

电子秤自动检定的示值数字识别方法

高伟¹, 金守峰¹, 咎杰^{1,2}, 肖福礼³, 李毅³, 郭彩霞⁴

(1. 西安工程大学 机电工程学院, 西安 710600;

2. 武汉纺织大学 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 武汉 430200;

3. 陕西省计量科学研究院, 西安 710100; 4. 宝鸡文理学院 机械工程学院, 陕西 宝鸡 721016)

摘要: 针对电子秤检定过程中人工读取记录示值数字等问题, 提出一种基于模板匹配法的数码管字符识别算法; 通过预处理提高电子秤示值图像的质量, 提取了示值字符整体的规则布局的轮廓等特征; 对整体示值图像采用投影法准确提取到单个示值图像, 对于小数点, 根据面积特征利用图像减法实现了精准提取; 通过选取数码管数字构建模板使其与电子秤示值数字具有相同形状特征, 采用相关系数法计算单个示值数字和模板图像的最大相关系数实现模板匹配识别示值数字; 最后搭建实验平台进行砝码加载卸载实验, 对动态变化的电子秤示值数字与穿线法进行对比识别验证, 结果表明: 算法均在 50 张少量实验图片时达到了 100% 的识别正确率, 实现了精准的识别; 超过 50 张实验图片进行大量实验验证直至 500 张实验图片, 设计的模板匹配算法的识别效果优于穿线法, 识别正确率达到了 98%。

关键词: 电子秤检定; 数码管; 字符识别; 小数点; 模板匹配

Automatic Calibration and Digital Identification Method for Electronic Scales

GAO Wei¹, JIN Shoufeng¹, ZAN Jie^{1,2}, XIAO Fuli³, LI Yi³, GUO Caixia⁴

(1. School of Mechatronics & Electrical Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710600, China;

2. Key Laboratory of Digital Textile Equipment in Hubei Province, Wuhan Textile University,

Wuhan 430200, China; 3. Shaanxi Institute of Metrology Science, Xi'an 710100, China;

4. School of mechanical engineering, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721016, China)

Abstract: In order to solve the problem of manually reading and recording the displayed values during the calibration process of electronic scales, a digital tube character recognition algorithm based on template matching method is proposed; Improve the quality of electronic scale display images through pre-processing, extract the overall regular layout of display characters, and accurately achieve individual display images in the overall display image by the projection method. Based on the image area characteristics, accurately extract the decimal point by the image subtraction method, select digital tube numbers to build a template so that it has the same shape characteristics as the display of electronic scale, and adopt the correlation coefficient method to calculate maximum correlation coefficient between a single digital scale and template images to realize template matching to identify digital scale; Finally, build the experimental platform to carry out the experiment of loading and unloading weights, and compared with the threading method, the algorithm verifies the display numbers of dynamically changing electronic scale. The results show that the algorithm achieves the recognition correct rate of 100% in a small number of 50 experimental pictures and realizes accurate recognition; By the verification of 50 or even up to 500 experimental images, the designed template matching algorithm is superior in the recognition effect to the threading method, with a recognition rate of 98%.

Keywords: electronic scale calibration; digital tube; character recognition; decimal point; template matching

收稿日期: 2024-06-01; 修回日期: 2024-07-23。

基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(2024JC-YBMS-489); 陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(2023-JC-YB-288); 湖北省数字化纺织装备重点实验室开放课题(KDTL2020005)。

作者简介: 高伟(2001-), 男, 硕士研究生。

通讯作者: 咎杰(1978-), 男, 博士研究生, 讲师。

引用格式: 高伟, 金守峰, 咎杰, 等. 电子秤自动检定的示值数字识别方法[J]. 计算机测量与控制, 2025, 33(7): 210-218.

0引言

Retinex 算法以及图像增强技术实现了恶劣环境下数字仪器的高精度识别^[17]。文献 [18] 设计了改进 RANSAC 和数字图像处理结合的指针仪表自动抄表算法实现了指针阴影的去除, 解决了机器人无法自动读取的问题^[18]。文献 [19] 针对数字显示仪器识别效率低的问题, 采用了基于 CNN 与 SVM 结合的方法实现了对数码管数字和位置的高精度识别^[19]。文献 [20] 针对巡检机器人执行巡检任务时数显仪表读数识别精度低的问题, 基于 YOLOv5 的识别算法提高了数字的识别率^[20]。

电子秤作为最常见的衡器需要定期进行检定, 在其自动检定过程中, 显示数值需要操作人员读取、记录、人工操作易受到主观因素的干扰, 效率及记录准确性会受到影响^[1]。随着机器视觉技术的快速发展, 国内外学者针对数字识别技术进行了深入研究。

