

◇ 企业创新与应用 ◇

基于图像处理技术的方形仪表检测*

赵丽

(河南工业贸易职业学院信息工程学院, 河南郑州 451191)

摘要: 文章提出了一种基于图像处理技术的方形表盘识别方法。该方法首先针对预处理后的方表图像,采用多边形逼近算法和直角筛选算法,以初步确定大致的方形区域范围;其次通过采用长宽比匹配以及剔除非最大轮廓算法,删除错误的方形区域,从而确保目标区域的精确性。实验结果表明,该算法能有效排除错误区域的干扰,精准获取目标区域,为后续电表表盘的指针读取提供了可靠的图像基础,解决了电表表盘读数过程中存在的识别耗时长、识别精确度不高等问题。

关键词: 图像处理;多边形逼近;直角筛选;长宽比;方形检测

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-0688(2025)02-116-04

DOI:10.20137/j.cnki.45-1359/t.2025.02.017

0 引言

传统的电表数值检测依赖于人工手动抄表,这种方式不仅耗费大量人力资源,而且还可能引发数据读取错误及数据泄露等问题。虽然市场上已有大量的电子仪表以应对上述问题,但是许多老旧企业仍在使用原始的机械表盘。这主要是因为机械表盘具有抗干扰能力强、稳定性好且维修费用低等优势,而全面替换为电子表盘需要投入大量资金。因此,原始表盘的对准和识别技术成为当前研究的重点。

对表盘识别技术的研究始于20世纪90年代。早期的研究主要通过简单摄像头拍摄仪表图像,并采用基础图像处理算法进行分析。1994年,Sablatnig等^[1-2]设计了模拟设备指针识别流程,利用霍夫变换检测圆和直线,并据此进行后续读数。次年,他们对表盘进行了更深入的研究,并提出了一套基于先验知识的通用算法流程和评价指标^[3]。1996年,我国学者李铁桥等^[4]运用图像处理技术中的特征查找和灰度处理,成功定位了表盘和指针位置,首次实现了表盘读数的自动判读。此后,学者们针对表盘识别过程中的定位、提取、读数等环节进行了细致的改进。例如,卢建^[5]基于表盘结构特点设计了一款自动检查

定位装置,但该装置依赖工业相机和机械传动平台,成本较高;李逸^[6]提出了一种基于SURF(加速鲁棒特征)变换的特征匹配方法,通过多线程技术和特征点匹配技术对表盘图像进行分割,增强了系统对光强变化的鲁棒性;赵炜等^[7]采用无线通信技术,将现场采集的图像传输至云端进行识别和定位,实现了物联网与图像处理技术的结合,取得了良好效果。随着计算机视觉技术的日益普及,越来越多的学者倾向于采用智能读数手段替代传统的人工抄表方式。然而,在实际应用场景中,图像采集环节常常面临仪表倾斜、图像背景复杂等问题,导致识别耗时长、精度低等问题^[8]。针对上述难点,本文提出了一种基于图像处理技术的方形表盘识别方法,旨在有效应对并解决这些问题。

1 方形仪表检测流程

本文提出的方表检测整体思路如下:首先,对获取的基准图和待检测图像进行预处理操作,包括图像灰度化、双边滤波、亮度及对比度提升,以此提升图像清晰度。其次,对待检测图像进行多边形逼近,以获取其轮廓。再次,对每个多边形进行角点检测,

*河南省高等学校重点科研项目计划“基于区块链和数字孪生技术的智慧粮仓系统设计的关键技术研究”(25B510006);河南省科技厅科技攻关项目“基于云计算和区块链融合的农产品质量安全控制技术研究”(242102210188)。

【作者简介】赵丽,女,河南郑州人,硕士,助教,研究方向:图像处理、计算机视觉、人工智能。

【引用本文】赵丽.基于图像处理技术的方形仪表检测[J].企业科技与发展,2025(1):116-119.

