

基于机器视觉的贴片电阻封装排序方法

李治贤¹, 谌贵辉¹, 张三炳²

(1.西南石油大学, 成都 610500; 2.四川永星电子有限公司, 成都 610500)

摘要: **目的** 研究基于机器视觉的贴片电阻封装排序方法, 确保贴片电阻的封装效率, 减少人力成本。**方法** 基于模板匹配设计一种贴片电阻的相对方向识别方法, 并简单介绍检测系统的整体框架。识别方法主要分为 3 步, 截取模板并进行模板匹配; 记录匹配区域的匹配度及匹配区域的像素坐标信息; 利用匹配度和坐标信息得出贴片电阻的相对方向。**结果** 文中验证了在不同光源下的识别率。当光源强度为 18 V 时, 识别率最高, 达到 99.9%, 处理时间约为 130 ms。**结论** 基于机器视觉的贴片电阻封装排序方法能够满足工业生产的准确性和实时性要求。

关键词: 机器视觉; 贴片电阻; 方向识别; 模板匹配

中图分类号: TB487; TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)17-0176-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.17.029

Sorting Method of Chip Resistors Package Based on Machine Vision

LI Zhi-xian¹, CHEN Gui-hui¹, ZHANG San-bing²

(1.Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 2.Sichuan Yongxing Electronics Co., Ltd.,
Chengdu 610500, China)

ABSTRACT: The work aims to study the sorting method of chip resistors package based on machine vision to ensure packaging efficiency of chip resistors and reduce labor cost. A relative direction recognition method for the chip resistors was designed based on template matching. The overall framework of detection system was briefly introduced. The recognition method was mainly divided into three steps: template was intercepted and matched; matching degree and pixel coordinate information of the matching region were recorded; the relative direction was got based on the matching degree and coordinate information. The recognition rate under different light sources was verified herein. When the intensity of light source was 18 V, the recognition rate was the highest (99.9%) and the processing time was about 130 ms. The sorting method of chip resistors package based on machine vision can meet the requirements of industrial production for accuracy and real-time performance.

KEY WORDS: machine vision; chip resistors; direction recognition; template matching

贴片电阻 (SMD Resistor) 又名片式电阻, 是一种继线绕电阻和金属膜电阻之后新兴的小型电阻, 一般是由基板 (陶瓷基板)、电阻浆 (R 膏)、背导材料、正导材料及侧导材料 (Ag 浆)、一次保护玻璃、二次保护玻璃、Mark 标记材料组成, 具有优异的高频特性、非感应特性、电阻温度系数低、耐冲击、耐热、耐潮湿等性能^[1-4]。

大部分的贴片电阻具有体积小、易损伤等缺点, 且对于一部分的贴片电阻来说, 焊接时需要区分正负极。厂家采用人工方式难以完成焊接, 只有采用机械批量处理, 所以大部分电子厂商要求贴片电阻生产厂家在封装编带时需要对贴片电阻进行排序处理, 便于机械进行焊接。

近年来, 随着全球范围内的机器视觉技术和嵌入

收稿日期: 2018-06-01

基金项目: 四川省科技支撑项目 (2016GZ0107); 四川省教育厅重点项目 (16ZA0065)

作者简介: 李治贤 (1994—), 男, 西南石油大学硕士生, 主攻图像处理与模式识别。

通信作者: 陈贵辉 (1971—), 男, 西南石油大学教授, 主要研究方向为机器视觉算法及应用。

式技术的高速发展,该类技术已广泛的应用于工业生产中^[5-7]。目前大多数贴片电阻排序设备来自于国外,引进成本较高。同时,实现此类算法一般采用的是基于形态学的思想,算法较为复杂。