文献 [2] 通过分析数码管七段码的图像特征, 设计基于穿线法的数字识别方法, 实现了对电子秤 LCD 显示屏的数字的快速有效识别^[2]。文献 [3] 采用机器学习方法, 构建基于 KNN 的电子秤显示数字的识别模型实现了对电子秤显示数字的高效、准确识别^[3]。文献 [4] 在分析电梯主板数码管数字特征的基础上, 采用穿线法, 通过 OpenCV 实现了对电梯主板数码管字符图像的识别^[4]。文献 [5] 通过建立基于 CNN 和 FCM 的电子吊秤数显框数字识别网络模型, 解决数显框数字定位分割精度不高的问题, 提高了电子吊秤数显框数字识别的准确率^[5]。文献 [6] 针对数码管数字满足智能化考试要求的问题, 通过结合深度学习与传统图像处理的方法对数码管数字进行识别, 实现了对数码管数字的高定位和识别精度要求^[6]。文献 [7] 针对数显类仪表的快速识别问题, 通过设计基于特征提取的算法识别数字, 采用七段特征检测和五线相交检测的方法实现了对正体和斜体数字的快速识别^[7]。文献 [8] 针对机器人对数显仪表的精准巡检问题, 通过对数字的边缘特征分析进行识别, 实现了对数字的精准识别^[8]。文献 [9] 针对传统投影分割方法存在的问题, 结合改进穿线法与 HOG+SVM 模型提高了传统穿线法的识别率^[9]。文献 [10] 针对 LED 数显区域的数字显示问题, 结合图像前景和背景区域亮度差与投影法实现了对 LED 字符的自动定位与识别^[10]。文献 [11] 针对数显仪表的自动识别问题, 设计了一种基于深度学习的识别方法, 提高了字符识别的准确性^[11]。文献 [12] 针对电子台秤自动检测装置中仪表示数的自动读取问题, 结合数字图像处理与深度学习模型实现了对电子台秤仪表的自动识别^[12]。文献 [13] 针对衡器检测过程中液晶屏数据的自动识别的问题, 结合数字图像处理与 KNN 结合的方法实现了对液晶屏数字的自动识别^[13]。文献 [14] 针对液晶屏产品显示出厂检测效率低的问题, 结合传统数字图像处理与 NCC 实现了液晶屏数字的自动化检测^[14]。文献 [15] 针对仪表液晶显示字符识别问题, 结合卷积神经网络和 SVM 实现了对液晶屏字符的有效识别^[15]。文献 [16] 为提高数显仪表的识别精度和速度, 结合改进倾斜穿线法和 HSV 色彩特征实现了对数显仪表的实时识别^[16]。文献 [17] 针对恶劣工作环境下采集的数字仪器图像识别误差大的问题, 结合改进

针对电子秤检定过程中人工读取记录示值数字问题, 提出了基于模板匹配的电子秤示值数字识别方法。通过获取电子秤示值数字区域, 基于投影法提取示值数字及小数点特征, 构建电子秤示值数字模板库, 采用基于相关性的模板匹配法实现对电子秤示值数字的识别。

1电子秤示值数字的特征分析

1.1电子秤工作原理

如图 1 所示, 电子秤由秤盘、秤体等组成的承重系统、杠杆传动系统、传感器等组成的转换系统和数显仪表或刻度盘等组成的示值显示系统 3 部分组成。

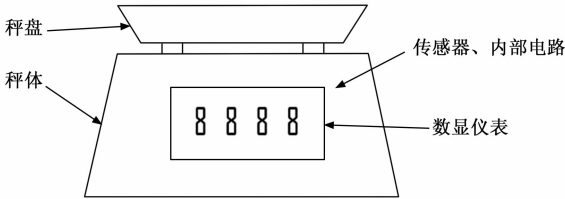


图 1 电子秤结构示意图

其原理如图 2 所示。

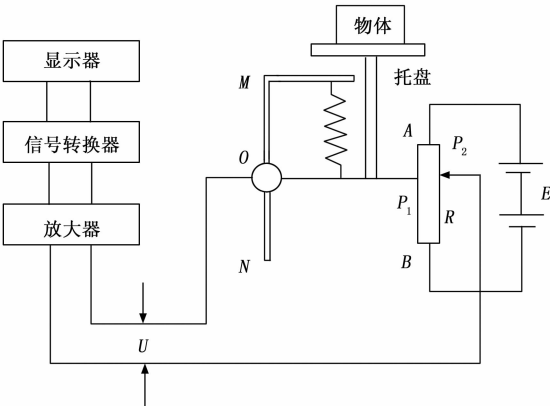


图 2 电子秤工作原理

当物体放在秤盘上时, 会给传感器施加压力, 发生弹性形变, 从而使阻抗发生变化, 同时使用激励电压发生变化, 输出一个变化的模拟信号, 经放大电路放大输出到模数转换器。转换成便于处理的数字信号输出到芯片运算控制, 最终在显示器即数显仪表中显示结果。

1.2 电子秤示值数字的特征分析

电子秤的示值显示框如图 3 所示,通过数码管显示的数字来表示称重信息,显示的字符为数字和小数点,数字字符由数码管七段码组成,为规则的数码管数字体,高度保持一致,数字之间间隙均匀,无数字叠加现象,数字与水平方向的夹角为 80 度,显示的位数最高为五位,小数点前最大两位显示数字,小数点后最大三位显示数字,小数点位置固定,固定于个位数字的右下方。示值数字的背景颜色亮度高于背景区域。



图 3 电子秤数显区域

2 算法设计

电子秤示值数字的以上特征使其具有较为规则且显著的轮廓与灰度等特征。基于机器学习和深度学习的方法在复杂数字字符识别中具有较强的识别性能,但通常较为复杂且计算成本较高。针对电子秤示值数字的识别,考虑到其明显的轮廓特征和相对简单的识别需求,基于模板匹配的识别方法原理简单,易于实现,且在特定条件下能够提供快速且准确的识别结果。

2.1 预处理

2.1.1 灰度化

由图 3 可知,示值数字周边存在光晕的颜色及背景区域的干扰,本文采用加权平均值法对电子秤示值数字图像进行灰度化处理,按照一定的权值,对 R 、 G 、 B 的值进行加权平均,取加权平均之后的值为灰度值,即:

