

基于图像的数字仪表字轮定位分割算法的研究

王 臣 严 军 朱 静 杨 其 阔

(上海大学通信与信息工程学院 上海 200072)

摘 要: 机械式数字仪表的图像识别是一种新兴的抄表技术,该技术通过在仪表前方安装图像采集及处理模组实现。为解决当前图像抄表技术效率低、耗时大等问题,本文提出基于模板匹配的最大稳定极值区域定位分割算法 TM-MSER(template matching-maximally stable extremal regions)以提高字轮定位分割效率,达到降低设备能耗的目的。TM-MSER 算法基于 MSER 算法,将图像灰度值 g 和仪表字轮读数区域模板 s 作为提取参数,将 MSER(g) 提取算法扩展为二维的 TM-MSER(g, s) 提取方法。TM-MSER 算法在一定程度上排除了背景噪声的干扰,能达到更加快速的定位分割。

关键词: 图像处理; TM-MSER 算法; 定位; 分割

中图分类号: TN919.8 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5025

Research of mechanical meter character locating and segmenting algorithm based on image processing

Wang Chen Yan Jun Zhu Jing Yang Qikuo

(Communication & Information Department of Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: Mechanical meter image recognition is a kind of new technology in meter reading field, it works by installing image acquisition device in front of meter. In order to solve the problem of low efficiency and high consumption of current technologies, we propose TM-MSER (template matching-maximized stable extremal regions) that based on template matching. TM-MSER extends MSER(g) algorithm into two-dimension algorithm, TM-MSER(g, s), which using gray value and special template as parameters. TM-MSER is more rapid by excluding the background noise interference.

Keywords: image processing; TM-MSER algorithm; locating; segmenting

0 引 言

随着科技的进步及市场化经济的不断发展,智能化抄表技术对提高电力部门、城市燃气集团及水务部门的管理效率和经济效益具有十分重要的意义^[1]。1999年,美国威斯康辛公用服务公司与美国配电控制系统公司已签订了第一期智能化抄表系统的合同^[2];目前,国内涌现出许多从事智能化机械数字仪表的研究机构及高校课题团队^[3],2011年,吴双等人^[4]研究并设计了基于GPRS技术的远程智能抄表系统;2016年,上海大学的冯玉田^[5]已经开始将基于图像的燃气表直读系统的研究成果投入应用。

将智能化抄表技术应用于传统的人工抄表系统,需要大批量更换旧型号表具,这将很大程度上增大相关部门及企业的运营成本,因此,本文研究的图像抄表装置一定程度上解决了上述窘境,该装置具有免更换、无接触式自动采集

及处理的特点。图像抄表技术基于特定硬件资源的图像识别^[6],其工作原理是在不改变仪表设备的情况下,于仪表盘正前方外置图像处理模组对表盘图像进行处理,获取数据信息。

本文针对当前图像抄表技术效率低、耗时等问题,基于MSER算法提出模板匹配最大稳定极值区域算法(template matching-maximally stable extremal regions, TM-MSER),该算法旨在缩短图像数字定位分割的时间从而降低设备功耗。

1 数字定位分割系统

本文设计的数字仪表字轮定位分割系统框图如图1所示。该系统主要包括图像预处理、目标数字区域 RoI (region of interest) 定位、目标数字区域提取等逻辑组件,其技术路径为图像采集模块采集仪表盘源图像,内部处

处理器将源图像灰度化,再经目标数字区域 RoI 定位和目标字符提取实现表盘数字区域的定位分割。

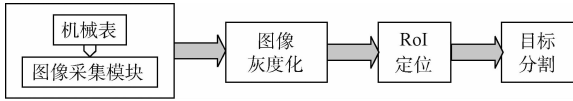


图 1 数字定位分割系统

图像预处理在本系统中是指对源图像进行灰度化,图像采集模组将所采集到的 RGB 图像灰度化。目标区域 RoI 的自动定位分为两个步骤进行:首先根据仪表表盘目标区域进行统计,得出代表性初始化模板,接着在变化灰度阈值的二值化过程中进行模板匹配。其工作过程如图 2 所示。

