

# 基于模板匹配的电能表液晶屏检测新方法

宋瑞鹏<sup>1,2</sup>, 邵雪松<sup>1,2</sup>, 李 伟<sup>1,2</sup>, 蔡奇新<sup>1,2</sup>, 刘 建<sup>1,2</sup>, 王忠东<sup>1,2</sup>

(1.国网江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 210000;

2.国家电网公司电能计量重点实验室, 江苏 南京 210000)

**摘 要:** 为实现自动化检定中对智能电能表液晶屏质量的在线检测, 并解决误判率高的难题, 文中提出了一种基于快速模板匹配的电能表在线液晶屏检测新方法。该方法采用基于阈值自适应序贯相似性算法的自学习型模板快速匹配算法, 将多幅模板图像的特征综合为一个标准模板, 建立实时调整的自学习型模板库, 并改进传统的序贯相似性算法, 将其阈值自适应。实验结果表明文中提出的方法不仅具有较高的检测效率和匹配精度, 还有效降低误判率, 具有较高的工程应用价值。

**关键词:** 智能电能表; 模板匹配; 序贯相似性算法; 自学习; 阈值自适应

## 0 引言

在我国智能电网不断纵深发展的背景下, 智能电能表是支撑智能电网高级计量体系的关键设备, 具有举足轻重的作用。智能电能表均配置有液晶显示屏, 是实现电网与电力用户之间双向交互的主要器件。然而在智能电能表的运输、存储过程中, 由于震动、挤压、恶劣天气或者内部电路焊接不牢等原因, 液晶屏有时会出现质量问题, 比如碎屏、花屏、乱码、缺码、信号灯不亮等。故有必要对智能电能表的液晶屏质量进行检测。

目前, 液晶屏的质量检测方法主要有手工检测和自动化检测。手工检测方法不仅检测效率低, 而且检测质量难以保证。自动化检测方法主要采用图像处理技术, 国内外学者对这方面有大量的研究。文献[1]通过图像分割技术和液晶屏定位算法对智能电能表液晶屏进行粗定位, 再通过局部自适应二值化精确提取液晶屏信息, 实现液晶屏中汉字、符号和数字的分类检测。文献[2]改进了基本的模板匹配算法, 可在线有效检测电能表的多处信息。文献[3]采用 PatMax 和 PatQuick 算法实现电能表液晶屏在流水线上的自动检测。文献[4-7]采用小波变换等方法改进了传统的快速模板匹配算法, 取得了较好的检测效率。上述研究主要基于单一模板进行图像匹配处理, 严重依赖于制作模板的样品, 而实际上不同液晶屏存在生产工艺差异, 考虑自动化检定节拍效率, 导致出现鲁棒性差、检测效率低、误判率

高等问题。

针对上述研究中的不足, 本文提出一种基于快速模板匹配的电能表在线 LCD 检测新方法。该方法采用基于改进序贯相似性算法(SSDA)的自学习型模板快速匹配算法, 不仅适用于大规模智能电能表自动化检测系统, 还具有较高的工程应用价值。

## 1 基于改进 SSDA 的自学习型模板快速匹配算法

由于生产工艺差异, 生产出来的智能电能表的液晶屏本身存在一定的公差范围。此外, 在拍摄图像的过程中光照条件、空气中灰尘量、液晶屏表面清晰度等都会导致所拍摄的图像在灰度值总有一些细微的变化。而现有算法一般都是基于单一的模板匹配, 故对于本身质量合格, 但和模板有一定差异的电能表, 难免出现误判的现象。外观匹配的效率取决于匹配算法的速度, 它影响着自动化线的工作节拍。故从降低误判率和提高匹配算法速度角度出发, 提出一种基于快速模板匹配的电能表在线 LCD 检测新方法。该方法的核心是基于阈值自适应 SSDA 的自学习型模板快速匹配算法。该算法主要包括自学习型模板和阈值自适应 SSDA 算法。

### 1.1 自学习型模板建立

为降低误判率, 本文采用多个图像模板综合为标准模板, 而不再采用单一的图像模板。存储一些相互之间有一定差异, 同时又具有一定代表性的合格图像。在实时的检测过程中, 根据外界条件的变