$$f(i,j) = 0.30R(i,j) + 0.59G(i,j) + 0.11B(i,j) \quad (1)$$

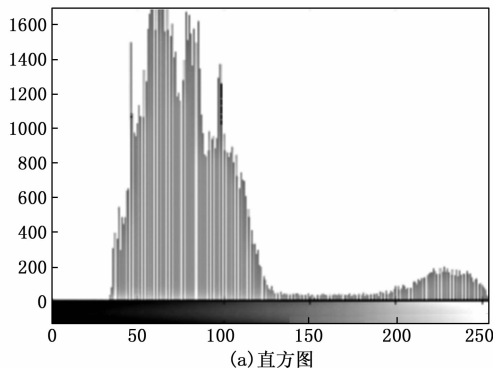
最终的识别结果如图 5 所示,灰度化后示值数字图像的颜色光晕干扰减少。



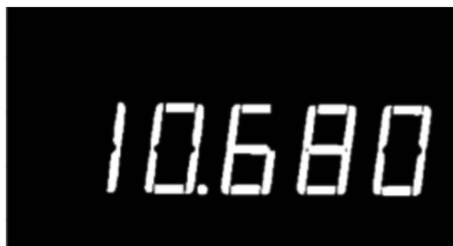
图 4 灰度化

2.1.2 灰度化

灰度化后的图像灰度直方图分布如图 5 (a) 所示,示值灰度图像的灰度分布在 45~120 和 200~250 两个区域,通过最大类间方差法获取的最佳阈值为 133,将示值数字图像经过二值化处理如图 5 (b) 所示,示值数字及小数点特征明显,消除了背景区域的干扰。



(a) 直方图



(b) 二值化

图 5 灰度直方图与二值化处理

2.2 基于模板匹配的示值数字识别方法

2.2.1 示值数字图像标准模板库的建立

模板匹配法依靠模板遍历字符进行匹配,达到识别效果。由于电子秤的示值类型为数字,由此建立数字 0~9 的字符模板,实现方法如下:首先选取与电子秤示值形状相同的数码管数字图片作为模板原始图像,其次对图像进行灰度化、二值化等实现字符轮廓特征的提取,之后对图像进行分割示值形成独立的示值数字模板,最后,为加快模板匹配的速度,将模板的像素尺寸与字符图像的尺寸处理归一化为相同大小,同时对数字模板图像设置对应的数字的名称并存放于固定的存储路径。最终到如表 1 所示的示值数字模板库。

2.2.2 基于投影法的示值数字提取

为了提取图 6 (c) 中的每个示值数字,本文根据数字高度一致、等间距隔排列的特征,采用投影法提取示值数字。

投影法分为水平投影和垂直投影两种,根据图像在水平和垂直方向的像素分布检测图像的位置信息。本质上是采用累加二值图像水平、垂直方向上的像素值的方式统计相应方向上的像素点数,达到获取图像位置信息的目的。

表1 字符模板库			
模板	代表数字	模板	代表数字
	0		6
	1		7
	2		8
	3		9
	4		小数点
	5		

图 6 (c) 所示的二值化图像可以表示 $M \times N$ 的矩阵 $f(i, j)$, 其中 $i = 1, 2, \dots, M$; $j = 1, 2, \dots, N$, 则图像在行、列两个方向的投影表达式为:

$$Y(i) = \sum_{j=1}^N f(i, j), i = 1, 2, \dots, M$$

(2)

$$X(j) = \sum_{i=1}^M f(i, j), j = 1, 2, \dots, N$$

(3)

图 6 为示值数字图像在两个方向的投影曲线, 图 6 (b) 所示的行投影曲线为示值数字图像 $f(i, j)$ 中数字高度的分布状态, 由于示值数字高度一致, 因此 A、B 点之间的距离为示值数字的高度; 图 6 (c) 所示的列投影曲线为示值数字图像 $f(i, j)$ 中数字间距之间的分布状态, 由于数字等间距排列, 因此 C、D、E、F 区间为各数字之间的间距由投影曲线可知, 灰度值为 0 与非 0 变化的位置即为示值数字高度与宽度的临界点, 因此对投影曲线进行梯度计算, 其表达式为:

$$\nabla Y(i) = \frac{\partial Y(i)}{\partial i}, i = 1, 2, \dots, M$$

(4)

$$\nabla X(j) = \frac{\partial X(j)}{\partial j}, j = 1, 2, \dots, N$$

(5)

投影曲线的梯度变化如图 7 (a)、(b) 所示, 在图 7 (a) 中所示的行投影梯度图反映了图像 $f(i, j)$ 在高度方向的灰度变化的特征。在 A、B 点之外, $\nabla Y(i)$ 恒为 0 不变, 对应行投影 $Y(i)$ 恒为 0, 为背景区域。在 A、B 点之间, $\nabla Y(i)$ 随 i 的不同发生变化, 行投影 $Y(i)$ 恒大于 0, 存在目标区域。

结合 $f(i, j)$ 行投影的灰度分布特征与示值数字高度一致的特征得到示值数字的高度 H , 用公式表示为:

$$\begin{cases} Y(i_1) = Y(i_2) = 0 \\ \nabla Y(i_1) = \nabla Y(i_2) = 0, i = 1, 2, \dots, M \\ H = |i_1 - i_2| \end{cases}$$

(6)

图 7 (b) 所示的列投影梯度图反映了图像 $f(i, j)$ 的在宽度方向的灰度变化特征。在 C、D、E、F 位置区间的左右两侧, $\nabla X(j)$ 呈现从负到正的连续变化, 在区间内 $\nabla X(j)$ 恒为 0, 则在 $X(j)$ 中 C、D、E、F 位置区间表现为波谷状, $X(j)$ 的值恒为 0, 为背景区域, 左右两侧则恒大于 0, 为目标区域。

结合 $f(i, j)$ 垂直投影的灰度分布特征与示值数字等间隔排列的特征得到不同示值数字的宽度位置 x_m , 则宽度位置 x_m 与宽度 W_p 用公式表示为:

$$\begin{cases} X(j_m) = \nabla X(j_m) = 0, j = 1, 2, \dots, N \\ x_m = j_m, m = 1, 2, \dots, 5 \\ W_p = |x_{2m} - x_{2m-1}|, p = 1, 2, \dots, 5 \end{cases}$$

