

基于 VC++ 的数字万用表数字识别方法

陈明亮 陈成新 王敬喜 古建平
(深圳市计量质量检测研究院 深圳 518055)

摘要:为实现工业相机提取数字万用表图像数字信息,提出了一种针对数字万用表数字识别的识别方案。该方案基于 VC++ 平台首先对采集的彩色图像进行预处理,包括数字区域截取、图像灰度化、平滑处理;紧接着提取识别目标的边沿轮廓,使用方法包含基于直方图的自适应分段线性变换、灰度图像的非线性拉伸、Canny 算法、5 邻域方向预估边界跟踪与断点补偿;最后使用交线法实现数字识别。实验结果表明,该方案识别效果好、快速简单、具有较高的实用价值。

关键词:数字识别;自适应分段线性变换;非线性拉伸;边界跟踪与断点补偿;交线法

中图分类号: TP391.41 TN911.73 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.60

Multimeter digital recognition method based on VC++

Chen Mingliang Chen Chengxin Wang Jingxi Gu Jianping
(Shenzhen Academy of Metrology and Quality Inspection, Shenzhen 518055, China)

Abstract: A recognition scheme which identifies the digitals of multimeter is designed in order to extract the digital information of the digital image acquired by the industrial camera. Firstly, the scheme based on the VC++ platform preprocesses the collected color image, the process consists of interception of digital area, image graying and smoothing. Then extracts the target edge contour of recognition, the procedure includes an adaptive piecewise linear transformation based on histogram, nonlinear stretching of gray image, Canny algorithm, 5 field direction predictor boundary tracking and breakpoint compensation; Finally, uses the crossing method to realize digital recognition. The experimental result shows that the scheme of recognition effect is good, fast and simple, so as it has high practical value.

Keywords: digital recognition; adaptive piecewise linear transformation; nonlinear stretching; boundary tracking and breakpoint compensation; crossing method

1 引言

手持式数字万用表(以下简称万用表)是一种使用范围广泛的测量仪器,在企事业单位中被广泛采用^[1]。由于该类仪器没有通信接口,检测机构在计量万用表时,采用方法为标准源法,进行点对点计量,人工记录仪表显示数值。在检测机构中,万用表检测量大,检测项目多,检定人员计量时大部分时间耗费在记录数据上,工作强度大,极易造成人为因素引起的记录错误。

如果能够采用图像识别的方法获取万用表的显示值,将极大缩短计量时间,降低检定人员的劳动强度,压缩劳动成本,避免人为因素引起的失误。因此,对于检测机构

实现检测工作数字化、智能化具有重要意义。

针对图像数字识别方案,文献[2]在图像预处理时,采用全局二值化方法提取二值化图像,当图像光照不均匀时,会丢失识别目标部分边缘;文献[3]采用图像形态学的方法,对二值化图像去除噪声与补偿断点,当识别目标距离较近时,容易引起目标轮廓粘合。文中提出的识别方案,在改进边缘检测和抗噪声干扰方面取得了较好的效果。

