

引用格式:陈志伟,李世峰,刘 锋. 基于改进 Otsu 算法的芯片识别分类系统[J]. 微电子学与计算机, 2021, 38(4): 6-10.
[CHENG Z W, LI S F, LIU F. Chip recognition and classification system based on improved Otsu algorithm[J]. Microelec-
tronics & Computer, 2021, 38(4): 6-10.]

基于改进 Otsu 算法的芯片识别分类系统

陈志伟¹, 李世峰², 刘 锋¹

(1 武汉大学 动力与机械学院, 湖北 武汉 430072;

2 武汉大学 工业科学研究院, 湖北 武汉 430072)

摘 要: 为满足用户端芯片识别、分类统计的需求, 针对光照系统光不均匀性问题, 提出一种基于改进 Otsu 算法的芯片识别分类系统. 通过对全局灰度值判断的方法, 能够自适应地选择阈值分割方式, 以达到识别不同底色芯片盒的目的; 通过采取改进 Otsu 自适应阈值的方法, 以消除光照不均匀性带来的影响; 通过使用芯片轮廓先验信息, 以对最终提取的芯片轮廓进行修正, 保证每一个芯片的完整性. 实验结果表明, 采取该算法能够有效对不同类型芯片盒内芯片的轮廓进行提取, 实现了芯片的识别与分类.

关键词: 图像处理; Otsu 算法; 阈值分割; 机器视觉

中图分类号: TN409

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2021)04—0006—05

Chip recognition and classification system based on improved Otsu algorithm

CHEN Zhi-wei¹, LI Shi-feng², LIU Feng¹

(1 School of Power and Mechanical Engineering, Wuhan University, 430072, Hubei China;

2 Institute of Technological Sciences, Wuhan University, 430072, Hubei China)

Abstract: In order to meet the requirements of chip recognition and classification statistics, a chip recognition and classification method based on improved Otsu algorithm is proposed to solve the problem of light nonuniformity in illumination system. By judging the global gray value, the threshold segmentation method can be adaptively selected to achieve the purpose of identifying different background color chip boxes. The method of improving the adaptive threshold of Otsu was adopted to eliminate the influence of illumination unevenness. By using the prior information of chip contour, the final extracted chip contour can be modified to ensure the integrity of each chip. Experimental results show that the algorithm can effectively extract the contour of chips in different types of chip boxes, and achieve chip recognition and classification.

Key words: Image process; Otsu algorithm; threshold segmentation; machine vision

1 引言

机器视觉是通过机器视觉设备, 将目标转换为图像信号, 通过图像处理设备来代替人眼进行判断和测量, 具有准确度高、实时性好、成本低、客观可持

续等优势. 目前, 采用图像处理技术代替人工检测已成为当今的发展趋势. 机器视觉已广泛应用在机械零部件生产^[1]、电力电网^[2]、纺织行业等众多行业的自动化生产中.

随着信息技术的进步, 芯片不断向高集成度、微

型化和多功能化方向发展,为提高生产效率,机器视觉检测方法逐步应用于芯片的生产^[3]中.然而,目前研究主要是对芯片进行定位^[4]、分割^[5-6]、缺陷检测^[7]和芯片内部元件尺寸^[8]的测量,针对用户端芯片识别、分类和计数的相关研究还很缺乏.这使得用户在面临大量各种规格的芯片时仍使用人力进行芯片识别分类,工作效率低下.因此,迫切需要开发一种高效的自动化方法来替代人力完成这项工作.

为此,提出一套视觉检测系统,针对芯片金属电极表面反光和光照不均匀性问题,提出一种 Otsu 改进算法进行阈值分割,能够实现对芯片盒内多种类芯片数量及其相应位置的精确提取,并通过视觉测量芯片的尺寸大小进行识别分类.使用该视觉检测系统,可有效降低芯片用户端的人力成本和时间成本.

2 总体方案设计

2.1 系统组成

视觉系统主要由照明系统、工业相机(XG200)、图像处理装置和支架组成.