(7)

由此得到垂直投影分割电子秤示值图像的方法如下:

首先, 将字符图像转换为灰度图像, 并进行二值化处理, 使字符部分变为白色, 背景部分变为黑色, 得到示值数字整体的轮廓。

其次, 对二值图像进行水平投影, 即将每一行的像素值相加, 得到示值图像的水平投影图, 获取整体示值图像的上下边界, 根据式 (6) 确定示值数字的高度信息。

最后, 对二值图像进行垂直投影, 即将每一列的像素值相加, 得到示值图像的垂直投影图, 获取单个示值数字的左右边界, 根据式 (7) 确定单个示值数字的位

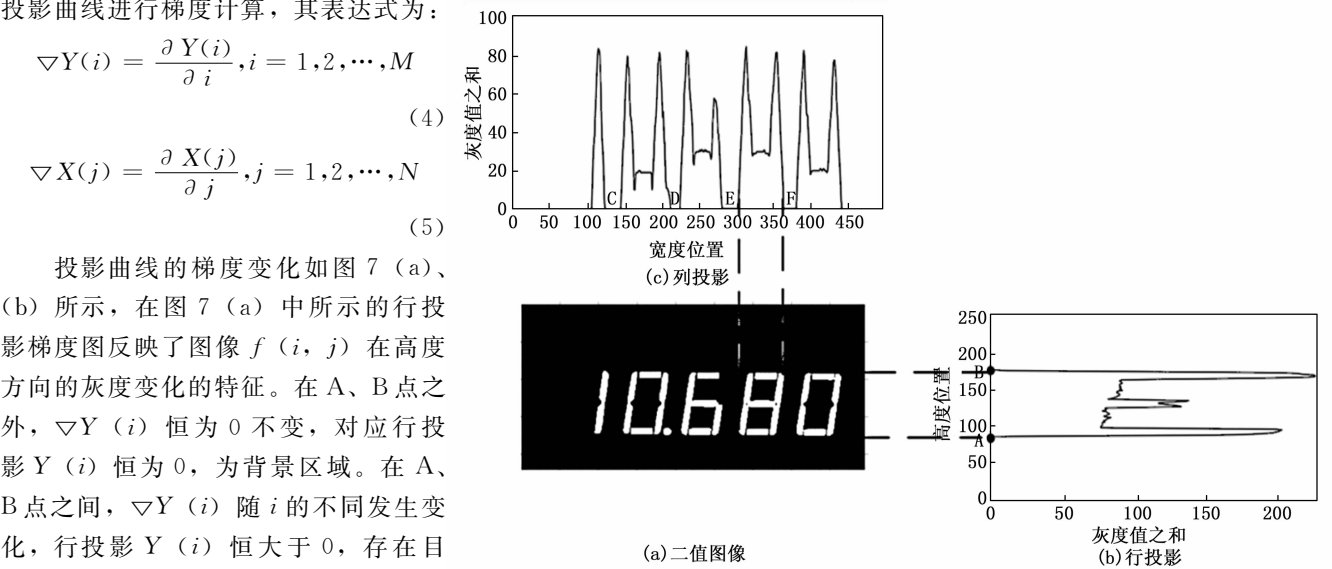
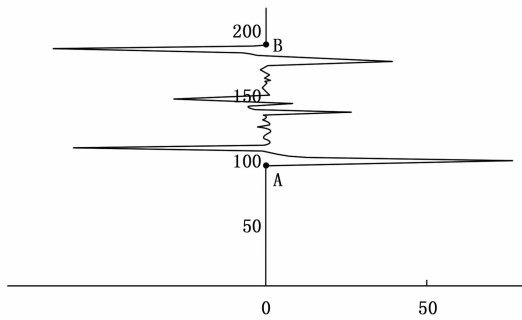
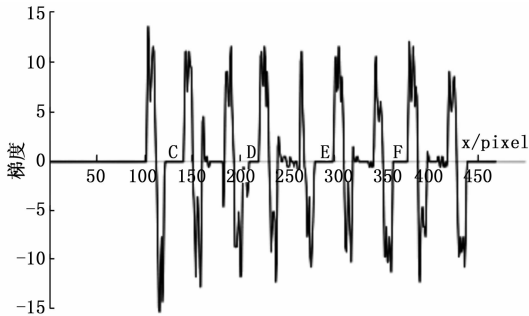


图 6 投影法原理



(a) 行投影梯度图



(b) 列投影梯度图

图 7 梯度图

置和宽度信息。

最终由投影法提取的示值数字如图 8 所示, 示值数字相互之间为独立的区域, 但是小数点与个位数字形成一个整体未能相互独立。



图 8 单个示值数字的提取

2.2.3 基于图像减法的小数点的提取

在用投影法提取单个示值数字时, 由于小数点位置特殊, 其垂直投影包含在左侧数字的垂直投影中, 因此使用投影法未能将其和数字的位置分离并提取。

小数点具有以下特征: 轮廓清晰, 边缘分明, 与左侧数字未出现粘连情况, 形状为圆形, 像素面积远小于左侧数字的面积, 位置固定, 居于个位数字的右下角。

根据以上特征, 本文通过先验知识得到小数点的像素面积在一般光照条件下不大于 300, 采用形态学算法对图 8 中的个位数字进行滤波处理, 得到如图 9 (a) 所示的只有纯数字的个位数字。最后提取小数点, 采用图像减法, 通过带有小数点的个位数字与滤波后的个位数字做减法, 得到小数点, 图像减法的表达式为

$$g = g_1 - g_2 \quad (8)$$

式中, g_1 为带有小数点的个位数字, g_2 为滤波后的个位数字, g 为小数点, 最终对图像减法处理后提取到的小数点图片如图 9 (b) 所示。



(a) 个位数字



(b) 小数点

图 9 小数点提取

2.2.4 基于模板匹配法的示值数字识别方法

模板匹配法通过计算字符与模板之间的相似程度对图像进行识别。设示值数字模板图像为 T , 宽度为 M , 高度为 N ($M < N$), 示值数字图像为 S , 大小与模板相同, 则匹配程度可用 D 表示:

$$D = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S(m,n) - T(m,n)]^2 \quad (9)$$