1 系统框架

贴片电阻封装排序仪的结构见图 1,整个系统主要包括 PC 控制机、图像采集模块、光电传感器、CCD 相机、光源、PLC、机械吹气装置和传送带等。其中光电传感器主要用于对传送带上的贴片电阻定位,当检测到贴片电阻经过 CCD 工业相机时,相机拍摄照片,并将照片传送至图像采集模块进行处理,最终传输到 PC 控制机进行相对方向的检测。PC 控制机根据检测结果给 PLC 提供相关信号,当贴片电阻与规定方向不一致的时候,PLC 控制机械吹气装置将传送带上的贴片电阻吹走,符合条件的贴片电阻进行统一编带。其中,光电传感器 1、光源和 CCD 相机位于传送带上的同一位置,光电传感器 2 和机械吹气装置位于同一位置。

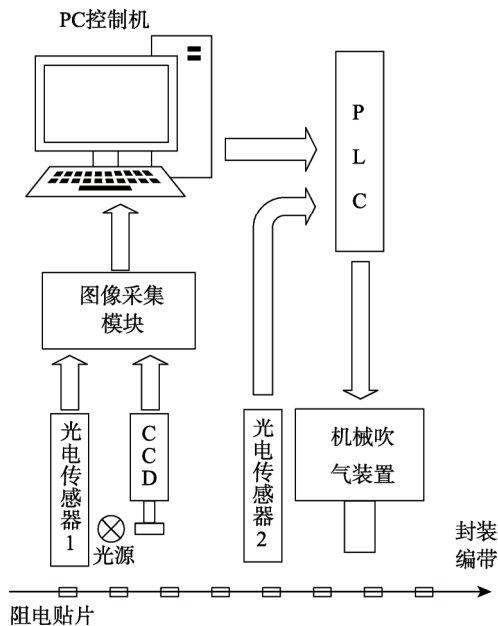


图 1 贴片电阻方向检测系统
Fig.1 The direction detection system of chip resistors

2 图像处理

贴片电阻是一个六面的立方体,在传送带上总共有 4 种排列方式,分别为正面向上、正面向下、反面向上、反面向下。以工厂中的某种型号的贴片电阻为例,4 种排列方式见图 2。

在实际编带过程中,贴片电阻是随着传送带移动的。由于传送带的设计,贴片电阻只能有以上的 4 种排列方式。根据生产过程中的需求,这 4 种排列方式中只有一种是编带时需要的方向,其他 3 种方向都为

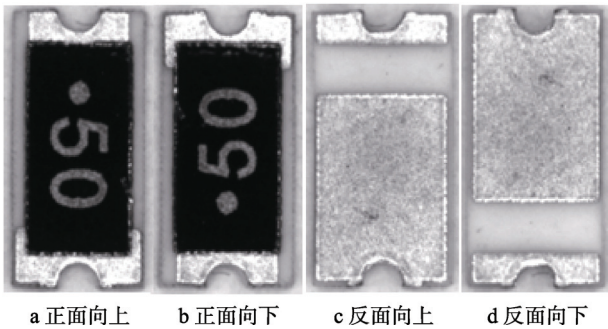


图 2 贴片电阻的 4 种排列
Fig.2 Four arrangement modes of chip resistors

干扰方向。
2.1 传统的模板匹配

模板匹配算法的操作思路是在匹配之前截取原图像中的一块特征部分作为模板,将模板和原图像中同样大小的一块区域进行对比,找到原图像中与模板大小一致,且相似度最高的区域。模板匹配的工作原理和直方图的反向投影基本一致,通过模板图像在原图像的左上角到右下角遍历对比的过程中找出匹配区域。假设原图像的像素为 $M \times N$,在原图像上截取的模板像素大小为 $m \times n$ ^[8-10]。