化, 实时调整库中模板图像, 并根据库中的图像数据建立一公差范围, 判断图像是否合格就转化为判断待检测的图像数据是否落在公差范围内。将待检测图像特征数据是否落在公差范围内作为判断图像匹配成功与否的依据。故自学习型模板的关键点在于公差范围的建立, 解决图像位置和灰度值的细微差别给检测带来的影响。

### 1.1.1 原理分析

首先选取一些液晶屏存在工艺差异且外观合格的电能表; 其次在拍摄液晶屏图像时, 根据实际检定环境人为改变外界条件, 比如改变光照强度, 改变空气中灰尘量等, 获取一些存在图像灰度值差异; 然后将合格图像分区预处理, 将每一小区域内的特征数据做矢量方向上的投影, 分别抽取每幅图像中对应小区域在矢量方向上投影的最大值、最小值, 再为每一小区域在矢量方向建立最大值曲线、最小值曲线, 根据这两条曲线可以建立一公差范围。

### 1.1.2 数学建模

为保证检测精度, 我们将图像划分为多个小区域。对于模板库中的图像, 将每一小区域内的数据做矢量  $r$  方向的投影, 分别抽取每幅图像中对应小区域在矢量  $r$  方向上投影的最大、最小值, 建立两条矢量  $r$  方向上的最大、最小值曲线。每一个小区域的建模过程可以用下式描述:

$$\begin{cases} f_{m,\max}(r) = \max_{1 \leq k \leq N} [g_{m,k}(r)] \\ f_{m,\min}(r) = \min_{1 \leq k \leq N} [g_{m,k}(r)] \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $f_{m,\max}(r)$  和  $f_{m,\min}(r)$  分别代表第  $m$  块小区域矢量  $r$  方向的最大、最小值曲线,  $N$  代表模板库中模板图像的数量,  $g_{m,k}(r)$  代表库中第  $k$  幅模板图像的第  $m$  块小区域中  $r$  点处的灰度值。

在对图像进行检测时, 先建立待检测图像相应小区域  $r$  方向的投影曲线, 然后再与模板图像  $r$  方向投影的最大、最小值曲线进行比较, 只要前者投影曲线介于后者的最大、最小值曲线之间, 则可得到粗匹配点集。在实际的检测过程中, 每检测完一定数量的图像后, 抽取几张合格图像补充到模板库中, 同时根据补充图像的特征数据对已经建立的公差范围进行调整, 从而实时调整库中标准模板图像。

## 1.2 改进型 SSDA 算法

传统的图像相关匹配算法精度高, 但匹配速度

较慢, 难以在实际中应用。SSDA 就是针对这一情况而提出的误差累计算法, 能够很快丢弃不匹配的点, 减少花在不匹配点上的计算量, 从而提高匹配速度。在匹配过程中, SSDA 算法通过计算匹配子图与模板的误差值达到搜索匹配点的目的。其中累加误差值  $E(i, j)$  的计算公式为<sup>[8]</sup>:

$$E(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S^{i,j}(m, n) - T(m, n)| \quad (2)$$

式中  $S^{i,j}(m, n)$  为实时图像  $S$  的像素点灰度值,  $T(m, n)$  为标准模板的像素点灰度值,  $(i, j)$  为选取的像素点。

针对智能电能表自动化检定中对图像配准速度要求较高等特点, 提出一种阈值自适应的 SSDA 算法。传统 SSDA 采取固定的阈值, 在非匹配点进行大量的计算, 效率较低。改进的 SSDA 不选取固定阈值, 而是阈值自适应, 使非匹配点用更少的计算就能达到阈值而被丢弃, 真匹配点则需要更多次误差累加才能达到阈值。该算法的关键点在于阈值选取, 不选取固定阈值, 而是以标准模板的公差范围界限值为初始阈值, 计算各子图的误差累加值, 若后续点的累加值大于等于阈值, 则阈值保持不变; 若误差累加值小于阈值, 则根据下面公式设置阈值。依次类推, 在不断调整阈值的过程中完成图像匹配相关运算。

$$ST^{i,j} = K \Delta \varepsilon + V(m, n) \quad (3)$$

式中  $ST^{i,j}$  为像素点  $(i, j)$  的阈值,  $K$  为比例系数,  $\Delta \varepsilon$  为前后两次选择的像素点误差的差值,  $V(m, n)$  为标准模板的小区域  $(m, n)$  公差范围的界限值