将式 (9) 展开为:

$$D = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S(m,n)^2 - 2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S(m,n) T(m,n) + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T(m,n)^2 \quad (10)$$

式中, $S(m,n)$ 是示值数字 (m,n) 处的像素特征, $T(m,n)$ 是模板在与示值数字对应位置处的像素特征。第一项为示值数字的自相关性; 第二项为模板和示值数字的互相关性; 第三项为模板的自相关性。

由式 (10) 可知, 匹配程度 D 与示值数字和模板的自相关性无关, 但随着第二项值的增加, D 值将减小。表明示值数字和字符模板的互相关性越大, 相似度越高, 匹配程度越好。当 $D=0$, 即 $S(m,n) = T(m,n)$, 则二者达到了完全匹配效果;

本文采用基于相关性的模板匹配法对示值数字进行匹配识别, 通过对归一化模板与示值数字图像之间的互相关系数的计算表示相似程度, 其表达式为:

$$\cos\theta = \frac{s \cdot t}{\|s\| \|t\|} \quad (11)$$

式中, t 为模板 T 的特征向量, s 为示值数字 S 的特征向量, 通过计算两个向量之间角度的余弦衡量相关性。

将式 (11) 展开, 用 R 表示相关系数, 则:

$$R = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N s(m,n) \times t(m,n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s(m,n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [t(m,n)]^2}} \quad (12)$$

当 $s(m, n) = t(m, n)$ 时, 相关系数 $R = 1$, 则二者完全匹配。

识别字符时, 将示值字符同模板库中所有字符模板匹配计算出匹配每个字符模板的 R_i 值, 比较所有匹配结果的 R_i 值, 取 R_i 值最大作为最终获的 R 值, 将其对应的字符模板对应的标签数字即为匹配结果。

$$R = \text{Max}\{R_i\}, i = 1, 2, \dots, 11 \tag{13}$$

式中, R_i 代表示值数字与每个字符模板的相关系数。

在对小数点进行识别时由于小数点形状、位置固定, 不会因示值位数的增多和减少而变化, 因此使小数点仅和小数点模板进行固定匹配, 即在小数点图像和小数点模板进行匹配时 $s(m, n) = t(m, n)$, 最终使小数点与小数点模板匹配的相关系数总为 1, 从而对小数点实现精准识别。

通过模板匹配法对电子秤示值数字的识别结果如图 10 所示。



图 10 电子秤示值数字识别结果

3 实验分析

3.1 实验平台

3.1.1 平台性能

实验平台如图 11 所示, 相机为 MV-EM120/C 型工业相机, 最大采集帧率为 40 fps, 相机的分辨率为 1 280 × 960, 曝光方式为帧曝光, 像素尺寸为 4.8 mm × 1.6 mm。相机用支架与载物台平面呈 40° 固定, 与电子秤数显区域垂直距离为 10 cm。计算机采用 Win10 系统, 基于 Matlab 软件环境下的 M 语言实现算法的开发。



图 11 实验平台

3.1.2 实验用电子秤与砝码

实验用电子秤的称重范围为 200 g ~ 30 kg, 计重单位为 kg, 显示分度为 10 g, 电子秤放置在实验平台的载物台上。

实验选取的砝码为国家标准《GB/T4167-2011》规定的如图 12 (a) 所示 kg 组套装砝码及图 (b) 所示 g 组套装砝码, 其中 kg 组砝码为 1 kg 的圆柱形砝码 10 个, g 组砝码为 1 g、10 g、100 g 的圆柱型砝码, 各 10 个。



图 12 实验用砝码

3.2 实验数据分析

为验证本文算法的有效性, 以控制变量法作为实验方法, 采集不同质量的砝码块在加载与卸载过程中引起的示值的动态变化过程的图片作为目标, 以 50 张采集图片作为频率计算识别率, 与文献 [2] 中的算法进行对比实验。

3.2.1 加载实验

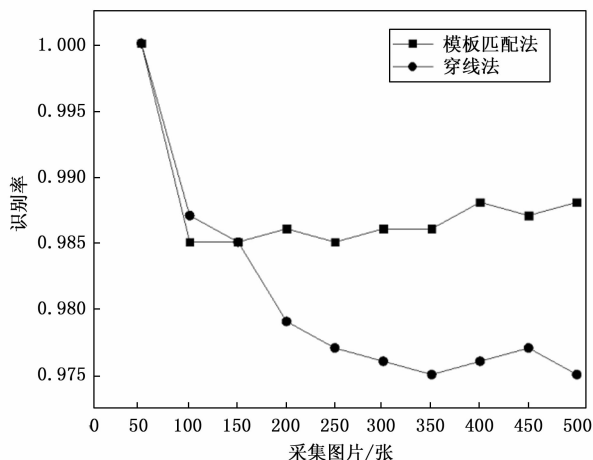
加载实验时, 逐一将 kg 组和 g 组不同规格的砝码放置在电子秤秤盘中央。

控制 g 组砝码数量不变, 逐一增加 kg 组砝码数量, 整数位数值出现由 0 到 10 的逐级递增。控制 kg 组砝码不变, 按照由小到大的顺序分别逐一增加 3 种规格的 g 组砝码, 小数位数值出现 0 到 1 000 的动态递增。最后同时增加 kg 组和 g 组砝码, 示值数字的整数和小数位数值同时发生增大的动态变化。部分实验结果如图 13 所示。