- 具体的匹配过程如下所述。
- 1) 从原图像的 (1,1) 点开始,截取 (1,1) 到 (m, n) 的矩形图像作为临时图像,根据起始点的像素坐标,记为子图 $s(1,1)$ 。
 - 2) 将截取的子图 $s(1,1)$ 与模板 T 匹配,得到对比的结果,并记录。
 - 3) 再次截取原图像的 (1,2) 到 (m, n+1) 部分作为临时图像,根据像素坐标信息,记为子图 $s(1,2)$ 。
 - 4) 将子图 $s(1,2)$ 再次与模板 T 匹配,得到结果,并记录。
 - 5) 重复步骤 1) —4),先横移,再纵移,直到截取到图像的右下角,遍历整个图像。即 (M-m+1, N-n+1) 到 (M, N) 的子图,记为 $s(M-m+1, N-n+1)$ ^[11-12]。

模板匹配的过程见图 3。

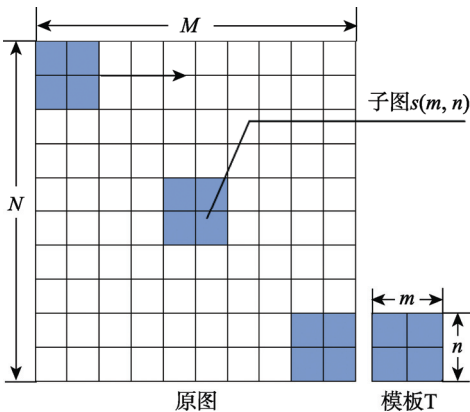


图 3 模板匹配示意
Fig.3 Sketch map of template matching

当所有位置都对比完后,与模板差别最小的子图就是要找的匹配部分。在比较子图与模板时由于匹配部分的大小与模板 T 大小一致,记为匹配部分子图为 $s(m, n)$, 用到的公式为:

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

对式(1)展开有:

$$D(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s(m, n)^2] - \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s(m, n) \times T(m, n)] + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)^2] \quad (2)$$

式中:第1项是原图像中截取图像的子图的能量,它随着子图在原图像上位置的改变而变化;第3项为模板的总能量,模板选定后不发生变化,是一个无关常数^[13];第2项表示子图与模板的相互关系,这一项同样随着子图 $s(m, n)$ 位置的改变而改变,当找到子图 $s(m, n)$ 和模板 T 匹配的匹配区域时,这一项取值最大。式(1—2)采用差值平方和进行匹配, D 值越小,匹配程度越高。该匹配方法简单易懂,但容易受到模板位置、模板和原图亮度不一致的影响,准确度较低。

为此引入了用相关函数作相似度测试,见式(1)。

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s(m, n) \times T(m, n)]}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s(m, n)]^2} \quad (3)$$

或者归一化为:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s(m, n) \times T(m, n)]}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2} \times \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s(m, n)]^2}} \quad (4)$$

式(3—4)为标准化相关匹配的原理, R 取值越大,匹配程度越高。该方法有效地去除了亮度的线性变换对图像相似度计算的影响,保证了模板和图像同时变亮和变暗对结果没有影响。由以上相关函数的公式可以得出模板与匹配区域的相关度,可判断模板与待匹配区域是否匹配。该匹配方法准确度高,但是算法较为复杂,运行时间较长。

传统的模板匹配算法存在运行时间和准确率的矛盾,同时传统算法只能对待匹配图像和模板进行匹配,得出在原图中与模板匹配程度最高的区域,不能对图片的方向进行识别,不能有效的运用于生产实践中。

2.2 改进的模板匹配

针对传统模板匹配算法存在的2个问题进行改进。

传统的模板匹配算法在复杂度和准确率上存在矛盾,文中结合2.1节中提到的差值平方和匹配和标准化相关匹配对原本单一的算法进行改进。差值平方

和匹配运算速度快,准确率低,标准化相关匹配运算速度慢,准确率高。改进算法的原理为在差值平方和匹配的过程中设定阈值,小于阈值的匹配块进行标准化相关匹配。改进后的算法充分利用到了差值平方和匹配运算速度的优点和标准化相关匹配准确率的优点。算法具体过程如下所述。