## 2 新方法实现流程

### 2.1 硬件系统构成

在大规模智能电能表自动化检测系统中<sup>[9-10]</sup>, 智能电能表液晶屏的质量检测系统由工业相机、光源、上电装置、挡停装置、PLC 电气控制单元及图像采集处理软件等组成, 如图 1 所示。当智能电能表流转至外观检测模块处, PLC 控制上电装置给电能表上电, 上电完成后 PLC 控制工业相机进行拍照, 获取电能表实时在线图片, 并将图片传给运行于工控机的图像采集处理软件, 进行模板匹配。模板匹配采用基于阈值自适应 SSDA 的自学习型模板匹配

算法，将实时在线图片与标准模板相匹配，来判断电能表外观检测是否合格。若匹配成功，则电能表外观检测合格；反之，则外观检测不合格，电能表需做复检、返厂等处理。匹配完成后，PLC控制挡停装置，将停在外观检测模块处的电能表放行。

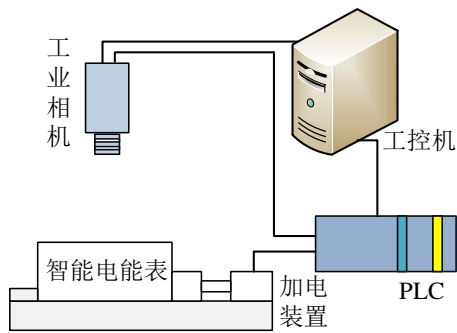


图 1 硬件系统构成

Fig.1 System structure diagram

2.2 软件实现流程

在自学习型模板库建立的基础上，根据标准模板对待检测图像进行相应分区域，实行粗匹配，再采用阈值自适应 SSDA 算法进一步精匹配，通过计算子图与模板的误差值达到搜索匹配的目的。如图 2 所示，基于阈值自适应 SSDA 的自学习型模板匹配算法实现流程。

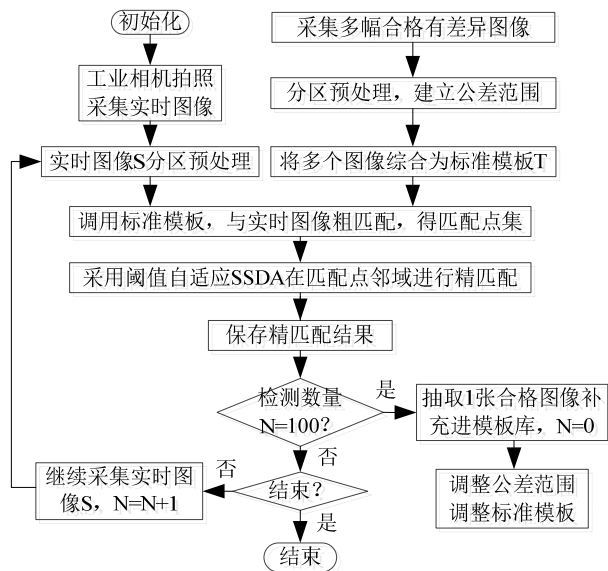


图 2 基于阈值自适应 SSDA 的模板快速匹配算法

Fig.2 The algorithm of self-learning fast template matching  
based on SSDA with threshold self-adjusting

采用工业相机采集多幅相互之间有一定差异，但又具有一定代表性的合格电能表图像。根据图像分区预处理后得到的特征数据建立一公差范围，进

而将多幅图像综合为标准模板 T。在线检测时，采用工业相机采集实时图像，对实时图像 S 相应分区预处理。调用标准模板 T，将实时图像 S 小区域中点的图像灰度值与标准模板 T 相应区域中的点相匹配，经粗匹配得到匹配点集。再采用阈值自适应 SSDA 在匹配点邻域进行精匹配，保存精匹配结果。在此过程中记录检测电能表的数量 N，若数量大于 100 只，则抽取一张实时拍摄的合格图像补充到自学习型模板库中，同时根据补充图像的特征数据对已经建立的公差范围进行调整，即实时调整库中标准模板图像。