2 万用表数字识别方案

数字识别过程如图 1 所示,主要包括数字图像预处理、提取目标边沿轮廓和数字识别 3 个阶段^[4]。

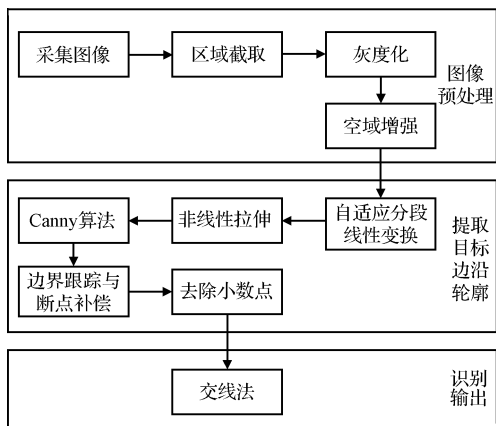


图1 数字识别方案

3 数字图像预处理

由于被检万用表型号不同,显示区域不尽相同,很难采用自动分割的方法对数字区域进行精确截取。为了提高可靠性,采用人工方式将需要进行识别的数字区域截取出来。首先工业相机采集彩色图像,接着使用鼠标框定被识别区域,得到需要被识别的图片。得到被识别图片后,为了简化处理过程,利用色彩系统变换法对图片进行灰度化处理^[5]。考虑到万用表由于长期被使用,显示屏外层镜面上通常附着很多呈随机分布的污垢点,如果由这些污垢点引起的噪声不进行处理,将会影响到后续的图像处理与识别。根据噪声的分布特性,采用空域增强中的中值滤波法来滤除这些噪声^[6-7]。图像预处理过程如图2所示。

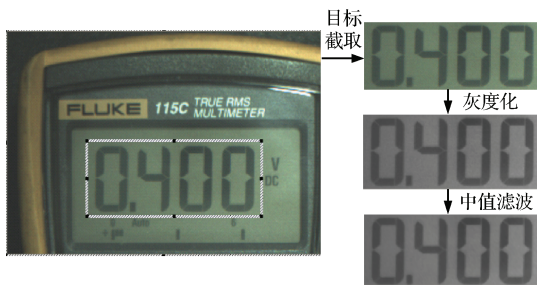


图2 图像预处理过程

4 提取目标边缘轮廓

经空域增强后,接着对图像进行直方图处理,在获取直方图数据信息的基础上使用自适应分段线性变换法计算得到双转折点,从而将图像的背景区、过渡区和目标区进行划分。再利用分段线性变换函数将背景区、过渡区和目标区进行非线性拉伸^[8],其结果是过渡区灰度值呈线性,背景区灰度值为255(白色),目标区灰度值为0(黑色)^[9]。

基于过渡区灰度值已为线性区域,考虑采用Canny算

子进行边沿检测^[10],Canny算子是当前被普遍认可的一种较理想的边缘检测算法,过程为:

1)用高斯函数 $G(x,y)$ 对图像进行平滑去噪。

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

式中: σ 为高斯滤波器的方差,该值的大小控制图像平滑的程度。

2)接着求解 $G(x,y)$ 在 x 和 y 方向上的一阶偏微分,用一阶偏微分与图像 $f(x,y)$ 做卷积,计算得到梯度幅值 $\nabla g(x,y)$ 和梯度方向 $\theta(x,y)$ 。

$$E_x = \frac{\partial G}{\partial x} \cdot f(x,y) \quad (2)$$

$$E_y = \frac{\partial G}{\partial y} \cdot f(x,y)$$

$$\nabla g(x,y) = \sqrt{E_x^2(x,y) + E_y^2(x,y)} \quad (3)$$

$$\theta(x,y) = \arctan\left[\frac{E_x(x,y)}{E_y(x,y)}\right] \quad (4)$$

3)对计算出来的梯度图像进行非极大值抑制,保留局部梯度值最大的点,从而使图像边缘得到细化。

4)最后采用双阈值方法检测并连接边缘,得到二值化的边缘图像,处理结果如图3所示。



图3 二值化边缘图像

因为Canny算子在细化的过程中,在节点连接处容易产生边缘断点,所以须进行边界跟踪补偿断点。边界跟踪方法是:对细化后的二值化图像由左上角第一行开始从左至右逐点扫描,当遇到白色点时开始进行目标边界跟踪;对跟踪过的目标点进行记忆,当后续点回到起始点时认为是封闭轮廓,将保留封闭轮廓,并标记其边界点为“已扫描点”,避免再次扫描;当后续点不能回到起始点时认为是非封闭轮廓,对非封闭轮廓的目标点像素值取反,使其变为背景点。

为了提高边界跟踪的效率,对传统8邻域边界跟踪算法进行改进,提出采用方向预估5邻域边界跟踪算法^[11]。思路如下:

设 $P(x,y)$ 为当前白色边界点, $A(x,y)$ 为前一个白色边界点,根据 $P(x,y)$ 与 $A(x,y)$ 的不同位置,预估5邻域内可能出现的下一个位置 $B(x,y)$,如图4所示。