1) 采用差值平方和匹配算法对原图像进行遍历匹配,记录每一次的平方差值。

2) 根据实际情况设立阈值,文中所设立阈值为100。

3) 将步骤1)中平方差值小于阈值的匹配块提取出来,采用标准化相关匹配再次与模板匹配,并记录匹配度。

4) 匹配度最高的匹配块即为目标匹配块。

传统模板匹配的过程中无法判断图像的方向,改进后的模板匹配原理为:在规定一幅图像的正方向后,一般情况下,图像有4个方向。首先将图像分割成4个区域,在一个区域内选择有效的模板,进行匹配,找到原图像中模板最匹配的区域后,记录该区域的坐标和匹配度,再与原图坐标对比,可得出图像的相对方向,见图4。

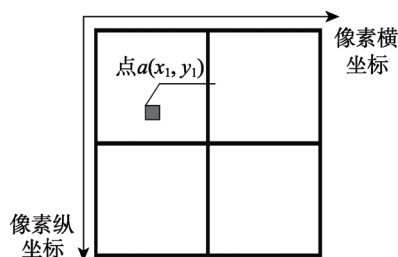


图4 改进算法原理

Fig.4 Principle of improved algorithm

在图像的4个区域中选择一个区域采集模板,采集模板后再进行模板匹配。假设原图像的像素为 $a \times b$, 可看为横坐标为 a , 纵坐标为 b 的坐标图像。模板匹配后记录最佳匹配区域的左上角的坐标信息 $a(x_1, y_1)$, 规定当模板在左上方的区域中时,图片为正方向,坐标信息有4种情况,见式(5)。

$$\begin{cases} x_1 < \frac{a}{2}, y_1 < \frac{b}{2} \\ x_1 < \frac{a}{2}, y_1 > \frac{b}{2} \\ x_1 > \frac{a}{2}, y_1 < \frac{b}{2} \\ x_1 > \frac{a}{2}, y_1 > \frac{b}{2} \end{cases} \quad (5)$$

这4种情况分别对应匹配图像的位置为左上、左下、右上和右下。假设当模板匹配区域在左上角时为方向向上,当 $x_1 < \frac{a}{2}, y_1 < \frac{b}{2}$ 时,方向向上;当 $x_1 < \frac{a}{2}, y_1 > \frac{b}{2}$

时, 方向向左; 当 $x_1 > \frac{a}{2}, y_1 < \frac{b}{2}$ 时, 方向向右; 当 $x_1 > \frac{a}{2}, y_1 > \frac{b}{2}$ 时, 方向向下。由此, 可以判断图像的相对方向。

3 贴片电阻排序

文中提到的贴片电阻排序基于改进的模板匹配方法。具体方法如下所述。

1) 文中采用的摄像头采集到的为单通道灰度图, 采集图分为 2 部分, 目标和背景部分。需要先实现图像分割, 文中采用 Canny 边缘检测实现图像的分割^[14-15]。将目标图像截取下来做后续处理。

2) 在匹配之前选取特征模板, 文中采用工厂内某种型号的贴片电阻为例, 在图像的正面有一个白色的圆点, 把该圆点作为特征模板, 截取该圆点的图片作为模板图片, 见图 5。