2.2 检测流程

视觉系统的检测流程如图 1 所示:首先将 CCD 相机连接单板计算机固定在支架上,将待检测的芯片盒放在支架底部的载物台上,使用照明系统补光,并将采集到的图像传送到单板计算机中,之后进行图像预处理,并通过 Canny 算法提取出芯片盒的轮廓,划定芯片盒内部作为图像的 ROI (region of interest) 区域.结合目标区域中像素的分布规律,判断芯片盒背景色的种类,以此调整图像的阈值分割方式以达到最佳的分割效果,然后使用图像形态学变化来处理图像分割后的噪点、移除无关的像素,以提取芯片的轮廓信息.通过对芯片的轮廓进行分析,计算出芯片的尺寸大小,根据预设的芯片尺寸大小判断出芯片类型,最后统计每一类芯片的数量并显示.

3 芯片检测方法

3.1 图像预处理

标准芯片盒的底色一般为黑色或者白色,为减少在图像处理过程中像素的运算量,将彩色图像转化为灰度图像:

$$Gray(x,y) = 0.23R(x,y) + 0.59G(x,y) + 0.11B(x,y) \tag{1}$$

$Gray(x,y)$ 为转化后的灰度图像在点 (x,y) 处的灰度值, $R(x,y)$ 、 $G(x,y)$ 、 $B(x,y)$ 为彩色图像



图 1 检测流程

R 、 G 、 B 通道的分量值.

3.2 芯片盒 ROI 区域的提取

- 芯片盒 ROI 区域提取的主要步骤如下:
- 步骤 1:对图像使用 Canny 边缘检测算法提取出图像的轮廓.
- 步骤 2:由于背景中只有芯片盒,无其他杂物,选取最大的轮廓作为芯片盒轮廓.
- 步骤 3:寻找轮廓的最大包围矩形,并以轮廓最大包围矩形的 80% 的区域,作为 ROI 区域,即芯片盒中可能存在芯片的区域,以此区域作为后续芯片识别算法的输入图像.提取出来的 ROI 区域如图 2 所示.

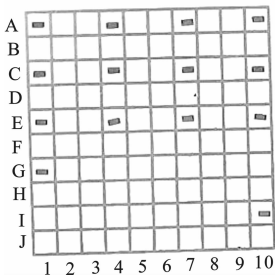


图 2 芯片盒中的 ROI 区域

3.3 阈值分割

3.3.1 Otsu 阈值分割方法

Otsu 算法^[9]是一种全局的图像分割算法,是一种基于概率统计学原理的自适应阈值分割方法,也称为最大类间方差法.根据传统的 Otsu 算法,有许多研究者提出改进 Otsu 算法^[10],通过结合邻域信息,达到更好的分割效果.

Otsu 算法的原理是按照图像的灰度特性,将灰度级分为两类,依次计算每一次分类结果的类间方差,从而选取类间方差最大的作为整体图像分割的最佳阈值。

将目标与背景的分割阈值记作 T , 原始图像的灰度级为 L , 前景和后景像素点的比例记为 ω_1 、 ω_2 , 其平均灰度值记为 μ_1 、 μ_2 , 图像的总平均灰度记为 μ , 类间方差记为 σ^2 . 图像中像素地灰度值小于阈值 T 的像素个数记作 N_1 , 响度灰度值大于阈值 T 的像素个数记作 N_2 , 则有两类灰度值的比例为:

$$\omega_1 = \frac{N_1}{M \times N} \quad (2)$$

$$\omega_2 = \frac{N_2}{M \times N} \quad (3)$$

图像总的灰度均值为:

$$\mu = \mu_1 \times \omega_1 + \mu_2 \times \omega_2 \quad (4)$$

两类的类间方差为:

$$\sigma^2 = \omega_1 \times (\mu - \mu_1)^2 + \omega_2 \times (\mu - \mu_2)^2 \quad (5)$$

可简化为:

$$\sigma^2 = \omega_1 \times \omega_2 \times (\mu_1 - \mu_2)^2 \quad (6)$$

类间方差表示了每个类的内聚性,在 Otsu 法最大类间方差准则下的最佳阈值选取公式为

$$T = \text{Arg}_{t \in \{0,1,\dots,L\}} \text{Max}(\sigma^2) \quad (7)$$

$\text{Arg}_{t \in \{0,1,\dots,L\}} \text{Max}$ 为取所有的类间方差 σ^2 的最大值。

但是传统 Otsu 算法由于算法本身特性,很容易受到图像本身灰度分布以及噪声干扰的影响,在很多情况下不能取得满意的分割效果。

3.3.2 改善阈值分割方法

与传统的 Otsu 阈值分割方法不同,改善的阈值分割算法会同时考虑图像可能存在光照不均匀的情况,会根据图像局部区域的亮度分布,计算局部阈值,最终完成整幅图像的阈值分割。

