

基于计算机视觉的电能表检测系统^①

阮春雷, 姚明海, 黄 磊

(浙江工业大学 信息工程学院, 杭州 310023)

摘 要: 通过对计算机视觉模板匹配基本算法的研究, 改进了基本的模板匹配算法. 基于 OpenCV 开源平台, 在 VC++6.0 的开发环境中设计了一套智能电表检测系统, 该系统采用了改进的模板匹配算法, 可在线有效检测电能表的多处信息, 并对缺陷进行统计, 有助于厂商改善产品质量, 保证了电能表出厂的可靠性. 实验表明系统检测速度快、实时性好.

关键词: 计算机视觉; 模板匹配; OpenCV; 智能电表

Power Meter Detection System Based on Computer Vision

RUAN Chun-Lei, YAO Ming-Hai, HUANG Lei

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: This paper improved the template matching algorithm through the study of the basic algorithm of template matching on computer vision. Based on OpenCV open-source platform, a smart meter detection system is designed by VC++6.0. The system utilizes the improved template matching algorithm and detects multiple information of the power meter in effect and calculates defects. It's very helpful to improve the quality of the power meter and ensure the reliability of the power meter. The experiments show that the system detects fast and real-time.

Key words: computer vision; template matching; OpenCV; smart meters

随着国家电网公司智能电表的推广, 国家电网逐步开始试点电表自动校验, 由此涉及到智能电表液晶屏幕显示状态及数据的自动检测, 目前智能电表的检测主要采用人工目视检测, 这种原始的检测方式有漏检率高、检测速度慢等缺点. 针对这些问题, 开发了一套基于机器视觉技术的智能电能表图像的检测系统, 可在线自动检测电能表上的多处信息, 并且对不合格产品发出信号. 该系统分辨率高、检测稳定全面, 保证了电能表出厂的可靠, 并且对于缺陷的统计有助于厂商进一步改善产品质量.

1 计算机视觉与OpenCV简介

1.1 OpenCV 平台简介

开源的计算机类库 OpenCV(Intel Open Source Computer Vision Library)由英特尔公司开发, 现由 Willow Ga-

rage 提供支持. 它是一个基于开源 BSD 许可证授权发行的跨平台计算机视觉库, 可以运行在 Linux、Windows 和 Mac OS 操作系统上, 由一系列 C 函数和少量 C++ 类构成, 同时提供了 Python、Ruby、MATLAB 等语言的接口, 实现了图像处理 and 计算机视觉方面的很多通用算法. OpenCV 主要用于对图像进行一些高级处理, 比如说特征检测与跟踪、运动分析、目标分割与识别以及 3D 重建等^[1]. OpenCV 的五个主题模块(图 1)如下:

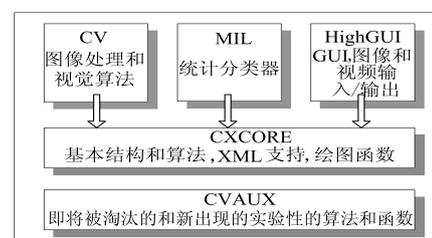


图 1 OpenCV 的基本结构^[2]

① 基金项目: 国家自然科学基金(61070113)

收稿时间: 2012-06-29; 收到修改稿时间: 2012-08-11

1.2 计算机视觉

计算机视觉就是用摄像机和计算机来模拟人的视觉功能,从客观事物的图像中提取有效信息,进行处理并加以理解,使之成为更适合人眼观察或传送给仪器检测的图像,最终用于实际检测、测量和控制。

计算机视觉的最终研究目标就是使计算机能象人那样通过视觉观察和理解世界,具有自主适应环境的能力。该目标需要经过长期的努力才能达到,因此,在实现最终目标以前,人们努力的中期目标是建立一种视觉系统,这个系统能依据视觉敏感和反馈的某种程度的智能完成一定的任务。

计算机视觉系统是指通过图像摄取装置(CMOS 和 CCD 两种)将被摄取目标转换成图像信号,传送给专用的图像处理系统,根据像素分布和亮度、颜色等信息,转变成数字化信号,图像系统对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征,如面积、数量、位置、长度,再根据预设的允许度和其他条件输出结果,包括尺寸、角度、个数、合格/不合格、有/无等,实现自动识别功能,进而根据判别的结果来控制现场的设备动作^[3]。计算机视觉系统通常由硬件和软件两大部分组成,硬件主要包括:光源、镜头、CCD 相机、工业 PC 机、图像采集卡、监视器和通讯/输入输出单元等;软件则是根据具体的检测内容和精度要求由设计人员自行开发。

2 检测系统中的算法

2.1 模板匹配

在模式识别的众多方法中,模板匹配是一种把不同传感器或同一传感器在不同时间、不同的成像条件下对同一景物获得的两幅或多幅图像在空间上对准,或根据已知模式到另一幅图中寻找相应模式的处理方法。它主要研究某一特定对象物的图案位于图像的什么地方,进而识别对象物的问题。当对象物的图案以图像的形式表现时,根据该图案与一幅图像的各部分的相似度来判断其是否存在,并求得对象物在图像中位置的操作就叫模板匹配^[4]。