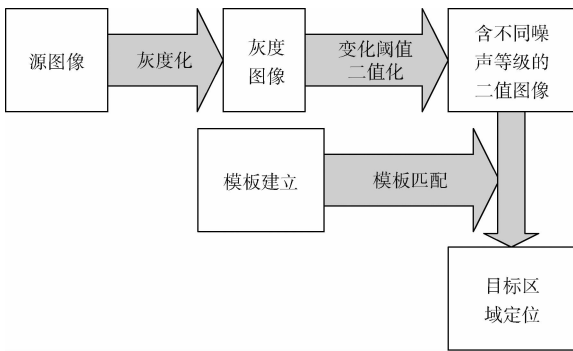


图 2 目标区域 RoI 定位过程

目标区域 RoI 的提取包括表盘数字区域的提取及单一字符区域的分割。其工作过程:先将目标区域模板对既知目标区域图像进行背景噪声过滤,再根据模板所定义的尺寸参数将目标字符图像块切割出来。图 3 所示为目标区域提取流程图。本系统适用于机械数字仪表图像抄表装置的字轮定位分割环节,算法基于下表所述硬件资源(表 1)。

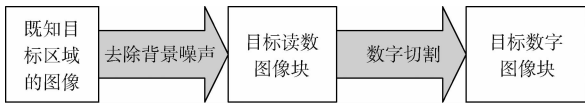


图 3 目标区域 RoI 提取

表 1 图像抄表装置硬件资源

类别	型号
处理器 CPU	STM32F103VET6
图像传感器	CMOS OV7670
数据远传模块	中兴 MG2639_V2

2 基于 TM-MSER 的 RoI 定位

2.1 MSER 算法

由 Matas 等人于 2002 年提出的最大稳定极值区域

MSER 提取算法^[7]可以用于图像的斑点区域检测及图像字符识别。MSER 提取算法由于其文字区域提取的准确性成为自然场景下文字检测的主流方法。

MSER 提取的基本原理:对一幅灰度图像(灰度值为 0~255)取不断变化的阈值(阈值从 0 到 255 依次递增)进行二值化处理,在阈值的递增过程中所得到的所有二值图像中,图像中的某些连通区域变化很小甚至没有变化,得到的这些区域就被称为最大稳定极值区域。

MSER 提取算法的数学定义为:

$$q(i) = \frac{|Q_{i+\delta} - Q_{i-\delta}|}{|Q_i|} \quad (1)$$

其中, Q_i 表示阈值为 i 时的某一连通区域, δ 为灰度阈值的微小变化量, $q(i)$ 为阈值是 i 时的区域 Q_i 的变化率,当 $q(i)$ 为局部极小值时,则 Q_i 为最大稳定极值区域 MSER。

2.2 基于 TM-MSER 算法的 RoI 定位

基于 TM-MSER 算法的 RoI 定位流程如图 4 所示,实现步骤如下所述。

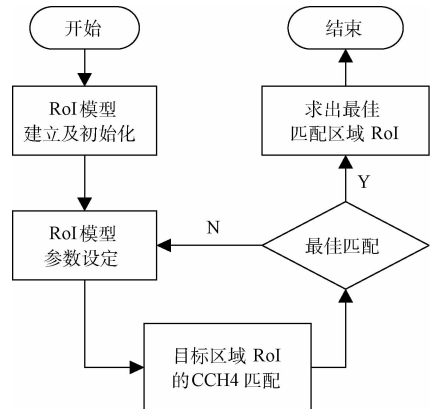


图 4 基于 TM-MSER 算法的 RoI 定位流程

1) RoI 模型建立及初始化

数字仪表图像抄表设备的安装严格按照同一标准工序进行,以保证采集设备采集到的图像特征分布相似。抽选 200 张源图像进行分析得出目标区域模板:

$$tmplt: \{(x_0, y_0); (l, w); c\} \quad (2)$$

式中: (x_0, y_0) 表示模板区域几何中心, (l, w) 表示模板长宽尺寸(像素), c 表示表盘读数字符数。由于表 1 中的图像传感器所采集到的源图像像素为 100×320 , 故将模板初始化为 $tmplt0$:

$$tmplt0: \{(50, 160); (250, 50); 5\} \quad (3)$$

初始模板的参数表示几何中心位置为 $(50, 160)$, 模板像素长宽分别为 250 像素和 50 像素;由于一般抄表技术只抄取前 5 位有效数字,故将有效字符数定义为 5。

2) 基于 TM-MSER 进行 RoI 定位

将经过灰度化处理的源图像变为 100×320 像素的灰度图像 GI(gray image)作为二值化(变化的灰度阈值 g)处

理对象。

$$g = th_0 + (-1)^n \times n \quad (4)$$

其中 $n = 1, 2, 3, \dots, 0 < g < 255; g$ 取正整数。

先对灰度图像 GI 灰度值求平均, 得出灰度平均水平 th_0 , 以 th_0 为起点, 让灰度阈值 g 按照式(4)进行变化, 对 GI 进行二值化, 得到一系列的二值图像 BI_g 。其中, 某仪表表盘图像经过灰度化、二值化后的效果如图 5 所示。