3 实验结果与分析

为检验本算法对液晶屏质量检测的效果，在自动化生产车间，现场采集 20000 幅电表图像进行检测。智能电能表液晶屏中一共有三种被检测对象，分别为符号（各种状态标志）、汉字和数字。对于符号和汉字，如有问题，则无显示；而数字的显示有问题，可能只缺失其中的一段。与传统 SSDA 算法以及常用的图像分割定位算法相比，本文算法在匹配效率、误判率方面的情况比较如表 1 所示。

表 1 实验结果

Tab.1 The experiment results

算法	匹配时间	正确数量	错误数量	误判率
本文算法	0.057s	19954	46	0.023
传统 SSDA 算法	0.579s	19906	94	0.0047
图像分割定位算法	0.137s	19572	428	0.0214

由表中数据分析可知，本文算法优于传统的模板匹配算法。在本文算法中，由于模板数据可通过不断学习得到调整。它能有效的降低由于各种外在条件影响所引起的误判概率，同时也能提高检测精度。通过建立的自学习型模板库，可以克服检测过程中由于外界条件（光照、空气灰尘）和液晶屏工艺差异所引起的图像灰度值差异对检测误差影响，有效降低误判率。

在实验过程中，针对智能电能表液晶屏的不同情况分别做了相关实验，如图 3、图 4、图 5 所示。

在图 4 中电能表本身合格但液晶屏表面有灰尘时仍能够正确检测，说明该方法有较好的鲁棒性。另外，由于计算量的显著减少使匹配平均花费的时间也明显减少了很多。表明本文提出的匹配算法大大提高了模板匹配速度，而且精度没有丝毫的降低。

采用的基于阈值自适应 SSDA 的自学习型模板匹配算法可以很快丢弃对非匹配点的计算,节省了匹配时间,提高了匹配效率,进而提高了外观检测的生产效率,节约了人力物力。

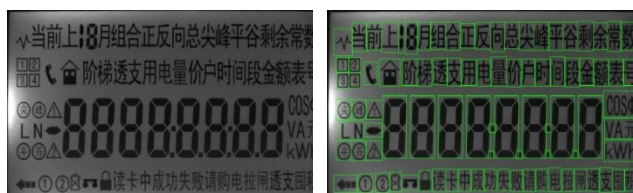


图3 外观合格时液晶屏原始图及匹配效果图

Fig.3 The qualified smart electricity meter and its matching picture of LCD screen testing

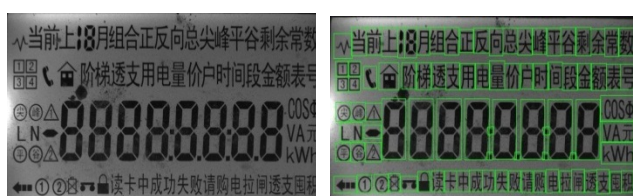


图4 表面有灰尘时液晶屏原始图及匹配效果图

Fig.4 The qualified smart electricity meter with dust and its matching picture of detection



图5 屏幕碎裂时液晶屏原始图及匹配效果图

Fig.5 The smart electricity meter with cracks and its matching picture of detection

## 4 结束语

本文针对智能电能表的液晶屏质量检测问题,基于快速模板匹配原理提出一种实现液晶屏自动检测的新方法。该方法首先将多幅模板图像的特征综合为一个标准模板,建立实时调整的自学习型模板,然后改进 SSDA 算法,将其阈值自适应,减少非匹配点的计算量,显著提高匹配速度。实验结果证明,本文提出的方法不仅具有较高的检测效率和匹配精度,还有效降低误判率,具有较高的实用价值,目前已经应用到智能电能表自动化检定系统中液晶质量的检测。

