

LED 芯片图像的势函数标记分水岭分割*

李 蒙, 方家乐, 朱颖合

(杭州电子科技大学 自动化学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:全自动 LED 芯片测试分拣系统通过视觉图像处理精确定位 LED 芯片,其图像特征信息的提取建立在良好的图像分割基础上。为了精确提取图像特征,针对 LED 芯片图像的特点,改进了分水岭分割算法,采用直方图势函数提取标记,并在标记基础上对梯度图进行分水岭变换,实现了 LED 芯片图像的良好分割。实验结果表明,该方法有效地抑制了过分割现象,具有较好的抗噪性,对 LED 芯片图像感兴趣区域提取准确度高、鲁棒性强,分割效果较好。

关键词:LED 芯片图像;势函数;标记;分水岭

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)07-0081-04

Marker-controlled watershed segmentation of potential function for LED die image

LI Meng, FANG Jia-le, ZHU Ying-he

(School of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Accurate location by computer vision and image processing is used in automatic LED die testing and sorting system. The feature extraction used to calculate and measure the parameters of LED die is based on the quality of image segmentation. In order to extract the image features accurately, an effective marker-controlled watershed segmentation method was presented according the features of LED die image. Histogram potential function was involved in order to get better markers which made watershed segmentation better. The results show that the proposed method could segment the LED die image well. The phenomena of over-segmentation is well restrained, and robust to noise.

Key words: LED die image; potential function; marker; watershed

0 引 言

全自动 LED 芯片测试分拣系统的视觉任务是通过对待测试分拣的 LED 芯片图像进行处理与分析,提取图像特征信息(如区域、边缘、轮廓等)并辨析,获取芯片晶粒的形状、位置、姿态等参数,生成运动控制参数和控制命令。其特征信息的获取建立在良好的图像分割基础上,即对图像中感兴趣区域的提取效果是关键因素之一。近些年来,研究人员对图像分割技术做了大量的研究,提出了多种方法,如阈值分割^[1-2]、边缘检测^[3]、区域生长^[4]等。1991 年 L. Vincent 提出分水岭算法^[5],由于结合边缘与区域特性,可得到单像素宽的、连通的、封闭的及位置准确的轮廓,因而该算法

得到广泛关注。

LED 图像中,芯片片基区域和电极区域是感兴趣区域,图像分割目的是将这两类区域良好地提取出来。本研究在对比研究各种区域分割方法的基础上,改进标记分水岭变换^[6]算法,将直方图势函数用于标记提取,取得良好的效果。并对比分析适合三层景物特征图像分割的 Otsu 双阈值分割方法。

1 分水岭变换原理

1.1 分水岭基本原理

分水岭算法(Watershed)的思想来源于洼地集水的过程:把灰度图像看作地形表面,并假设在每个极小

值区域打一个孔,水从这些孔中慢慢浸入,从最低的极小值区域开始,水逐渐淹没图像洼地,形成集水盆。水位不断升高,当两个不同集水盆要汇合时,在汇合处构筑水坝,形成分水岭(如图 1 所示)。水位越涨越高,水坝也越筑越高,最后,当坝达到地形最高点时,算法结束,每一个孤立的集水盆地对应一个分割区域^[7]。分水岭变换得到的是输入图像的集水盆图像,集水盆之间的边界点即为分水岭。显然,分水岭表示的是输入图像的极大值点,反映图像区域的边缘信息,因此,通常把梯度图像作为输入图像。

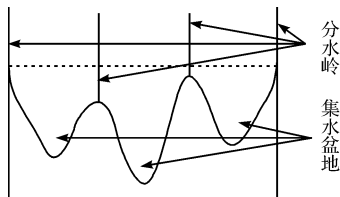


图 1 分水岭算法示意图

1.2 分水岭的过分割现象

分水岭算法对微弱边缘具有良好的响应,因此对噪声也十分敏感,再加上梯度的局部不规则性,图像经分水岭分割后会产生严重的过分割现象,致使分割结果出现大量的零散区域,即使在变换前,先对梯度图进行滤波,梯度图中存在的极小值区域也往往远多于原始图像中的目标数。因此直接采用分水岭算法进行图像分割时,通常产生过分割现象,使分割的结果毫无用处。

为降低分水岭算法产生的过分割,通常要对梯度函数进行修改,一个简单的方法是对梯度图像进行阈值处理,以消除灰度的微小变化产生的过分割,由于是基于阈值的方法,并不考虑空间信息,虽然起到一定的抑制过分割作用,但随着梯度阈值的升高,过分割现象并未得到理想抑制,同时会丢失重要的真实边缘信息。而且梯度阈值需人工设定,给图像处理带来很大不便。另一种方法是利用先验知识去除无关边缘信息,即区域合并:将相邻的具有相似性的区域合并,这种方法的效果取决于相似性度量函数,而且算法时间复杂度大大增加,运算时间较长。