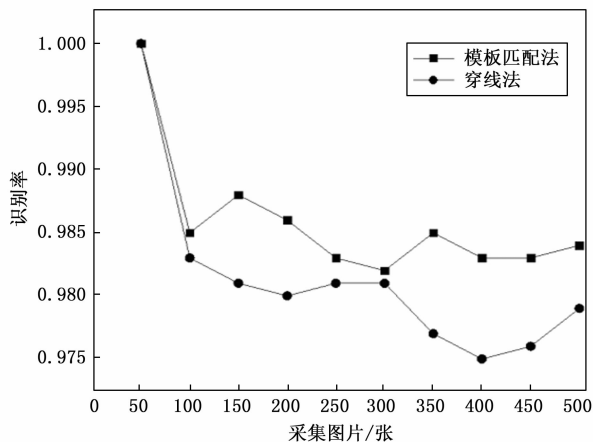


图 13 加载过程

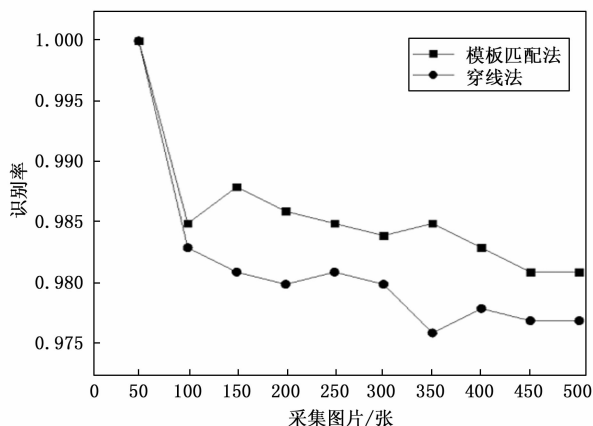
示值数字小数点前的整数位变化、小数点后的小数位示值变化的识别曲线变化图如图 14 (a)、14 (b) 所示, 整数和小数位示值共同变化的识别率变化曲线图如图 14 (c) 所示。



(a) 整数部分数字变化识别曲线



(b) 小数部分数字变化识别曲线



(c) 整数和小数部分数字共同变化曲线

图 14 结果对比

(a)、(b) 两幅曲线图展示了加载过程中模板匹配算法与穿线法单独对电子秤示值数字小数点前后两部分的识别效果。图 (c) 曲线图展示了模板匹配算法和穿线法对整数和小数整体的识别率效果。

结果均显示在 50 张少量目标图片时, 模板匹配法和穿线法均能达到 100% 识别率, 具有精确的效果, 但随着识别目标的增多, 模板匹配法的识别率高于穿线法, 且穿线法的最低识别精度只有 97.5%, 而模板匹

配算法的最低识别精度达到了 98.25%。

3.2.2 卸载实验

卸载过程逐个将砝码从电子秤秤盘中央卸载。

控制 g 组砝码数量不变, 逐一减少 kg 组砝码数量, 整数位数值出现由 10 到 0 的逐级递减。控制 kg 组砝码不变, 按照由大到小的顺序分别逐一减少 3 种规格的 g 组砝码, 小数位数值出现 1 000 到 0 的动态递减。最后同时减少 kg 组和 g 组砝码, 示值数字的整数和小数位数值同时发生减小的动态变化。部分实验结果如图 15 所示。



图 15 卸载过程

示值数字小数点前的整数位变化、小数点后的小数位变化识别率曲线图如图 16 (a)、(b), 整数和小数部分数字共同变化的曲线如图 16 (c) 所示。

卸载过程曲线图结果与加载过程相同, 模板匹配算法对电子秤示值数字单独部分的识别与整体的识别效果优于穿线法, 且在不断增加识别图片的过程中, 最低识别率达到了 98.5%。

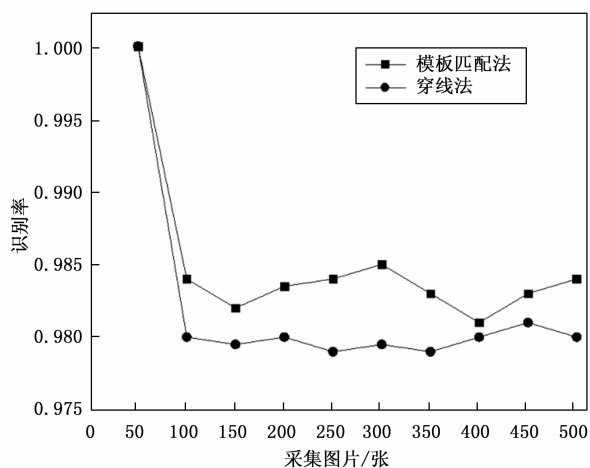
3.3 结论与误差分析

加载与卸载过程的结果均表明, 本文设计的基于模板匹配法的电子秤示值数字识别方法优于穿线法对数码管示值数字的识别, 识别率达到了 98%, 可以对电子秤示值数字进行有效识别。