图像分割的主要步骤如下:

步骤 1: 设图像的灰度值为 x , 该灰度值对应的个数为 $f(x)$, 绘制灰色直方图. 获取像素灰度值的分布范围, 判断芯片盒的种类, 确定芯片的背底色是为白色还是黑色。

步骤 2: 将图像按照等比例分割为 9 个区域, 对每个区域都通过 Otsu 阈值分割方法, 计算每一个区域的局部阈值, 以减少光照的不均匀性带来的影响。

步骤 3: 考虑白底芯片盒内存在大量噪声, 会对每个区域估计的 Otsu 阈值产生影响, 通过步骤 1 进

行芯片盒种类判断之后, 对白底芯片的阈值给与一个增益, 以消除噪声对图像 Otsu 阈值计算的影响。

3.4 形态学处理

图像的形态学处理主要是作用于二值化后的图像, 通过扩展或者搜索目标的区域, 来对目标的边界形状进行改变, 以达到增强目标边界的对比度、剔除二值化后图像中的噪声和相互重叠的边界. 为了保证芯片的识别, 需要保证每一个芯片的完整性. 因此, 先进行图像内无关噪声的剔除, 再对图像的梯度变化进行运算, 以完成芯片轮廓信息的提取。

3.4.1 轮廓信息提取

在图像中, 最小的单位是像素, 每个像素周围有 8 个邻接元素. 图像连通性常见的判定准则有两种, 4 连通和 8 连通, 4 连通准则中, 该像素在水平方面或者垂直方向与另外一个像素邻接, 则可以判断这两个像素是连通的, 属于同一个轮廓信息; 8 连通准则的判定较为宽松, 只需满足该像素在水平、垂直和对角线方向上与另一个像素邻接, 就可以判断两个像素的连通性. 两种判断准则如图 3 所示。

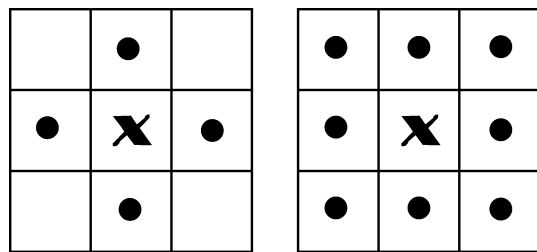


图 3 两种连通性判断准则

经过阈值分割算法后, 使用 8 连通判断准则提取出图像轮廓, 同时通过轮廓的大小, 对是否是芯片目标进行一次粗筛选。

3.4.2 轮廓信息补全

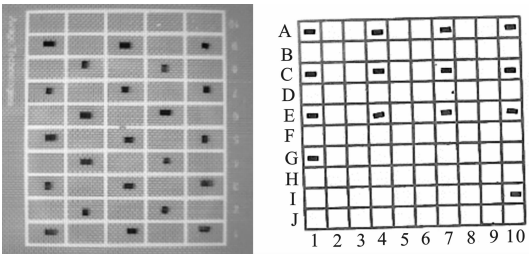
图像二值化后, 图像的边界会存在局部的缺陷, 如芯片的顶点会出现圆角的情况. 根据芯片外形通常为矩形的特点, 算法会寻找包围每一个芯片轮廓的最小矩形, 以对芯片的轮廓做一定的修正来显示。

4 实验与分析

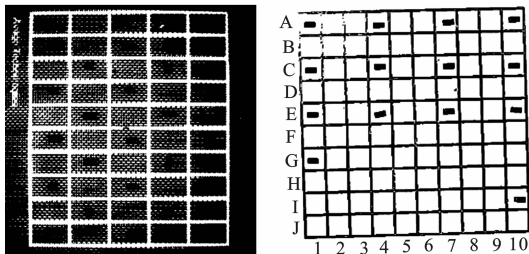
4.1 芯片识别结果

为验证算法的有效性, 对两种不同的芯片盒进行实验. 同时, 分别使用改进算法与传统算法进行比较, 实验结果如图 4 所示。

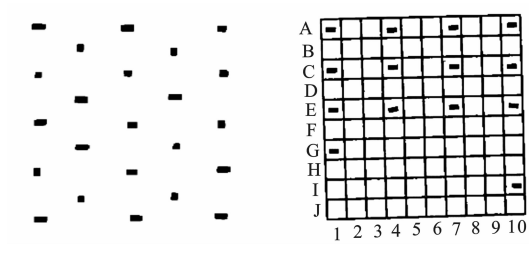
从实验可以看出, 对黑底芯片盒采用 Otsu 的阈值分割方法分割后, 芯片内部一些像素点同时也会被分割掉, 同时由于光不均匀的影响, 使得左上部