筛选出接近直角的多边形。最后,通过对比基准图,检测多边形的边长与面积,滤除干扰矩形,从而精准保留方形仪表。方形仪表检测流程图见图1。

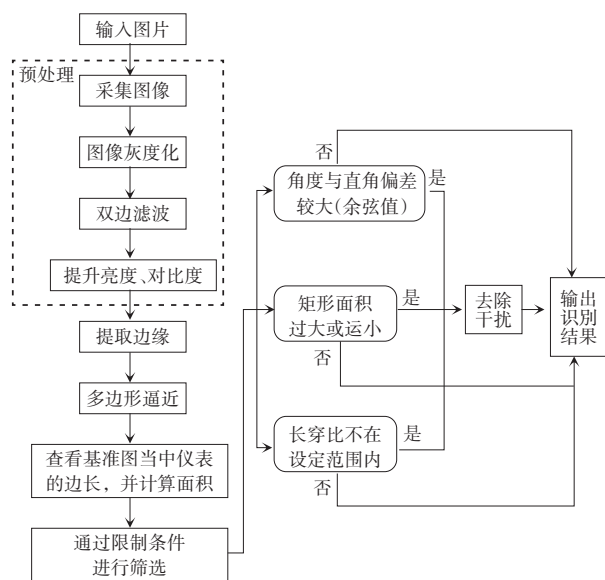


图1 方形仪表检测流程图

2 方形仪表检测方法

2.1 图像预处理

由于图像拍摄经常受到光线、天气等因素的影响,不利于后续数据识别及实时监测,因此需对获取的图像进行一系列预处理操作以提升其识别效率。本文的图像预处理顺序为图像灰度化、双边滤波、亮度提升、对比度提升。

对于拍摄所得图像,首要步骤是进行灰度化处理。由于工作现场噪声污染严重,图像质量易受损,因此对原始图像进行灰度化处理不仅可以减轻色彩失真的影响,而且还能减少数据量,提高算法运行效率。对图像进行有效去噪至关重要。本文依次尝试了高斯滤波、双边滤波、中值滤波、低通滤波及高通滤波等算法,最终选定双边滤波算法对现场噪声进行处理,以减少其对图像识别的干扰^[9]。实验证明,双边滤波算法在本应用领域表现出最优去噪效果。针对图像过暗、亮度不足的问题,本文采取了亮度提升与对比度提升算法^[10]。这些算法不仅提高了图像整体亮度,而且还显著增强了感兴趣区域的亮度,为后续表盘识别奠定了良好基础。综上所述,本文依次采用图像灰度化、双边滤波、亮度提升、对比度提升4种预处理算法,对现场拍摄的表盘图像进行处理,确保了

图像的清晰度。

2.2 多边形逼近

在方形仪表检测方案中,核心任务是识别图像中的矩形区域。传统的矩形检测方法依赖于直接的矩形检测函数,但由于拍摄角度等因素,可能无法获取标准的矩形区域,从而影响检测效果。因此,本文采用多边形逼近方法进行矩形区域的检测。对原始轮廓进行多边形逼近,以获取待检测图像的边缘轮廓,为后续角点检测奠定基础。多边形逼近算法通过循环减少初始轮廓的顶点数量,以最少的顶点数精确表示图像轮廓^[11],具体步骤如下。

(1)在原始轮廓中查找距离最远的两个点,将这两个点连接,获得线段AB。

(2)继续在原始轮廓上查找距离线段AB最远的点C,连接AC、BC,形成新的轮廓ABC。

(3)重复步骤(2),每次加入新点,形成新的轮廓,通过不断迭代,得到最接近原始图像真实轮廓的多边形。迭代终止条件为达到设定迭代次数或所有点到多边形的距离小于设定阈值。

采用多边形逼近方法后,得到的仍是轮廓形状。鉴于本文的检测目标是方形表盘,因此期望得到的轮廓形状应为矩形,其角度特征应接近直角。为此,本文设定了进一步的直角筛选步骤^[12]。直角筛选算法的具体流程如下:遍历所有检测到的多边形,首先确定多边形中各线段的函数方程,其次识别出有交叉点的线段对。利用角度函数计算这些交叉线段之间的余弦值,将余弦值小于 $0.1[\cos(84^\circ)=0.1]$ 的线段夹角判定为直角,而余弦值大于0.1的则视为非直角。据此标准,剔除包含非直角的多边形轮廓,最终保留的轮廓仅包含直角或近似直角线段。