1.3 基于标记的分水岭变换

分水岭分割是在极小值区域基础上的区域生长。实际应用中,对局部极小值区域进行处理,可以有效抑制过分割。对确定图像,仅对属于不同目标的极小值区域做不同标记(Marker),形成种子区域,再进行生长,并且在生长的过程中,仅当具有不同标记的水域汇合时筑起水坝形成分水岭。这就是基于标记的分水岭

变换。其步骤如下:

- (1) 对图像进行标记提取;
- (2) 计算梯度图像;
- (3) 基于标记对梯度图像进行分水岭变换。

通过标记提取控制分水岭分割的基本思想是对输入图像进行变换,使得变换后图像的分水岭对应于有意义的目标边缘。目标标记的正确与否,直接影响分割效果,所以基于标记的分水岭变换的关键是标记提取。

2 标记提取

目标的标记是从图像的特征检测获取的。目前,标记提取还没有一个统一的方法,一般依赖于对图像的先验知识来进行标记提取。Soille 提出了一种用谱信息(即直方图)来提取标记的方法,该方法虽能准确找到目标,但需要先对整幅图像做一次分类,然后利用分类结果来对图像作标记,复杂度较高。本研究利用直方图的势函数特性对图像进行标记提取,虽然也是利用谱信息提取标记,但是利用直方图势函数找到直方图各峰顶后,只对峰顶附近少数灰度值区域作标记,不必将整幅图像做一次分类,且可以确保标记点的正确性。

2.1 直方图势函数

假设 $h(k)$ 为图像 f 的直方图函数, $k \in \{1, 2, \dots, G-1\}$, 其中 G 为图像灰度级数,根据文献[8]有直方图势函数(Potential Function, PF):

$$P(k) = \frac{1}{P_{\max}} \sum_{g=0}^{G-1} \frac{h(g)}{1 + \alpha(g-k)^2} \quad (1)$$

式中 $P_{\max} = \max\left(\sum_{g=0}^{G-1} \frac{h(g)}{1 + \alpha(g-k)^2}\right)$, $k \in \{1, 2, \dots, G-1\}$, g —直方图函数上像素点灰度值; α —常数。

由式(1)可以看出, $P(k)$ 实际上是 $h(k)$ 对基势函数插值的结果, $C(x)$ 如下:

$$C(x) = 1/(1 + \alpha x^2) \quad (2)$$

由于 $C(x)$ 是一个光滑函数, $P(k)$ 比 $h(k)$ 平滑得多。 α 决定平滑程度,经 LED 图像实验,选择 $\alpha = 1$ 得到的 $P(k)$ 对 $h(k)$ 能够较好的平滑,而且峰谷特性非常接近。一般情况下, $P(k)$ 最大值即对应直方图势函数第一峰,找到第一个直方图势峰后,为了消除该峰对寻找第二个峰的影响,需要对第一个势峰进行衰减,为此文献[8]中提出直方图剩余势函数, t 阶直方图剩余势函数如下:

$$P_t(i) = P_{t-1}(i) - \frac{P_t^*}{1 + s \cdot \|i - x_t\|^4} \quad (3)$$

式中 $i \in \{0, 1, 2, \dots, G-1\}$, $t \in \{1, 2, \dots, C\}$, $P_t^* = \max\{P_{t-1}(i)\}$, $x_t = \{i | P_{t-1}(i) = P_t^*\}$, C —直方图峰的个数; s —衰减因子; $P_0(i)$ —式(1)求得的直方图势函数 $P(k)$ 。

LED 芯片图像直方图函数、直方图势函数以及直方图剩余势函数的峰谷特性如图 2 所示。从图中可以看出:直方图势函数既比直方图平滑,又描述了直方图函数的峰谷走势; k 阶直方图剩余势则是在削掉了直方图势函数的前 k 个峰后的剩余峰走势。