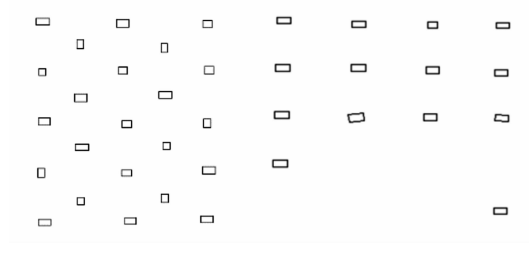
(a)提取出来的芯片盒区域



(b)Otsu 阈值分割方法结果



(c)改进 Otsu 阈值分割方法结果



(d)轮廓提取结果

图 4 芯片信息提取实验结果

分分割效果不佳;对白底芯片盒采用 Otsu 的阈值分割方法分割后,未能成功将芯片分割出来.这都是因为 Otsu 分割方法只考虑图像的全局成像效果导致的.采用改进的方法,会考虑到光照不均匀与噪声对阈值计算的影响,能获得较好的分割效果.

4.2 芯片尺寸估计与分类

相机捕获的原始图像尺寸为 640 pixel×480 pixel,提前使用黑白方格对相机进行标定,标定使用的黑白方格边长的实际尺寸为 30 mm,像素尺寸为 312.01 pixel,计算出每一个像素对应的实际尺

寸为 0.096 mm.
以图 4 中白底芯片盒内芯片为例,盒内芯片分类及尺寸如表 1 所示.

表 1 芯片实际尺寸大小

芯片种类	芯片尺寸(mm)	
	长	宽
A	1.65	0.70
B	1.60	1.00
C	1.00	1.00
D	1.00	0.70

经图 4 白底芯片盒内芯片的尺寸检测及分类如表 2 所示.

表 2 芯片尺寸大小及分类

序号	芯片尺寸				种类 实际 /mm
	长		宽		
	像素 /pixl	实际 /mm	像素 /pixl	实际 /pixl	
1	18	1.728	8	0.768	A
2	16	1.536	10	0.960	B
3	11	1.056	8	0.768	D
4	10	0.960	11	1.056	C
5	10	0.960	11	1.056	C
6	9	0.864	8	0.768	D
7	11	1.056	8	0.768	D
8	10	0.960	10	0.960	C
9	17	1.632	10	0.960	B
10	16	1.536	9	0.864	B
11	16	1.536	9	0.864	B
12	11	1.056	7	0.672	D
13	10	0.960	10	0.960	C
14	17	1.632	8	0.768	A
15	10	0.960	10	0.960	C
16	8	0.768	11	1.056	D
17	15	1.632	8	0.768	A
18	17	1.632	8	0.768	A
19	9	0.864	10	0.960	C
20	9	0.864	11	1.056	D
21	16	1.536	8	0.768	A
22	17	1.632	8	0.768	A
23	17	1.632	8	0.768	A

由于存在测量误差,在分类时,可以允许 2 个像素点的误差,对应的实际尺寸误差为 0.192 mm,由此,白底芯片盒内的芯片依据尺寸大小可分为 4 类芯片,与实际情况相符.

5 结束语

设计了一种基于改进 Otsu 算法的芯片识别、

测量与分类系统,实现了对芯片盒内芯片数量的分类统计以及芯片尺寸的测量.通过搭建视觉实验平台,将工业相机采集到的图像传至单板计算机,利用图像处理技术,对图像进行预处理、图像分割、形态学变换,最后将芯片的数量和芯片测算的尺寸数据输出.实验结果表明,本系统改进阈值分割方法,具有良好的阈值分割效果,满足实际的检测需求.