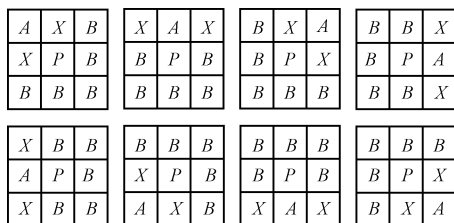


图4 预估5邻域位置

在5邻域中,为了选取优先扫描点,对每个位置设定了对应的优先级矩阵 W_x 。

$$\begin{aligned}
 W_1 &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 3 \end{bmatrix} & W_2 &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 3 & 2 \end{bmatrix} \\
 W_3 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} & W_4 &= \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\
 W_5 &= \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} & W_6 &= \begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 W_7 &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & W_8 &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \quad (5)$$

根据当前 $P(x, y)$ 与 $A(x, y)$ 的位置,在式(5)中选取矩阵 W_x ,然后在候选的 $B(x, y)$ 中,根据 W_x 中元素值大小判断优先扫描点。

按上述方法,当扫描过程中如果未能找到下一个白色点,说明边界产生断点。采用的补偿方法为扩大搜索范围,以当前点 $P(x, y)$ 为中心,搜索 5×5 邻域内是否存在白色像素点,如果存在,将进行断点补偿,不存在扫描终止。在进行边界跟踪的同时,将记录封闭轮廓的位置,去除不封闭的轮廓。

当小数点与待识别的数字目标距离较近时,使用边界跟踪与断点补偿处理二值化边缘图像,结果能够提取两者轮廓并补偿断点,如图5(a)所示;在相同条件下,如果采用闭运算^[12]进行断点补偿,两者轮廓将粘合,处理过程会失败,如图5(b)所示。

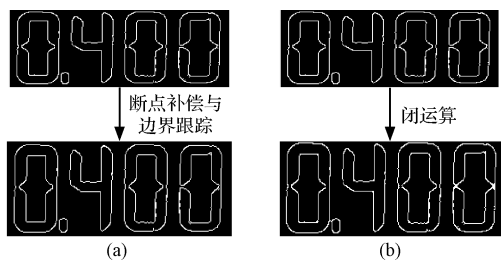


图5 提起边缘轮廓

提取边缘轮廓后,为了识别目标的统一性,在图像中将清除小数点轮廓,如图6所示。

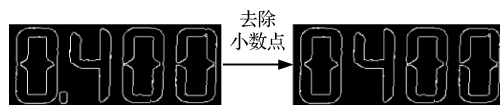


图6 去除小数点

5 数字识别

根据识别目标的特性,采用交线法进行识别^[13],其原理是根据七段数码管的特征来进行识别,如图7所示。

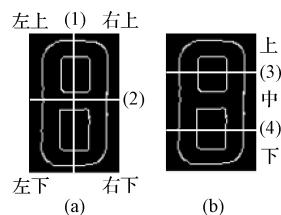


图7 七段码

在图7(a)中,线“(1)”为七段码的横向1/2位置,线“(2)”为七段码纵向1/2位置,两者将七段码划分为左上、右上、左下、右下4个区域;在图7(b)中,线“(3)”为七段码的纵向3/4位置,线“(4)”为七段码的纵向1/4位置,两者将七段码在纵向分为上中下3个区域。

在边界跟踪时得到封闭轮廓的位置,接着遍历每个封闭轮廓的像素点,查找像素点周围(3个像素点内)是否存在其他封闭轮廓像素点,如果存在两者合并成一个新轮廓,最终得到与显示数字个数相等的位置轮廓。

从“0”~“9”10个七段码的结构特征可以看出:除“1”以外,其他位置轮廓的宽高比都在30%以上,如果发现位置轮廓的宽高比在30%以下,即可判断该位置轮廓表达数字为“1”。剩余9个数字识别将根据位置轮廓划分为7个区域,判断相应的区域中是否与线“(1)”~线“(4)”存在交点,如图8所示。