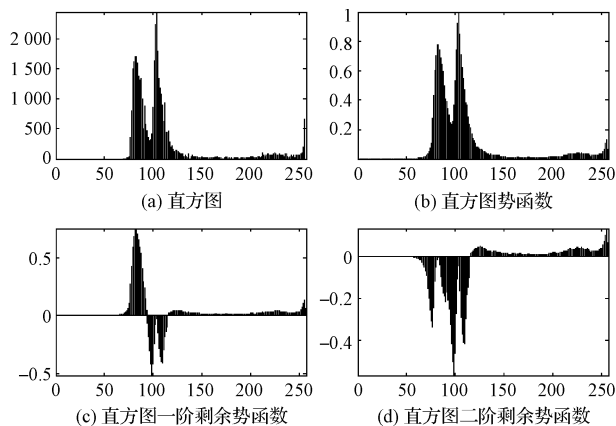


图 2 图像直方图、直方图势函数及剩余势函数峰谷特性对比示例

2.2 目标标记

从图像理论可知,处于直方图各峰附近的像素一般位于目标区域(包括背景)内部,其梯度值较小,是梯度图中比较平坦的极小值区域,如果把属于不同峰顶的部分像素赋予不同的标记,也就标记出了目标;再以这些标记点作为极小值点,对梯度图进行分水岭变换,即可得到优化的图像分割结果。对图像进行标记提取具体过程如下:

(1) 统计图像直方图 $h(g)$, 并计算其势函数 $P(g)$;

(2) 设定分类数目 C , 计算 $C-1$ 阶剩余势函数 $P_k(g)$ 及其极大值点 x_k , 其中, $k \in \{1, 2, \dots, C-1\}$, $g \in \{0, 1, 2, \dots, G-1\}$ 。

(3) 设定峰宽 D , 将满足 $x_k - D/2 < g < x_k + D/2$ 的像素标记为 k 。

分类数 C 由直方图峰的数目确定,即图像中景物类别数。LED 图像中存在 3 类景物,故取 $C=3$ 。峰宽 D 的决定标记像素的灰度分布范围,即距离峰值 $D/2$ 以内的灰度值相应像素设为标记。 D 过小,会遗漏重要的目标区域, D 过大,会出现区域交叉,标记错误。本研究设定峰宽 $D=6$ 。

3 实验结果与分析

LED 芯片测试分拣设备视觉系统采集到的 LED 芯片样本图像如图 3(a) 所示。采用本研究提出的改进算法和文献[7]中的 Otsu 双阈值算法对该图像进行分割处理,并分析对比其结果。

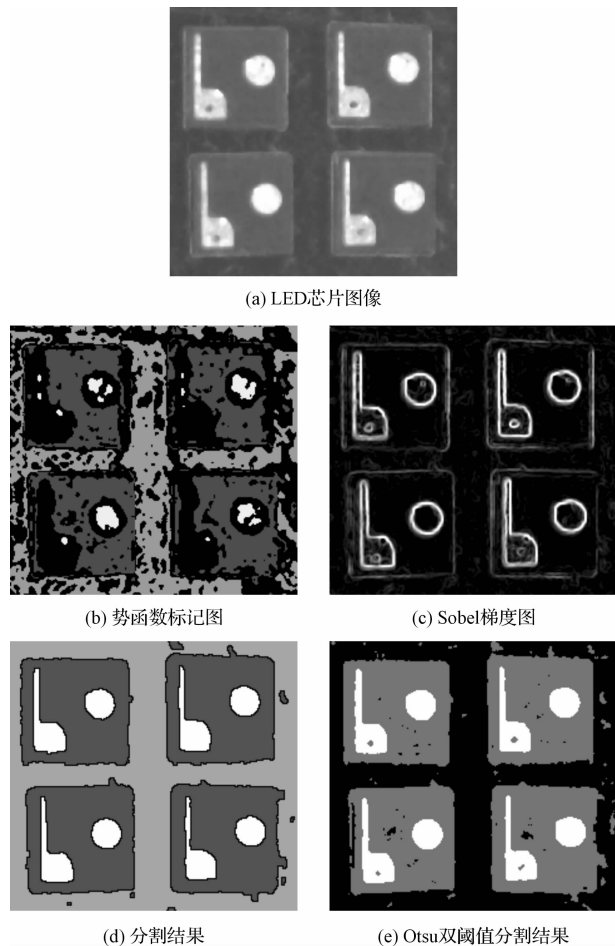


图 3 实验分割结果

首先,经直方图势函数对 LED 芯片图像标记,结果如图 3(b) 所示,电极区域标记全部击中,片基与背景区域标记存在部分混叠。然后,用 Sobel 梯度算子计算梯度图像,结果如图 3(c) 所示。最后,在标记基础上对梯度图进行分水岭变换,结果如图 3(d) 所示。经势函数标记的分水岭分割,抑制了分水岭变换的过分割现象,抗噪效果较好,目标内部连通性好,区域边缘较光滑。