参考文献:

- [1] DO Y, LEE S, KIM Y. Vision-based surface defect inspection of metal balls[J]. Measurement Science and Technology, 2011, 22(10): 107001. DOI: 10.1088/0957-0233/22/10/107001.
- [2] NGUYEN V N, JENSSEN R, ROVERSO D. Automatic autonomous vision-based power line inspection: a review of current status and the potential role of deep learning[J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2018, 99: 107-120. DOI: 10.1016/j.ijepes.2017.12.016.
- [3] 高岳, 杨帆, 齐昊姝, 等. 芯片键合设备图像识别模块的研究与设计[J]. 电子工业专用设备, 2018, 47(5): 9-12. DOI: 10.3969/j.issn.1004-4507.2018.05.003.
GAO Y, YANG F, QI H S, et al. Research and design of image recognition module for die bonding equipment[J]. Equipment for Electronic Products Manufacturing, 2018, 47(5): 9-12. DOI: 10.3969/j.issn.1004-4507.2018.05.003.
- [4] 段均. 芯片图像网格自动定位方法研究[J]. 测控技术, 2015, 34(5): 129-132. DOI: 10.19708/j.ckjs.2015.05.036.
DUAN J. Automatic positioning method for chip image grid[J]. Measurement & Control Technology, 2015, 34(5): 129-132. DOI: 10.19708/j.ckjs.2015.05.036.
- [5] 张和颖, 吴玉香, 胡跃明. 基于遗传神经网络的芯片图像分割[J]. 半导体技术, 2010, 35(11): 1091-1094. DOI: 10.3969/j.issn.1003-353x.2010.11.011.
ZHANG H Y, WU Y X, HU Y M. Image segmentation based on genetic neural networks[J]. Semiconductor Technology, 2010, 35(11): 1091-1094. DOI: 10.3969/j.issn.1003-353x.2010.11.011.
- [6] 刘庆民, 张蕾, 李雪. 基于改进 Canny 的芯片图像边缘检测算法[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(11): 3063-3067. DOI: 10.16208/j.issn1000-7024.2016.11.036.
LIU Q M, ZHANG L, LI X. Chip image edge detection based on improved Canny algorithm[J]. Computer Engineering and Design, 2016, 37(11): 3063-3067. DOI: 10.16208/j.issn1000-7024.2016.11.036.
- [7] 李如平, 徐珍玉, 吴房胜. 图像处理耦合机器视觉的芯片表面缺陷检测研究与应用[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2015, 33(2): 210-214. DOI: 10.13501/j.cnki.42-1569/n.2015.06.024.
LI R P, XU Z Y, WU F S. Research and application on the chip surface defect inspection based on image processing and machine vision[J]. Journal of Hubei University for Nationalities(Natural Science Edition), 2015, 33(2): 210-214. DOI: 10.13501/j.cnki.42-1569/n.2015.06.024.
- [8] 郑雪芳, 林意, 袁琦睦. 基于图像处理的芯片尺寸测量系统研究[J]. 计算机与数字工程, 2013, 41(11): 1829-1831. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9722.2013.11.036.
ZHENG X F, LIN Y, YUAN Q M. Measurement system for semiconductor chips based on image processing[J]. Computer & Digital Engineering, 2013, 41(11): 1829-1831. DOI: 10.3969/j.issn1672-9722.2013.11.036.
- [9] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histograms[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-66. DOI: 10.1109/TSMC.1979.4310076.
- [10] 周迪, 夏哲雷. 一种改进的 Otsu 阈值分割算法[J]. 中国计量大学学报, 2016, 27(3): 319-323. DOI: 10.3969/j.issn.2096-2835.2016.03.014.
ZHOU D, XIA Z L. An improved Otsu threshold segmentation algorithm[J]. Journal of China University of Metrology, 2016, 27(3): 319-323. DOI: 10.3969/j.issn.2096-2835.2016.03.014.

作者简介:

陈志伟 男, (1996-), 硕士研究生. 研究方向为计算机视觉.

李世峰 男, (1986-), 博士研究生. 研究方向为芯片设计.

刘 锋(通讯作者) 男, (1974-), 博士, 副教授, 研究方向为微机电系统及纳米机器人、柔性传感器/可穿戴电子、机器视觉、通信芯片设计、先进制造方法(激光制造、3D 打印、芯片制造). E-mail: fengliu@whu.edu.cn