2.3 方形筛选

经过多边形逼近和直角筛选后,在实际检测中可能会产生众多结果,其中包括图中的其他矩形物体及近似矩形的物体。由于实际图片的复杂性,干扰矩形众多,因此本文基于基准信息设置了一系列限制条件。首先获取仪表基准图的边长并计算其面积,其次利用边长、面积及长宽比对检测结果进行滤除。具体做法是剔除面积与基准图仪表相差较大的结果,以及长宽比与基准图方形仪表差距较大的结果;最后在剩余轮廓中确定最终的方形轮廓。

2.3.1 面积对比

面积对比步骤是计算检测到的方形轮廓面积,

并将与基准图面积相差较大的结果剔除。鉴于研究对象为方形表盘检测,并且所有方形表盘均为标准矩形,因此基于先前获取的基准图,根据基准图上表盘的面积大小,依次检查实际检测到的表盘轮廓大小,设定合适的区间范围为 $(0.9 \sim 1.1) \times$ 基准面积。考虑到拍摄角度的影响,实际面积与基准面积存在小范围误差属正常现象。面积过大或过小的轮廓将被视为非目标轮廓区域并剔除,经过此步骤后,保留的是与基准图中矩形面积接近的方形轮廓。

2.3.2 长宽比匹配

长宽比匹配步骤是通过匹配检测出的矩形的长宽比,剔除长宽比超出误差范围的干扰矩形。即使面积相差不大,实际的轮廓形状也可能有所不同。在进行长宽比匹配时,遍历图像的所有轮廓,判定每个轮廓的长宽比是否合适,如果不合适则直接删除该轮廓,直到所有轮廓遍历完成。需要注意的是,长宽比匹配时的参数设定需根据实际情况选定合理值,并且比值应小于1(即长边小于宽边),以剔除长边大于宽边的轮廓。轮廓长宽比匹配流程图见图2。

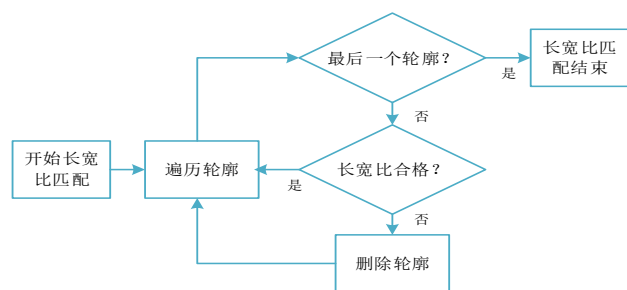


图2 轮廓长宽比匹配流程图

2.3.3 剔除非最大轮廓

经过多边形逼近、直角筛选、面积筛选和长宽比匹配后,得到的轮廓已满足大部分设定条件。然而,观察发现仍存在部分杂质轮廓,如指针表盘的实际区域等,这些轮廓同样具有直角特征和符合长宽比要求,但并非所需的真实边缘区域。因此,需设定限定条件以筛选出最符合要求的轮廓。考虑到表盘上有多个区域,但最外围且最大的边框才是真实的表盘区域边框,因此本文采用剔除非最大轮廓的方法来获取最终的边框区域。具体操作如下:将剩余的所有轮廓绘制成闭合矩形,并逐一判定当前轮廓是否为最大轮廓。若非最大轮廓,则删除;若为最大轮廓,则保留为最终的识别轮廓。遍历所有轮廓后,所得的

最大轮廓即为需要提取的目标轮廓。剔除非最大轮廓流程图见图3。

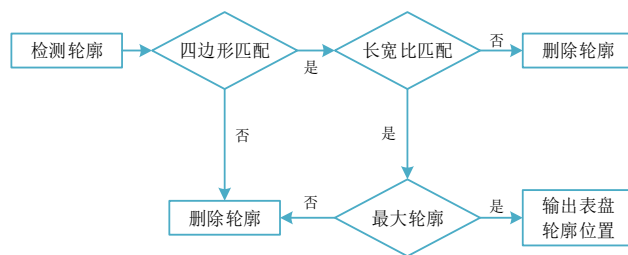


图3 剔除非最大轮廓流程图

综上所述,通过多边形逼近、直角角点检测以及干扰矩形滤除等步骤,可以最终实现方形仪表的检测。在实际算法过程中,所采用的滤除或筛选阈值均基于对应仪表的基准信息进行设定,并且针对不同类型的仪表,所设定的阈值亦有所不同。