Otsu 双阈值分割结果如图 3(e) 所示,该方法能够将 LED 芯片图像三层景物分割提取,但无论背景区域还是目标区域均存在较多杂斑。

经人工辅助分割,统计 10 幅 LED 芯片图像采用两种方法分割效果的面积误分率^[9] (percentage area mis-classified, PAMC) 如表 1 所示,由表可见,本研究算

法 PAMC 较 Otsu 双阈值低。

表 1 分割结果 PAMC 对比

PAMC(%)	实验次数				
	1	2	3	4	5
Otsu 双阈值	1.81	1.76	1.74	1.93	1.65
标记分水岭	1.29	1.33	1.56	1.62	1.11

PAMC(%)	实验次数				
	6	7	8	9	10
Otsu 双阈值	1.14	1.19	1.28	1.22	1.32
标记分水岭	0.99	1.04	1.07	0.95	1.16

4 结束语

采用本研究算法对 30 多幅 LED 芯片图像的实验结果表明,该算法具有如下特点:

(1) 准确度高。较好地抑制了过分割现象,感兴趣区域提取准确,边缘较光滑,凸点较少。在 LED 视觉任务的后续处理中表明,由该算法分割后提取的特征更准确。

(2) 鲁棒性强。对信噪比较小的图像分割,同样能得到完整光滑的目标轮廓,能够满足 LED 视觉任务特征提取的要求。

该算法对不同目标区域特征明显、灰度有一定区分度的图像不失为一种较好地选择。如何提高运算速度和如何自动确定目标分类数和峰值宽度,还有待进一步研究。

参考文献(References):

[1] PUN T. A new method for grey-level picture thresholding using the entropy of the histogram [J]. **Signal Processing**, 1980,2(3):223-237.

[2] KAPUR J N, SAHOO P K, WONG A K C. A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram [J]. **Computer Vision, Graphics and Image Processing**,1985,29(3):273-285.

[3] 崔天横,高晶敏,刘振慧.经典边缘检测的快速算法[J].微计算机应用,2007,28(6):575-579.

[4] 陈忠,赵忠明.基于区域生长的多尺度遥感图像分割算法[J].计算机工程与应用,2005,41(35):7-9.

[5] VINCENT L, SOILLE P. Watershed in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulation[J]. **IEEE Trans. , PAMI**,1991,13(6):583-598.

[6] 陈军波,喻胜辉,舒振宇.基于控制标记符号分水岭的医学图像分割[J].长江大学学报:自然科学版,2008,5(2):96-98.

[7] 苟中魁,张少军,李忠富,等.一种 Otsu 阈值法的推广—Otsu 双阈值法[J].机械,2004,31(7):12-14.

[8] 裴继红,谢维信.势函数聚类自适应多阈值图像分割[J].计算机学报,1999,22(7):758-762.

[9] YASNOFF W A, MUI J K, BACUS J W. Error measures for scene segmentation[J]. **Pattern Recognition**,1977,9(4):217-231.

[编辑:李辉]

(上接第 35 页)

参考文献(References):

[1] 金银龙.集中空调污染与健康危害控制[M].1版.北京:中国标准出版社,2007.

[2] 匡国正,陈石美.中央空调系统污染和预防措施探讨[J].江苏预防医学,2005,16(2):39-40.

[3] 《环境与健康》杂志编辑部.世界卫生组织公布香港淘大花园 SARS 传播的环境卫生报告[J].环境与健康杂志,2003,20(4):245.

[4] MAHBUBANI M H, BEJ A K, MILLER R, et al. Detection of legionella with polymerase chain reaction and and gene probe method[J]. **Mol. Cell Probes**,1990,4(3):175-187.

[5] SCHRAMAL P, HASSE S. Destruction of organic materials

by pressurized microwave digestion [J]. **Anal. Chem.**, 1993,34(6):794-799.

[6] 卫生部法监司.公共场所集中空调通风系统卫生规范[S].北京:中国卫生部,2003.

[7] 卫生部法监司.卫监督发[2006]58号卫生部关于印发《公共场所集中空调通风系统卫生规范》等三个规范的通知[S].北京:中国卫生部,2006.

[8] 崔建波,高丽萍.集中空调风道清洗现状与前景分析[J].清洗世界,2004,20(9):21-25.

[9] 杨雄.风管清洗机器人的国产化研究及应用[J].清洗世界,2004,20(11):37-40.

[10] 李雪涛,王戩.浅谈药品生产企业空调系统维护中易忽略的问题[J].现代制造技术与装备,2009(3):113-114.

[编辑:张翔]