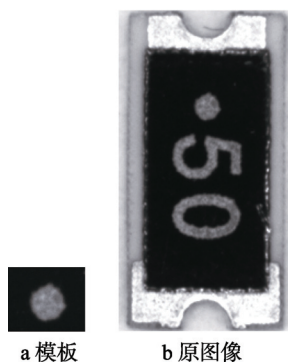


图 5 原图像与模板

Fig.5 Original image and template

3) 对贴片电阻图像和模板图像进行匹配, 假设传送带的方向为纵向, 有数字一面为正面且与模板匹配的圆点在上半部分时为所需方向, 设该方向为正面向上, 没有数字一面为反面, 总共有 4 种排列的方式, 分别为正上、正下和反面的 2 种排列。由于模板图像与反面图像的灰度差距较大, 在模板遍历匹配的过程中, 每一次匹配都会记录当前模板与原图上投影图像的匹配度。根据多次试验结果, 设立匹配度阈值, 当匹配度小于该阈值时, 判定为反面; 当匹配度高于阈值时, 判定为正面。若判定为正面, 模板会在原图中找到圆点的位置。设置函数返回此时模板在原图上投影位置的左上角的坐标, 再与原图像的坐标比对, 由于本次贴片电阻的方向识别中只有正上、正下 2 种方向, 所以只需要比对纵坐标。当匹配部分左上角的纵坐标小于原图纵坐标的一半时, 判定圆点位于图像的上方, 即所需的方向。若匹配部分的左上角的纵坐标大于原图纵坐标的一半时, 判定为圆点在图像的下方, 即反方向, 见图 6。

贴片电阻方向识别的过程流程见图 7。

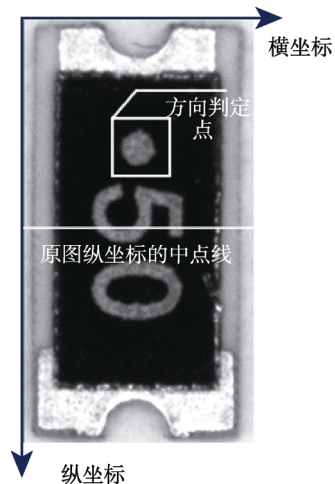


图 6 贴片电阻方向识别原理

Fig.6 The principle of chip resistance direction recognition

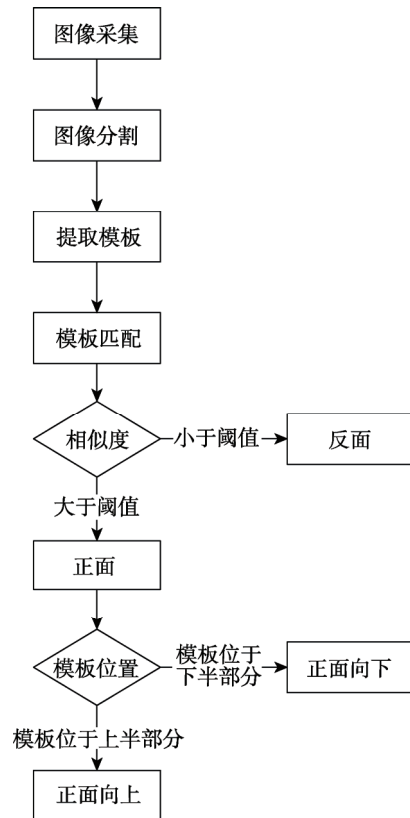


图 7 贴片电阻方向识别流程

Fig.7 Flow chart of chip resistance direction recognition

4 实验结果与分析

文中方法是对贴片电阻的方向识别, 图像的采集使用 Basler 生产的型号为 acA640-120gm 的 CCD 相机, 使用的光源为上海嘉肯光电科技有限公司生产的型号为 JK-R2000R 的单色光源, 在 Windows10 操作系统下 Visual Studio2010 编程实现。实验平台的环境为 Inter Core 5 处理器, 主频为 2.5 GHz, 内存为 4 GB。

实验用到 3000 个贴片电阻, 随机采集到正面正向图片 862 张, 正面反向图像 901 张, 反面图像 1237

张。为找到光源强度对实验结果的影响,实验对光源施加不同的电压,分别为光源强度 1 (12 V)、光源强度 2 (18 V) 和光源强度 3 (25 V)。通过在不同光源强度下对每张图像的识别得出识别率与平均识别时间,见表 1—3。

实验结果表明,当给光源施加 18 V 的电压时,

表 1 光源强度 1 (12 V) 实验结果
Tab.1 Experimental results of light intensity 1 (12V)