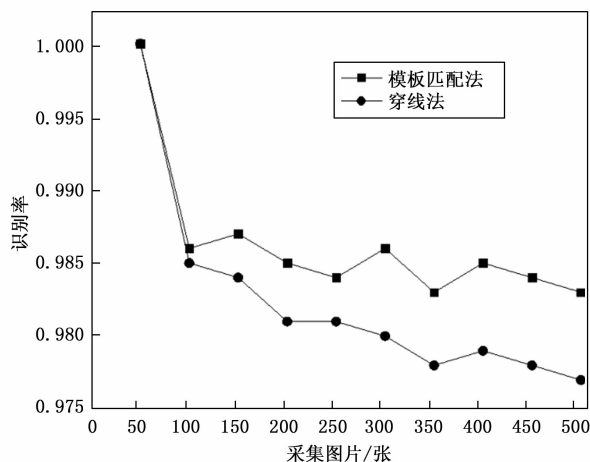
在对 50 张少量图片进行识别时算法的识别率达到了 100%, 实现了精准识别。但随着采集图片的增加, 算法识别率均下降到了 98%, 造成误差的原因主要有以下两点: 1) 模板匹配法自身对噪声等较为敏感加之受限于模板, 当采集的图片数量增加, 可能出现多个模板图片与示值图片相似度相同而使匹配困难, 识别率下降; 2) 光照、阴影等条件的变化使得采集到的图像特征发生变化, 导致模板与目标图像之间的匹配程度降低, 从而导致识别率下降。

4 结束语

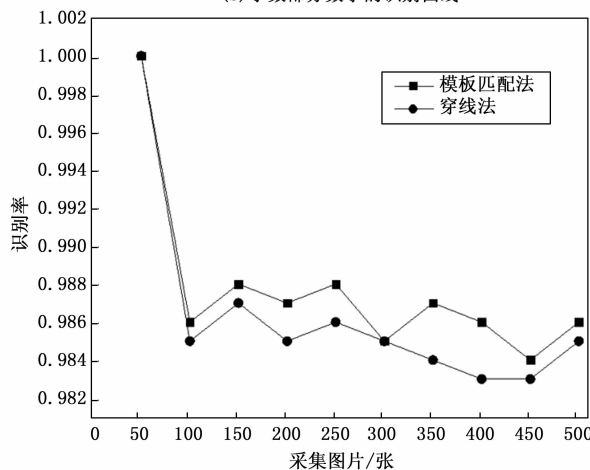
为解决电子秤检定过程中人工读取记录示值数字效率低、准确度不稳定的问题, 设计了基于模板匹配原理的示值数字识别方法。首先通过预处理对电子秤示值数字整体的特征分析后, 通过预处理提取了示值数字的灰度等特征, 其次, 根据示值数字的轮廓特征采用投影法



(a) 整数部分数字变化识别曲线



(b) 小数部分数字的识别曲线



(c) 整数和小数部分数字共同变化曲线

图 16 对比曲线

对示值数字进行水平与垂直投影实现了对单个示值数字的准确提取,同时根据示值数字与小数点的面积特征采用图像减法的方法实现了对小数点的准确提取。最后,根据示值数字的形状特征,选择数码管数字作为模板图像建立与电子秤示值数字形状结构相同的模板库,采用相关系数法进行示值数字与模板图像之间的模板匹配过

程实现示值数字的识别。搭建了实验平台对电子秤砝码加载卸载过程变化的示值数字进行识别并进行实验对比,结果证明设计的算法对电子秤示值数字的识别效果优于文献中穿线法的识别效果,识别率达到了 98%,实现了对电子秤示值数字的准确识别,满足了机器代替人工读取记录示值数字的需求。

参考文献:

- [1] 梁文锋. 电子秤检定中存在的问题及应对措施 [J]. 科技资讯, 2019, 17 (32): 248-250.
- [2] 王 凯, 刘 卓, 孟宪哲, 等. 数字指示秤 LCD 显示屏数字识别方法研究 [J]. 计算机技术与发展, 2021, 31 (4): 74-79.
- [3] 李荣远, 彭思慧, 梁慧莹, 等. 基于机器视觉的电子秤数码管字符识别系统 [J]. 软件导刊, 2021, 20 (3): 232-237.
- [4] 叶 娜. 基于 OpenCV 的数码管字符识别 [J]. 机电工程技术, 2021, 50 (11): 196-198.
- [5] 董晨光, 黄现云, 朱 浩, 等. 一种 OCR 仪表数值自动识别系统在电子吊秤自动检测中的应用 [J]. 衡器, 2021, 50 (12): 12-14.
- [6] XU Z G, WANG L T, NIU S Q, et al. A method of positioning and recognition of electronic scale characters based on deep learning [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1693 (1): 461-465.
- [7] 陈 刚, 胡子峰, 郑 超. 基于特征检测的数字仪表数码快速识别算法 [J]. 中国测试, 2019, 45 (4): 146-150.
- [8] 项 导. 一种数显仪表显示数字的自动定位和识别方法 [J]. 机械设计与制造工程, 2021, 50 (11): 112-116.
- [9] 宋一言, 唐东林, 吴续龙, 等. 改进穿线法与 HOG+SVM 结合的数码管图像读数研究 [J]. 计算机科学, 2021, 48 (s2): 396-399.
- [10] 程 敏. 一种基于显著性检测的 LED 仪表字符自动识别方法 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2018, 404 (10): 38-41.
- [11] 朱立倩. 基于深度学习的数显仪表字符识别 [J]. 计算机技术与发展, 2020, 30 (6): 141-144.
- [12] 黄现云, 朱 浩. 电子台秤数显仪表自动识别系统研制 [J]. 衡器, 2020, 49 (1): 22-24.
- [13] 王海涛, 董 楠, 赵钦君, 等. 衡器检测中数据自动识别采集方法研究 [J]. 衡器, 2018, 47 (11): 24-26.
- [14] 张永超, 陈隆杰, 郭 斌. 基于机器视觉的液晶屏字符检测方法研究 [J]. 现代工业经济和信息化 2022, 12 (9): 111-113.
- [15] 刘 昶, 徐超远, 张 鑫, 等. 液晶字符识别的 CNN 和 SVM 组合分类器 [J]. 图学学报, 2021, 42 (1): 15-22.
- [16] 曾 科, 高 潮, 扶 新, 等. 多参数数显仪表的自动