简言之,模板就是一幅已知的比源图像小的图像,模板匹配就是在源图像中搜寻目标,已知该图中有要找的目标,且该目标同模板由相同的尺寸、方向和图像,通过一定的算法可以再图中找到目标,确定其坐标位置。

2.2 基本算法

已知原始图像 S,模板图像 T 以及所覆盖的子图,

如图 2 所示。

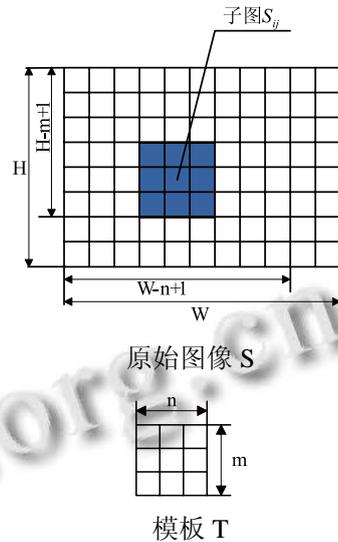


图 2 原始图像和模板图像

利用以下公式衡量它们的相似性:

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

$$= \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n)]^2 - 2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{ij}(m, n) * T(m, n) + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2$$

上述公式中第一项为子图的能量,第三项为模板的能量,均和模板匹配无关。第二项是模板和子图的互为相关,随(i, j)而改变。当模板和子图匹配时,该项有最大值。将其归一化后,得到模板匹配的相关系数:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{ij}(m, n) * T(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2}}$$

当模板和子图完全一样时,相关系数 $R(i, j) = 1$ 。在原始图 S 中完成全部搜索后,找出 R 的最大值 $R_{\max}(i_m, j_m)$,其对应的子图 S_{i_m, j_m} 即为匹配目标^[5]。

显然,用这种公式做图像匹配计算量大、速度慢。我们可以使用另外一种算法来衡量 T 和 S_{ij} 的误差,其公式为:

$$E(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S^{ij}(m, n) - T(m, n)|$$

计算两个图像的向量误差,可以增加计算速度,根据不同的匹配方向选取一个误差阈值 E_0 ,当 $E(i, j) > E_0$ 时就停止该点的计算,继续下一点的计算。最终的实验证明,被搜索的图像越大,匹配的速

度越慢；模板越小，匹配的速度越快；阈值的大小对匹配速度影响大。

2.3 改进的模板匹配算法

我们可以将一次的模板匹配过程更改为两次匹配。

第一次匹配为粗略匹配：取模板的隔行隔列数据，即 1/4 的模板数据，在被搜索图上进行隔行隔列匹配，即在原图的 1/4 范围内匹配。由于数据量大幅减少，匹配速度显著提高。同时需要设计一个合理的误差阈值

$E_0: E_0 = e_0 * \frac{m+1}{2} * \frac{n+1}{2}$ ，式中： e_0 为各点平均的最大误差，一般取 40~50 即可； m, n 为模板的长宽。

第二次匹配是精确匹配。在第一次误差最小点 (i_{min}, j_{min}) 的邻域内，即在对角点为 $(i_{min} - 1, j_{min} - 1)$ ， $(i_{min} + 1, j_{min} + 1)$ 的矩形内，进行搜索匹配，得到最后结果^[6,7]。

3 电能表检测系统的工作流程

在流水线上，待检测的电能表(如图 3)摆放方向一致、等间距的通过检测工位时，到位传感器发送信号给系统，此时液晶屏幕保持全亮状态(如图 4)，检测系统采集全幅电表图像，图像传输给检测终端，检测系统与之前建立的标准模板进行比对。处理结果如果符合标准，则放行；如果发现不合格品，则控制卡输出信号，用户可连接报警或剔除装置进行分仓处理；从采集到输出控制信号的时间不超过 0.5 秒。