## 参考文献:

- [1] 何蓓, 欧习洋, 侯兴哲等. 基于图像处理的电能表液晶屏质量检测方法[J]. 电测与仪表, 2014, 51(9): 25-28.  
HE Bei, OU Xi-yang, HOU Xing-zhe, "Quality Detecting Method of Electricity Meter LCD Screen Based on Image Proccessing," *Electrical Measurement & Instrumentation*, vol.51, pp.25-28, May.2014.
- [2] 阮春雷, 姚明海, 黄磊. 基于计算机视觉的电能表检测系统[J]. 计算机系统应用, 2013, 22(2): 57-60.  
Ruan Chunlei, Yao Minghai, and Huang Lei, "Power Meter Detection System Based on Computer Vision," *Computer Systems & Applications*, vol. 22, no. 2, pp. 57-60, Feb. 2013.
- [3] 何志强, 丁涛, 徐二强等. PatMax 和 PatQuick 算法在智能电能表 LCD 检测中的应用[J]. 自动化与仪表, 2012, 27(5): 54-56.  
HE Zhi-qiang, DING Tao, and XU Er-qiang, "Application of PatMax and PatQuick in Smart Electricity Meter's LCD Detection," *Automation & Instrumentation*, vol. 27, pp. 54-56, May. 2012.
- [4] Wei-Chen Li, and Du-Ming Tsai, "Defect Inspection in Low-Contrast LCD Images Using Hough Transform-Based Nonstationary Line Detection," *IEEE Trans. Industrial Informatics*, vol. 7, no. 1, pp. 136-147, 2011.
- [5] S. K. Sahani, G. Adhikari, and B. K. Das, "A fast template matching algorithm for aerial object tracking," in *the International Conference on Image Information Processing*, pp. 1-6, 2011.
- [6] Lai Wu-xing, Wang Wei, Huang Bin-bin, Ren He, and Shi Tie-lin, "Fast Template Matching Based on Local Entropy Difference," in *the 2<sup>nd</sup> International Congress on Image and Signal Processing*, pp. 1-5, 2009.
- [7] Shinichiro Omachi and Masako Omachi, "Fast Template Matching With Polynomials," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 16, no. 8, pp. 2139-2149, Aug. 2007.
- [8] Elhanan Elboher and Michael Werman, "Asymmetric Correlation: A Noise Robust Similarity Measure for Template Matching," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 22, no. 8, pp. 3062-3073, Aug. 2013.
- [9] 黄奇峰, 蔡奇新, 刘建. 一种大规模智能电能表全自动检定系统设计[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(2): 4-6.

HUANG Qi-feng, CAI Qi-xin, and LIU Jian, "The Design of Super Large-scale Smart Meter Automatic Verification," *Jiangsu Electrical Engineering*, vol. 32, no. 2, pp. 4-6, Mar. 2013.

- [10] 黄奇峰, 蔡奇新, 郑飞. 超大规模智能电能表自动化检测研究和仿真[J]. 电测与仪表, 2013, 50(569): 91-94.  
Huang Qifeng, Cai Qixin, and Zheng Fei, "Research and Simulation on Automatically Verifying Super Large-Scale Smart Meter," *Electrical Measurement & Instrumentation*, vol. 50, no. 569, pp. 91-94, May. 2013.

#### 作者简介:

宋瑞鹏(1988-), 男, 河南人, 硕士研究生, 从事电力计量自动化检定管理研究, E-mail :

ruipengsong@126.com;

邵雪松(1987-), 男, 博士研究生, 从事电能计量研究;

李 纬(1981-), 男, 硕士研究生, 从事电能计量研究;

蔡奇新(1978-), 男, 硕士研究生, 从事电能计量研究;

刘 建(1983-), 男, 博士研究生, 从事电能计量研究;

王忠东(1968-), 男, 硕士研究生, 从事电测量技术研究。

### LCD Detecting Method of Smart Electricity Meter Based on Template Matching

Song Ruipeng<sup>1,2</sup>, Shao Xuesong<sup>1,2</sup>, Li Wei<sup>1,2</sup>, Cai Qixin<sup>1,2</sup>, Liu Jian<sup>1,2</sup>, Wang Zhongdong<sup>1,2</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Research Institute, Nanjing 210000, China.

2. State Grid Key Laboratory of Electric Power Metering, Nanjing 210000, China. )

**Abstract:** In order to realize the function of on-line detection on LCD screen of smart electricity meters in automation test system, and to solve the problem of high wrong judgment rate, a quality on-line detection method based on fast template matching is proposed in this paper. In the method, a new algorithm of self-learning fast template matching based on Sequential Similarity Detection Algorithm (SSDA) with threshold automatic is adopted. The paper describes in detail how to synthesize characteristics of many templates into a standard template and how to establish real-time and self-learning template library. And SSDA is improved with threshold self-adjusting. The results of experiments indicate that the new method not only has high detection efficiency and matching accuracy, and low wrong judgment rate, but also has great application value of engineering.

**Key Words:** smart electricity meter; template matching; sequential similarity detection algorithm; self-learning; threshold automatic