- 识别方法研究 [J]. 中国测试, 2018, 44 (12): 122 - 128.
- [17] SHI B, SUI T, ZHANG Y, et al. Comparative study of digital instrument image enhancement in complex industrial environment [C] // ICMLCA 2021; 2nd International Conference on Machine Learning and Computer Application, 2021: 1 - 5.
- [18] MA Y F, JIANG Q. A robust and high-precision automatic reading algorithm of pointer meters based on machine vision [J]. Measurement Science and Technology, 2019, 30 (1): 321 - 332.
- [19] PENG G, DU B, LI Z, et al. Machine vision-based, digital display instrument positioning and recognition [J]. International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice, 2022, 29 (2): 209 - 215.
- [20] ZHOU Y, ZHANG Y, WANG C, et al. Detection and identification of digital display meter of distribution cabinet based on YOLOv5 algorithm [C] // International Conference on Neural Computing for Advanced Applications. Springer, Singapore, 2022: 301 - 315.
- (上接第 170 页)
- [2] 韩 雷, 云 龙. 基于 FDH 包围盒算法的煤矿井下机器人避障最小安全距离控制 [J]. 中国煤炭, 2024, 50 (S1): 21 - 27.
- [3] 张伟刚, 周红生. 基于改进海洋捕食者算法的电力巡检机器人避障技术研究 [J]. 现代制造工程, 2024, (10): 60 - 66.
- [4] 马松玲, 陈起源, 康佳欢. 基于强化学习的变电站巡检路径规划算法 [J]. 计算机仿真, 2022, 39 (12): 103 - 107.
- [5] 廖哲霖, 彭建伟, 姚瀚晨, 等. 基于导纳控制的社交机器人伴随与避障控制策略 [J]. 机器人, 2024, 46 (3): 305 - 316.
- [6] PANDEY K K, RAWAT M, YADAV A, et al. Obstacle negotiation and navigation control of robotic agents in a dynamic and complex terrains [J]. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 2024, 18 (7): 4527 - 4546.
- [7] 董星宇, 傅汇乔, 王鑫鹏, 等. 基于渐进式神经网络的六足机器人避障策略迁移 [J]. 传感器与微系统, 2023, 42 (2): 135 - 139.
- [8] 张鹏鑫, 于海生, 李 哲, 等. 基于自适应 RRT 与积分滑模的机器人避障跟踪控制 [J]. 组合机床与自动化加工技术, 2023, (12): 76 - 80.
- [9] 樊铁伦, 陈 蕾, 张本科, 等. 基于多传感器的无人机配电网架空线路自主巡检和姿态控制 [J]. 电测与仪表, 2024, 61 (8): 186 - 194.
- [10] 杜国锋, 赵 萌, 武建响, 等. 基于视觉的闭链多足机器人自主运动控制方法 [J]. 机械工程学报, 2024, 60 (19): 62 - 70.
- [11] 罗丽霞, 常金勇. 二维未知环境下移动机器人二次规划避障路径控制 [J]. 机械设计与研究, 2024, 40 (1): 97 - 101.
- [12] 庄红超, 王 柠, 董凯伦, 等. 非完整约束大负重比六足机器人多机动态协同编队避障控制策略 [J]. 机械工程学报, 2024, 60 (1): 284 - 295.
- [13] 刘江涛, 周乐来, 李贻斌. 复杂地形六轮独立驱动与转向机器人轨迹跟踪与避障控制 [J]. 兵工学报, 2024, 45 (1): 166 - 183.
- [14] 刘春晖, 王思长, 郑 策, 等. 基于深度学习的室内导航机器人避障规划算法 [J]. 吉林大学学报 (工学版), 2023, 53 (12): 3558 - 3564.
- [15] 黎星华, 刘晓平, 王 刚, 等. 面向多智能消防机器人的编队避障控制方法 [J]. 机器人, 2024, 46 (1): 81 - 93.
- [16] 郝世宇, 王 昆. 基于激光雷达局部地图构建的机器人避障路径规划 [J]. 现代雷达, 2023, 45 (11): 84 - 89.
- [17] 王 澈, 陈 霄, 完颜娟. 一种动态不确定海洋环境下的 USV 态势自主感知及避障算法 [J]. 火力与指挥控制, 2024, 49 (3): 73 - 79.
- [18] 赵子弈, 朱利丰, 宋爱国. 地外风化层采样机械臂自主避障控制方法 [J]. 仪器仪表学报, 2023, 44 (7): 133 - 142.
- [19] 张 涛, 陈 璋, 李玉梅, 等. 融合改进 A* 算法与动态窗口法的机器人避障研究 [J]. 仪表技术与传感器, 2023 (4): 102 - 106.
- [20] 朱晓林, 高诚辉, 洪 玫. 基于慧鱼模型的多移动机器人编队避障控制算法研究与实验 [J]. 实验室研究与探索, 2023, 42 (2): 135 - 141.
- [21] 孙建召, 赵进超. 地面移动机器人路径避障控制策略研究 [J]. 机械设计与制造, 2024 (10): 324 - 3308.
- [22] 闫慧君, 韩玉彬. 移动式捡球机器人避障路径视觉反馈控制方法 [J]. 机械设计与制造, 2023 (1): 278 - 281.
- [23] 许 松, 轩 亮, 孙剑韬, 等. 融合行人运动信息的室内移动机器人动态避障方法 [J]. 电子测量与仪器学报, 2022, 36 (12): 144 - 152.
- [24] 刘学文, 任兴贵, 许 诺, 等. 多功能室外智能移动机器人避障轨迹自动规划方法 [J]. 兵器装备工程学报, 2022, 43 (10): 201 - 206.
- [25] 张 庆, 潘烤鑫, 王振宇, 等. 复杂地形下仿生轮腿式机器人位姿控制研究 [J]. 农业机械学报, 2024, 55 (6): 380 - 391.