方向	待识别样本数	成功识别数	识别率 /%	识别时间 /ms
正面正向	862	792	91.88	139
正面反向	901	795	88.24	148
反面	1237	1237	100.00	120

表 2 光源强度 2 (18 V) 实验结果
Tab.2 Experimental results of light intensity 2 (18 V)

方向	待识别样本数	成功识别数	识别率 /%	识别时间 /ms
正面正向	862	860	99.77	130
正面反向	901	900	99.89	129
反面	1237	1237	100.00	106

效果最好,识别率最高,平均识别率达到 99.9%。当光源电压小于 18 V 时,贴片电阻正面图像较暗,匹配时的精度有所下降。当光源的电压大于 18 V 时,贴片电阻反面的亮度过高,匹配时的精度有所下降。分析得出实验结果受光源强度的影响,贴片电阻正面涂有黑色电阻浆,当光源的亮度太低,CCD 相机采集到的图像灰度值较低,不利于匹配。贴片电阻的背面贴有金属膜,具有反光性,当光源的亮度太亮时,贴片电阻的灰度值较高,图像接近白色,影响匹配的结果。

在 18 V 的光源强度下,对差值平方和匹配、标准化相关匹配和改进后的匹配算法进行识别率与识别时间的对比。结果见表 4。

表 3 光源强度 3 (25 V) 实验结果
Tab.3 Experimental results of light intensity 3 (25 V)

方向	待识别样本数	成功识别数	识别率 /%	识别时间 /ms
正面正向	862	824	95.59	124
正面反向	901	871	96.67	132
反面	1237	768	62.09	100

表 4 传统算法与改进算法结果对比
Tab.4 Contrast of results between traditional algorithm and improved algorithm

方向	差值平方和匹配识别率/%	差值平方和匹配识别时间/ms	标准化相关匹配识别率/%	标准化相关匹配识别时间/ms	改进匹配识别率/%	改进匹配识别时间/ms
正面正向	96.29	110	99.77	285	99.77	130
正面反向	93.78	103	99.89	283	99.89	129
反面	100	104	100	250	100	106

综合识别率与识别时间考虑,改进后的匹配算法优于传统的模板匹配算法,识别时间约为 130 ms。文中采用振动盘的方式传输贴片电阻,每分钟通过 CCD 相机的贴片电阻数约为 90 个,平均每个电阻的处理时间约为 667 ms,文中算法完全能够满足生产线对处理时间的要求。

5 结语

贴片电阻在工业中的应用十分广泛,电阻的封装方向不仅会影响焊接效率,还会有焊接错误的风险。为了解决该问题,文中以贴片电阻的封装方向为研究对象,基于机器视觉设计一种贴片电阻封装方向的识别方法。实验结果表明,该检测方法具有很高的检测精度和实时性,可满足工业生产的需要,具有一定的实际意义。

参考文献:

[1] 何萍,文继权,赵明宣. 贴片电阻表面缺陷自动识别

方法[J]. 光子学报, 2013, 42(6): 751—756.

HE Ping, WEN Ji-quan, ZHAO Ming-xuan. A Method of Automatic Surface Mounted Device Resistor Defect Detection[J]. Acta Photonica Sinica, 2013, 42(6): 751—756.

[2] 赵磊. 基于图像处理的贴片电阻缺陷检测方法研究与应用[D]. 南京: 南京邮电大学, 2013.

ZHAO Lei. Research and Application of Defect Detection Method Based on Image Processing Chip Fixed Resistor[D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2013.

[3] 张秋月, 宋开新, 徐平, 等. 贴片电阻字码识别算法研究[J]. 杭州电子科技大学学报, 2014, 34(1): 67—70. ZHANG Qiu-yue, SONG Kai-xin, XU Ping, et al. A Recognition Algorithm Study on Chip Resistor Codes[J]. Journal of Hangzhou Dianzi University, 2014, 34(1): 67—70.

