。RGB转化HSV的公式如下：明亮度*V*=max(*R*, *G*, *B*)，令*X*为RGB中的最小值，即*X*=min(*R*, *G*, *B*)，则色彩度*S*=(*V*-*X*)/*V**255：

(1)若 $V=R, X=G$，则 $H=[5+\frac{V-B}{V-X}]\times 60$ ；

(2)若 $V=R, X=B$，则 $H=[1-\frac{V-G}{V-X}]\times 60$ ；

(3)若 $V=G, X=B$，则 $H=[1+\frac{V-G}{V-R}]\times 60$ ；

(4)若 $V=G, X=R$，则 $H=[3-\frac{V-B}{V-X}]\times 60$ ；

(5)若 $V=B, X=R$，则 $H=[3+\frac{V-G}{V-X}]\times 60$ ；

(6)若 $V=B, X=G$，则 $H=[5-\frac{V-R}{V-X}]\times 60$ 。

利用以上公式可以将图 8 分别转化为 HSV 颜色空间。这里将整个 HSV 颜色空间分为 6 种颜色：红，黄，绿，蓝绿，蓝，紫。其中，红色：0<=*H*<18，334<=*H*<360；黄色：18<=*H*<55；绿色：72<=*H*<172；蓝绿色：172<=*H*<198；蓝色：198<=H<270；紫色：270<=*H*<334。区域 1 的背景颜色主要为蓝色，区域 2 的主要为红色，区域 3 的主要为蓝绿色。有了上述信息就可以对字段区域精确定位。先依据当前区域的主体颜色对图像作映射图，映射图中的黑点为主体颜色分量。3 个区域的映射图如图 9 所示。



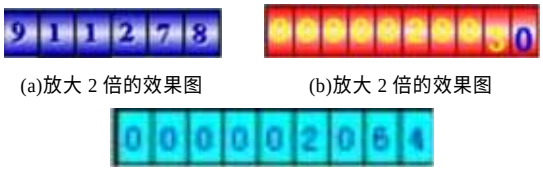
(a)区域 1 (b)区域 2

(c)区域 3

图 9　3 个区域的映射图

图 9(a)中字体颜色与背景颜色近似都属于蓝色，因此，映射图中字符与背景都映射为黑色，左边小区域的颜色为红色，所以映射为白色。图 9(b)中字符的颜色为黄色，与背景颜色不同，因此在映射图中为白色。图 9(c)的映射图形成原理与图 9(b)一样。这时，用投影法定位出字段的上下左右边界，就可以实现精确定位。

由于提取出的区域字符比较小，水平、垂直投影时单个字符占的像素数太少，因此在对单个字符进行分割时会影响准确度。解决的方法是对图像进行放大处理。但放大后图像的像素坐标不是原图像的倍数关系，会使图像失真，因此，需要运用线性插值方法解决该问题。图 10 是经精确定位并对图像运用线性插值原理进行放大后的图像。



(a)放大 2 倍的效果图 (b)放大 2 倍的效果图

(c)放大 4 倍的效果图

图 10　经精确定位后的效果图

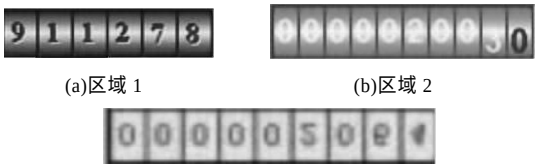
可见，在图 10(a)中去除了左边的红色小区域，在图 10(c)中去除了右边小区域(此位不作处理)，说明利用 HSV 统计背景颜色的方法有效。同时保留了字段边框的黑色边带。由 HSV 模型可知，不管哪种颜色，*V* 较小时都呈现黑色，因此，虽然 3 个区域的背景颜色不同，但都保留了这样的边带。

3　字符的提取

字符的提取有 2 种方法：(1)自动提取出字符的色泽，再依据字符色泽对图像作二值化处理；(2)依据图像制作出一个与它的背景相似度较高的模板，再利用减背景技术去除背景。

3.1　字符提取初步分析

图 10 对应的灰度图见图 11。



(a)区域 1 (b)区域 2

(c)区域 3

图 11　图 10 对应的灰度图

区域 2 的背景与字体的灰度较为接近(图 11 (b))，因此，采用灰度图难以实现字符的提取，但它在彩图中表现出明显的区别(图 10(b))。如上文所述，若知道了字符的色泽，去除图 10(b)中的背景会比较容易。图 10(c)可以采用提取字符色泽再去除背景的方法，也可以直接对灰度图(图 11(c))进行操作，因为它的字符灰度值与背景灰度值存在较大差异，且背景灰度值比较单一，不像图 11(a)、图 11(b)那样，背景的灰度是渐变的。但对于区域 1，无论是彩图(图 10(a))还是灰度图(图 11(a))，字体颜色与背景颜色都很相似。无论是采用上述哪种方法，在保留字符区域的同时，都会在字符周围保留较多噪声，因此，对其采用减背景技术会取得较好的效果。

3.2　基于字符色泽方法的字符提取[3]

依据 RGB 转化为 HSV 的公式对图像色泽进行分析。图 10(b)中主要有 3 种颜色：红，黄，蓝；背景占的面积最大，字符次之。图中字符有 2 种颜色，整个图像中的颜色出现频率从高到低排列为：红色-黄-蓝-其他，按其中第 2、第 3 位

的色泽对图像进行二值化，即把色泽处于字符色泽范围内的像素赋予 0 值(黑色)，其他赋予 255 值(白色)，就可以提取出字符。同样，图 10(c)中主要颜色为蓝绿色和蓝色，而字体颜色只有一种，用颜色出现频率次高的色泽对图像进行二值化，就可以提取出字符。效果如图 12 所示。