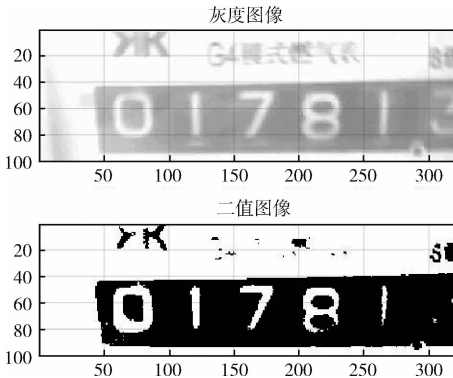


图 5 灰度化及二值化

对得到的每一个 BI_g , 按照式(5)求出变化率 $q(g)$, 当 $q(g)$ 局部极小时对应的 Q_g 即为最大稳定极值区域。其中, Q_g 表示阈值为 g 时的某连通区域, δ 为灰度阈值的微小变化量, $q(g)$ 为阈值为 g 时的区域 Q_g 的变化率, 当 $q(g)$ 为局部极小时, Q_g 为最大稳定极值区域 MSER; Q_G 为尺寸大于已知像素块尺寸 g_{hw} 的最大稳定极值区域。

$$\begin{cases} q(g) = \frac{|Q_{g+\delta} - Q_g|}{|Q_g|} \\ Q_G = g_{hw} \cdot Q_g \\ g_{hw} = l \cdot w \end{cases} \quad (5)$$

目标区域 RoI 的匹配方法有很多^[8], 如: 链码直方图(chain code histogram, CCH)^[9]、成对几何直方图(pairwise geometric histogram, PGH)^[10]、5 种简单形状描述符结合(combination of five simple shape descriptors, CFSS)^[11]、HAUSDORFF 距离^[12]、Hu 不变矩^[13]等,

表 2 5 种 RoI 匹配方法比较

匹配方法	平移	尺度	旋转/(°)	效率
CCH	强	中	90	很快
PGH	强	强	360	快
CFSS	强	强	360	稍快
HAUSDORFF	强	弱	>90	慢
Hu 矩	强	强	360	一般

这 5 种方法的性能及特征比较如表 2 所示。由于本文中的目标区域形状简单且明显、旋转(不超过 45°)不变、尺

寸不固定, 故综合以上方法, 选用 CCH 方法进行模板匹配。链码直方图的计算简单而且快速, 计算公式如下:

$$p(k) = \frac{n_k}{n} \quad k = 0, 1, 2, \dots, K-1 \quad (6)$$

式中: n_k 是一个链码中链码值 k 的数目, n 是一个链码中的节点数。链码法具有以下特点: 1) 计算量小, 可满足实时性要求; 2) 具有平移、尺度不变性; 3) 具有 90° 旋转不变性; 4) 规格化链码直方图可以达到更好的旋转不变性。

改变初始化模板的像素尺寸求其 CCH 值 $p_t(k)$ 值, 根据式(5)求出 Q_c 的 CCH 值 $p(k)$, 按照式(7)求出模板。

$$M_c = \min \left\{ \sum_{i=0}^{k-1} |p(i) - p_t(i)| \right\} \quad k = 0, 1, 2, \dots, K-1 \quad (7)$$

与目标区域的的最佳匹配度 M_c , 此时的 Q_c 即为所求目标区域 RoI。图 5 中的图像经过匹配操作后所得到的定位效果如图 6 所示。



图 6 目标区域 RoI 二值图像

3 目标区域 RoI 字符分割

目标区域的分割采用改进的投影法^[14], 将目标区域 RoI 二值图像(二维数据)分别在水平方向和垂直方向上做投影压缩, 其在一维方向上的分布如图 7 所示, 将数据中的噪声数据滤出, 即可判断表读数字的分布情况, 从而进行分割, 分割所得字符如图 8 所示。

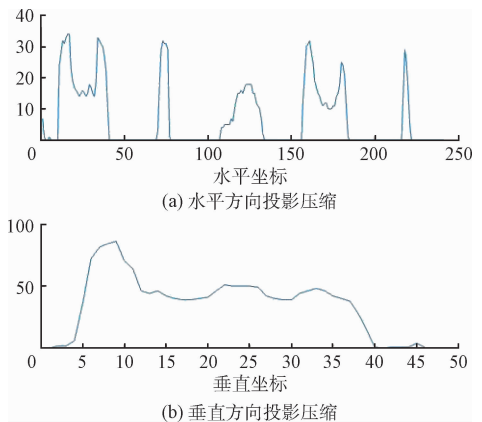


图 7 目标字符一维二值像素和分布情况



图 8 目标字符分割结果

4 算法仿真

本文仿真环境为 Windows7 系统下的数学仿真工具 MATLAB R2015b, 本文针对实际应用场景^[15], 选取了 20 张具有代表性的仪表表盘图像进行仿真, 与普通的 MSER 方法的耗时情况作对比, 结果如图 9 所示。