图 3 待检测的电能表



图 4 液晶屏全亮状态

在每次新产品检测前，需要建立模板，方法是采集标准电能表的流水线上工作状态的图像并保存^[8]，以后作为检测此型号产品的标准比对图像。

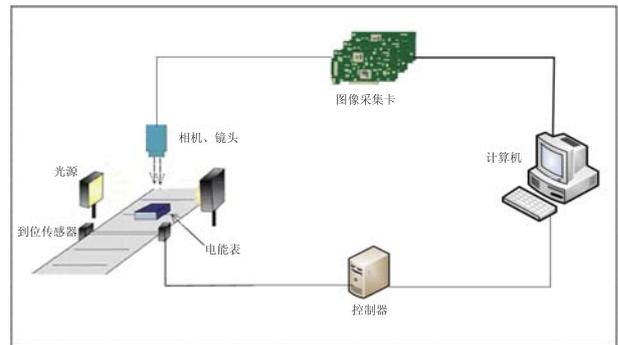


图 5 电能表检测系统示意图

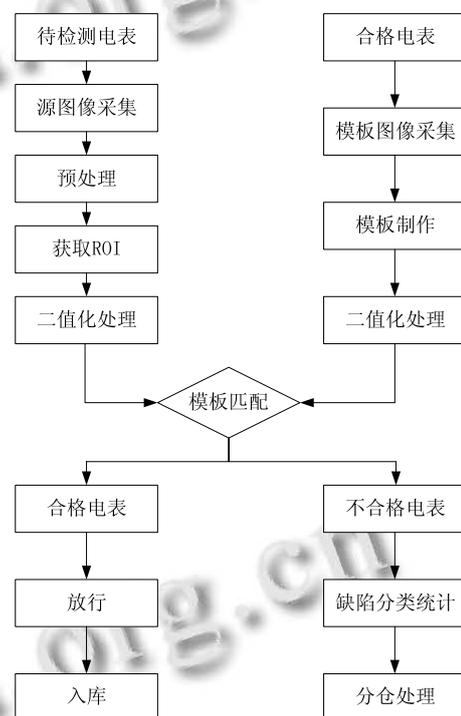


图 6 电能表检测流程

4 检测系统的设计与实现

4.1 软件界面设计

软件的界面如下图 7 所示，该界面的图像显示包括三部分：源图像、模板图像和缺陷图像。被检测电表的条码^[9]、生产厂商等信息被显示在列表框中，右侧按钮代表相关的操作，并且该软件系统可以对被检测电表的信息进行统计，并将检测的信息显示到文本框中，有利于生产厂商及时改善生产工艺，提高生产质量。同时，在软件中添加了信号灯，对于合格的电能表，绿灯会亮，对于不合格的电表，红灯会亮。

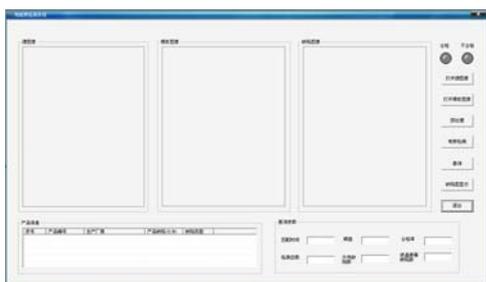


图7 软件界面设计图

4.2 软件运行及检测效果

对于该检测系统来说,图像采集卡获取的源图像与模板图像在尺寸上是相同的.每一次检测的结果都会存放到数据库中,以便查询统计^[10],检测效果如图8:



图8 检测效果

5 结语

目前,计算机视觉在产品质量检测领域已经得到了广泛的应用,促进了工业自动化的迅猛发展.针对电能表人工检测时漏检率高、检测时间长的问题,开发出基于视觉的电能表检测系统,该系统具有检测速度快、识别率高等特点,能够对电能表的检测信息进

(上接第29页)

理效率,有力的降低企业物流信息化建设的门槛.

参考文献

- 1 王春燕.浅析我国企业物流信息化的建设.科技资讯,2011(4).
- 2 骆正茂,王娟.机械产品资源共享平台.工程设计,2011(2).
- 3 骆正茂.基于 Silverlight 的机械零部件在线制图系统.现代制造工程,2011(6).
- 4 李伯虎,张霖,王时龙,等.云制造——面向服务的网络化制

行有效的识别并统计,达到了各项性能指标,有效的降低了人工成本,提高了产品的出厂质量.

参考文献

- 1 OPENCV (OPEN SOURCE COMPUTER VISION). Available:http://opencv.org. [2011-10-10].
- 2 Bradski G, Kaebler A. Learning OpenCV.1st ed. USA: O'Reilly Media, 2008. 13-14.
- 3 贾云得.计算机视觉.北京:科学出版社,2000.2-10.
- 4 Marengoni M, Stringhini D. High Level Computer Vision Using OpenCV. Lewiner T, Torres R da S,eds. Graphics, Patterns and Images Tutorials (SIBGRAPI-T) 24th SIBGRAPI Conference on Graphics,Patterns and Images, Sibgrapi 2011, Alagoas,Maceió,Brazil.IEEE 2011.August28-31,2011:11-24,28-30.
- 5 jizu_qusg: 图像模式识别中模板匹配的基本概念以及基本算法 .http://blog.csai.cn/user1/44205/archives/2008/24429.html. [2008-04-07].
- 6 刘瑞祯,于仕琪.OpenCV 教程—基础篇.北京:北京航空航天大学出版社,2007.326-328.
- 7 唐璜,李青.一种快速的模板匹配算法.计算机应用,2010,30(6):1559-1561,1564.
- 8 陈胜勇,刘胜.基于 OpenCV 的计算机视觉技术实现.北京:科学出版社,2008.204-216.
- 9 Brown J. (Jul 15,2011) ZBar bar code reader. [2012-03-10]. http://zbar.sourceforge.net.
- 10 孙鑫,余安萍.VC++深入详解.北京:电子工业出版社,2006. 762-767.

造新模式.计算机集成制造系统,2010,16(1):1-7,16.

- 5 骆正茂.基于云制造模式的零件库系统.计算机系统应用, 2012,11(4):41-45.
- 6 骆正茂,吴建平.基于 Web 的机械零部件 CAx 在线集成系统.计算机系统应用,2012,11(5):32-36.
- 7 黄建年,侯汉青.Tag 分类基本问题探究.情报理论与实践, 2008,31(3):461-465.