(a)区域 2　　(b)区域 3

图 12　从图 10 中提取出的字符

3.3　基于减背景方法的字符提取

减背景原理[4]：为提取图像中的前景信息，把图像中的每个像素与背景模板中的像素作差运算，若灰度差值足够小，则当前的像素为背景区域，把该像素赋予 255 值(白色)，相差较大的保留原来的灰度。将图像中每个像素都与背景模板中对应的像素进行一次差运算，得出的图像就保留了较多的有用信息。因此，若能依据图 11(a)的信息制作出一个拟合度较高的背景，用减除背景模板的方法就能有效提取出字符。

区域 1 的图像由上到下有渐变的过程。高光部分大致处于水平中线处。根据直方图分析，以渐变背景的某一列来看，灰度值从图像顶端到水平中线位置越来越大，从水平中线到底部灰度值越来越小。对有文字的列来说，灰度值的变化先由小到大，在遇到文字时，灰度值突然变小，若接下来还是数字区域，由于同一个数字的灰度值相同或相差不大，因此灰度值此时较为稳定，没有从小到大或从大到小这样有规律的变化。继续向下查看，灰度值从大到小，因为它又回到背景区域。拟合渐变背景的过程如下：

(1)扫描图像中的每一列，对上下邻近的像素灰度值两两求导。图像上半部分的值从小到大，因此，导数为负；下半部分的值从大到小，因此，导数为正值。这时，用计数器各记录导数值为负和导数值为正的个数。如果计数器的个数到达了列的像素的一定数量时(要求达到 85%以上)，说明此列符合渐变的效果，记录该列。对图像的每一列作同样的操作。

(2)背景区域中同一行的灰度值是相似的，所以，对步骤(1)中记录的有渐变效果的列中同行像素的灰度值求平均值，就能制作出背景模板，如图 13 所示。

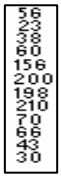


图 13　背景模板

(3)用制作出来的模板与原来灰度图的每一列作差值运算，如果差值较小，则给该像素赋值 255(白色)。

(4)对去除背景后的图像作二值化处理，效果见图 14。

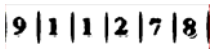


图 14　区域 1 去除背景并二值化后的效果

4　单字分割

本文采用投影法来分割单个字符。以区域 1 为例，对二值化后的图像进行垂直投影，如图 15 所示。



图 15　区域 1 的垂直投影图

仪表中的数字为阿拉伯数字，除了“ 1 ”，其他数字的宽度都比数字间的边框大，所以很明显，这些区域即为所需信息。“ 1 ”与边框的宽度相似，但边框的高度比“ 1 ”高，即在边框区域中垂直投影有多列的像素总数接近图像高度像素数的 70%，而“ 1 ”的高度约为图像高度的 50%。利用垂直投影所得的直方图，从左到右可以寻找到各个数字的左、右边界。为保证鲁棒性，单字上、下边界的水平投影图在找到数字的左右边界后进行。区域 1、区域 2 的边界定位结果如图 16、图 17 所示，其中，红色边框为文字的左右上下边界。



图 16　图 13 的边界定位结果　　**图 17　图 12(b)的边界定位结果**

5　基于 BP 神经网络的数字识别

BP网络可看作是对多层感知器网络的扩展[5]。先由教师对每一种输入模式设定一个期望值，然后向网络输入实际的学习记忆模式，并由输入层经中间层向输出层传播(称为“ 模式顺向传播 ”)。实际输出与期望输出之差即为误差。依据使平方误差最小的学习规则，由输出层往中间层逐层修正连接权值(称为“ 误差逆向传播 ”)。在训练网络前，对单个字符作归一化并存贮在一个 8*8 的矩阵中，作为网络的输入层。

本文构造了一个 3 层 BP 网络模型，对数字 0~9 进行识别。网络的输入为 64 维；隐含层为 9 个神经元；允许的输出误差在 0.02~0.2 之间。利用 BP 网络进行数字的识别分 2 步完成。首先采集大量带有噪声的数据训练网络。训练网络所需时间较长，因此，把它放到程序外对同一类字符进行。通过训练，可以把学习过程中得到的信息存储在连接权，进行数字识别时，直接调用这些连接权值，以此缩短识别周期。该方法具有很强的容错性。分行显示数字自动识别系统测试结果如下：考察样本集字符数为 10；训练样本集字符数为 60；识别率为 97.35%；拒识率为 2.65%。可以看出，系统实现了很高的识别率和较强的鲁棒性，证明了该算法对此类字符识别的可行性。对图 16 中的数字采用 BP 网络学习算法进行识别，经构造和训练网络后，识别出的结果如图 18 所示。



图 18　对图 15 识别出的结果

6　结束语

本文基于 HSV 色彩空间提出一种自动识别字符色泽的算法，用减背景和色泽分析方法提取字符，用投影方法分割单个字符，采用了 BP 网络学习算法识别字符，并构造了一个 3 层 BP 网络模型，对阿拉伯数字 0~9 进行识别。实验表明，本方法具有很强的鲁棒性。

参考文献

1 张　艰, 赵宇明, 陈德权. 分时电表表盘数字读数的自动识别系统[J]. 计算机工程, 2005, 31(5).

2 王　辉, 杨梦梅. 利用 HSV 色彩模型制作彩色晕图的方法[M]. 西安: 西安地图出版社, 2005.

3 苏彦华. Visual C++数字图像识别技术典型案例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.

4 林洪文, 姚作樑, 涂　丹, 等. 基于减背景技术的运动目标检测方法研究[J]. 国防科技大学学报, 2003, 25(3).

5 陈　蕾, 黄贤武, 仲兴荣, 等. 基于改进 BP 算法的数字字符识别[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(12).