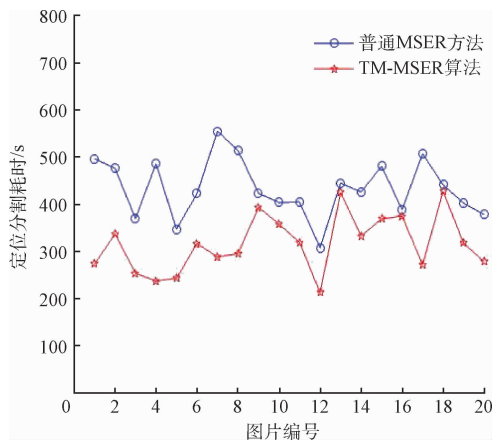


图 9 两种方法耗时对比

仿真结果表明, 本文提出的 TM-MSER 算法较普通方法耗时更低。将该方法应用于机械数字仪表字轮定位分割, 可缩短图像处理时间以降低设备能耗, 提高图像抄表技术的抄表效率。

5 结 论

本文所述的 TM-MSER 算法基于 MSER 算法思想。针对特定硬件资源的图像抄表装置的时耗问题, 提出 TM-MSER 算法, 拟将该算法应用于数字仪表图像抄表装置中, 提高仪表表盘图像字轮定位分割效率, 缩短了处理器计算时间, 达到节能减耗的效果。仿真实验表明, 本文提出的 TM-MSER 算法相对于普通的机械数字仪表图像抄表技术而言, 缩短了字轮定位分割时间。

参考文献

- [1] 陈广华, 苗鹏, 张宗健, 等. 字轮电能表读数系统的数字识别算法[J]. 北方交通大学学报, 2012, 36(3): 87-91.
- [2] 谭志强, 黄懿. 自动抄表技术的发展[J]. 电测与仪表, 2009, 46(1): 1-5.

- [3] 刘振凯, 姚骏, 张露露, 等. 基于 STM32L152 的低功耗超声波热量表的设计[J]. 电子测量技术, 2016, 39(7): 149-153.
- [4] 吴双, 徐琦, 赵珂, 等. 基于 GPRS 技术的远程智能抄表系统设计与研究[J]. 电子设计工程, 2011, 19(12): 66-67.
- [5] 冯玉田. 基于图像的远程燃气表直读系统研究与实现[J]. 电子测量技术, 2016, 39(6): 76-80.
- [6] 邓凯, 樊倩, 陆伟祥, 等. 民用燃气表无线抄表技术的应用研究[J]. 煤气与热力, 2013, 33(4): 28-32.
- [7] NISTÉR D, STEWÉNUS H. Linear Time Maximally Stable Extremal Regions [M]. Berlin: Springer, 2008: 183-196.
- [8] 袁源, 樊万梅. 基于背景统计的 ROI 提取方法[J]. 重庆理工大学学报: 自然科学版, 2012, 26(3): 89-92.
- [9] 许少宝, 王峰, 陈聪, 等. 基于归一化链码直方图和最小外切矩形的舰船目标识别方法[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(4): 926-929.
- [10] AHERNE F, ROCKETT P, THACKER N. Computer Analysis of Images and Patterns [M]. Berlin: Springer, 2005.
- [11] YUAN ZH W, LI F G, ZHANG P, et al. Description of shape characteristics through Fourier and wavelet analysis [J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2014, 27(1): 160-168.
- [12] 李伟峰, 周金强, 方圣辉. 基于改进 Hausdorff 距离的图像配准方法[J]. 国土资源遥感, 2014(2): 93-98.
- [13] 张儒良, 席泓, 王林. 一种基于 Hu 不变矩的匹配演化算法[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2012, 37(5): 11-15.
- [14] 迟晓君, 孟庆春. 基于投影特征值的车牌字符分割算法[J]. 计算机应用研究, 2006, 23(7): 256-257.
- [15] 贾云涛, 胡耀元, 张建永, 等. 基于 MATLAB 的改进仪表测量精度的研究[J]. 电子测量技术, 2015, 38(9): 44-46.

作者简介

王臣, 1991 年出生, 工学硕士, 主要研究方向为物联网等。

E-mail: jay.wangchen@163.com