3 实验结果

为验证本文所提方形仪表检测方法的准确性,在检测模型搭建完成后,采用实际拍摄的电表图片进行验证。实验分为两个部分:一部分是将这些图片输入本文所构建的模型进行识别,以获取检测结果;另一部分则采用传统的矩形检测方法(即 rectangle 函数)进行检测,并获取检测结果。









基于先验知识,设定长宽比为 $0.5 \sim 0.9$ 的阈值(该阈值根据电表类型的不同进行了相应调整)以有效排除电表旁开关闸等干扰因素。通过多边形逼近方法,解决了因视角变化导致的长文体边缘不精确问题。面积筛选则用于剔除与实际面积差异较大的轮廓。通过最大轮廓对比,排除所有非最大轮廓,得出了最终的检测结果。

rectangle 函数与本文算法的实验结果输出效果对比见表1。从表1可以看出,rectangle 函数能够检测出所有满足矩形基本条件(即直角和标准直线)的矩形区域。然而,由于拍摄图像中存在大量干扰区域,所以并非所有检测出的图像都是有用的。本文算法则可以从众多矩形中挑选出能够实时监测到数值变化的矩形表盘区域,即具有动态数值变化的矩形区域,展现出较高的准确度。

4 结语

受相机角度、表盘位置、室内外环境等多种因素

表1 rectangle函数与本文算法的实验结果输出效果对比

电表类型	rectangle函数算法	本文算法
企业电表1		
企业电表2		
充电桩表		
宿舍电表		

的影响,准确提取仪表方形表盘位置面临诸多挑战。为此,本文提出了一种基于图像处理技术的方形表盘区域提取算法。该算法首先对图像进行一系列预处理操作;其次利用多边形逼近和直角筛选方法获取方形表盘的大致区域;再次采用长宽比匹配算法对获取的方形区域进行进一步筛选;最后通过剔除

非最大轮廓的方法,确保获取最为精确的表盘区域。实验验证表明,本文提出的算法能够有效克服复杂环境带来的干扰,精确提取方形表盘区域,为后续表盘数值的自动化识别奠定了坚实的基础。

5 参考文献

[1]SABLATNIG R,KROPATSCH W G.Application constraints in the design of an automatic reading device for analog display instruments[C]//Proceedings of 1994 IEEE Workshop on Applications of Computer Vision.Sarasota, USA: IEEE,1994:205-212.

[2]SABLATNIG R,KROPATSCH W GAutomatic reading of analog display instruments[C]//Proceedings of 12th International Conference on Pattern Recognition.Jerusalem, Israel:IEEE,1994:794-797.

[3]Sablatnig R,Hansen C.Machine vision for automatic calibration of analog display instruments[C]//Machine Vision Applications in Industrial Inspection III.San Jose, USA: SPIE,1995:356-366.

[4]李铁桥,富丽宇,张虹,等.图像处理在指针式压力表自动判读方面的应用[J].自动化仪表,1996(12):17-20,43-44.

[5]卢建.基于视觉检测与相机定位的指针式压力表自动检定系统研究[D].镇江:江苏大学,2023.

[6]李逸.基于计算机视觉的巡检机器人指针式表盘自动识别研究[D].广州:广东工业大学,2019.

[7]赵炜,周铭鑫,刘沛能,等.基于物联网技术的变电站避雷器仪表智能读数图像识别方法[J].物联网技术,2024,14(12):4-6.

[8]李昌昊.基于图像处理技术的仪表表盘智能识别系统[D].沈阳:沈阳工业大学,2023.

[9]刘海龙,马波,张奇志.钻井现场指针式仪表读数自动识别方法研究[J].控制工程,2023,30(9):1665-1672.

[10]龚升武,彭若愚.基于树莓派的指针式仪表读数自动识别系统设计[J].中国设备工程,2024(19):130-132.

[11]辛文凯.基于深度学习的复杂环境下工业仪表示数识别研究[D].桂林桂林电子科技大学,2023.

[12]赵鸣雷.基于机器视觉的仪表示数检测系统研究[D].天津:天津工业大学,2022.