[4] 鲜飞. 贴片电阻阻值大小识别[J]. 电子制作, 2008, 11(3): 29.

XIAN Fei. Resistance Size Identification of Chip Resistor[J]. Electronic Production, 2008, 11(3): 29.

[5] 罗时光. 基于机器视觉的玻璃瓶口缺陷检测方法[J].

- 包装工程, 2018, 39(3): 183—187.
- LUO Shi-guang. Glass-bottle Defect Detection Method Based on Machine Vision[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(3): 183—187.
- [6] DWORKIN S B, NYE T J. Image Processing for Machine Vision Measurement of Hot Formed Parts[J]. Journal of Materials Processing Tech, 2006, 174(1): 1—6.
- [7] 杨红亮, 徐国宝, 刘新乐, 等. 基于机器视觉的偏口通旋压盖一体机应用研究[J]. 包装工程, 2016, 37(5): 135—140.
- YANG Hong-liang, XU Guo-bao, LIU Xin-le, et al. Research and Application of Eccentric Bung-hole Cap Screwing-pressing Machine Based on Robot Vision Technique[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(5): 135—140.
- [8] 王雷, 姜久雷. 基于改进的模板匹配的设计模式自动识别[J]. 计算机工程与设计, 2016, 34(9): 2429—2434.
- WANG Lei, JIANG Jiu-lei. Design Pattern Detection Based on Improved Template Matching[J]. Computer Engineering and Design, 2016, 34(9): 2429—2434.
- [9] 李超, 于飞, 康晓军. 一种模板匹配的快速实现方法[J]. 航天返回与遥感, 2016, 37(1): 63—70.
- LI Chao, YU Fei, KANG Xiao-jun. A Fast Method of Template Matching[J]. Spacecraft Recovery & Remote Sensing, 2016, 37(1): 63—70.
- [10] 吴平, 王彬, 薛洁, 等. 基于模板匹配的加速肺结节检测算法研究[J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(7): 184—188.
- WU Ping, WANG Bin, XUE Jie, et al. Research of Accelerate Detect of Pulmonary Nodules Based on Template Matching Algorithm[J]. Computer Engineering and Application, 2015, 51(7): 184—188.
- [11] 陈玮, 曹志广, 李剑平. 改进的模板匹配方法在车牌识别中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(5): 1808—1811.
- CHEN Wei, CAO Zhi-guang, LI Jian-ping. Application of Improved Templates Matching Method on License Plate Recognition[J]. Computer Engineering and Design, 2013, 34(5): 1808—1811.
- [12] 孙永超, 柴亮, 尚美杰, 等. 模板匹配算法在半导体设备中的应用[J]. 电子工业专用设备, 2013, 7(1): 51—54.
- SUN Yong-chao, CHAI Liang, SHANG Mei-jie, et al. Application of Template Matching Algorithm on Semiconductor Equipment[J]. Equipment for Electronic Products Manufacturing, 2013, 7(1): 51—54.
- [13] 吕润华, 苏婷婷, 马晓伟. BP神经网络联合模板匹配的车牌识别系统[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2013, 53(9): 1221—1226.
- GUO Run-hua, SU Ting-ting, MA Xiao-wei. License Plate Recognition System Using a BP Neural Network and Template Matching[J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2013, 53(9): 1221—1226.
- [14] CANNY J. A Computational Approach to Edge Detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(6): 679—698.
- [15] 吴翔, 于微波, 马艳辉, 等. 一种新的改进 Canny 图像边缘检测算法[J]. 影像科学与光化学, 2016, 34(1): 116—121.
- WU Xiang, YU Wei-bo, MA Yan-hui, et al. A New Improved Canny Image Edge Detection Algorithm[J]. Imaging Science and Photochemistry, 2016, 34(1): 116—121.