6 实验结果与分析

根据上述方法,在VC++环境下构建图像处理与识别程序,最终实现万用表显示数值的数字识别,实验结果如图9所示。

7 结论

综上所述,通过人工截取采集图像识别区域,再将该区域进行灰度化、去噪、自适应分段线性拉伸、边缘检测、边界跟踪与断点补偿等一系列处理,最后使用交线法进行识别,在图像清晰和数字完整的情况下识别准确率很高。然而,针对图像不清晰或数字残缺导致识别率下降的情况,文中没有进行深入的分析,这将是后续的一项具有挑战性的工作。

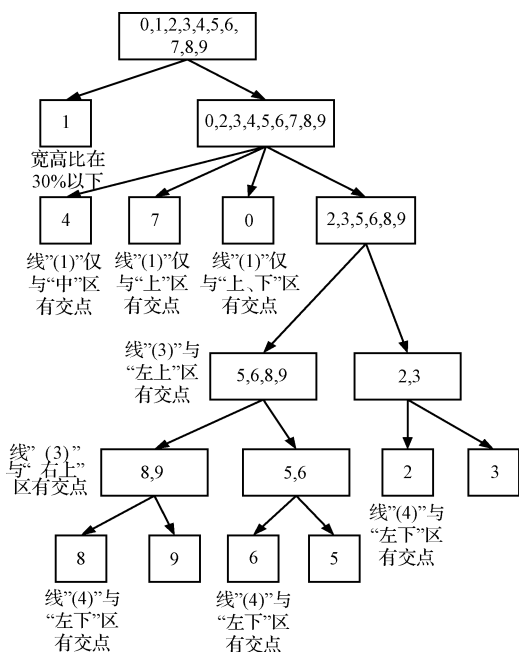


图8 交线法数字分类过程



图9 识别结果

参 考 文 献

- [1] 徐薇,黄博闻,关宇东. 数字万用表自动测量系统的设计[J]. 电子测量技术, 2011, 34(4): 106-108.

- [2] 王舒憬,杜皎洁. 基于 OPENCV 的数字万用表数字识别方法[J]. 自动化与仪器仪表, 2014, 171(1): 62-63.
- [3] 雷芳. 基于数字图像处理的数显仪表数字识别[J]. 广东石油化工学院学报, 2014, 24(6): 31-33.
- [4] 张宁,秦德鑫,王秀芳. 基于 MATLAB 和 C# 的数显仪表数字识别系统[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(9): 70-73.
- [5] 李贞培,李平,郭新宇,等. 三种基于 GDI+ 的图像灰度化实现方法[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(7): 73-75.
- [6] 牛敏,邹战军,牛燕雄,等. 一种基于排序统计理论的快速图像中值滤波法[J]. 电子测量技术, 2015, 38(6): 60-63.
- [7] 高跃明,李天麒,林传阳,等. 荧光免疫层析试条光电信号处理及特征量选取[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(5): 662-667.
- [8] 陈明亮,陈成新,古建平. 一种基于直方图的自适应分段线性变换法[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(2): 36-38.
- [9] 任永新,谭豫之,杨会华. 基于模糊控制的黄瓜采摘机器人视觉导航[J]. 江苏大学学报:自然科学版, 2009, 30(4): 343-346.
- [10] 吴翔,于微波,马艳辉,等. 一种新的改进 Canny 图像边缘检测算法[J]. 影像科学与光化学, 2016, 34(1): 116-120.
- [11] 王福生,齐国清. 二值图像中目标物体轮廓的边界跟踪算法[J]. 大连海事大学学报, 2006, 31(1): 62-64.
- [12] 郭海涛,徐雷,赵红叶,等. 一种抑制声呐图像散斑噪声的形态学滤波器[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(3): 654-660.
- [13] 江杰,蔺骁. 便携式机打号码识读装置设计[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(15): 73-76.

作 者 简 介

陈明亮,1983 年出生,中级工程师,主要研究方向为智能控制技术。

E-mail: uestc200720704003@126.com