

一种基于灰度期望值的图象二值化算法

高永英 张 利 吴国威

(清华大学电子工程系, 北京 100084)

摘 要 给出了一种基于图象灰度分布统计特征期望值为阈值的二值化方法。该算法在计算复杂度、执行时间、二值化效果以及适用范围等方面均有较佳表现,并已应用于实际系统,取得了较好的实验结果。

关键词 数字图象 期望值 阈值 二值化

0 引 言

图象二值化是应用最广泛的图象分割技术,在自动目标识别、图象分析、文本增强以及 OCR 等图象处理中得到广泛应用。图象二值化的关键技术是阈值的选取。在过去的近 30 年中,许多学者在“如何确定合适的图象阈值”这一问题上做了大量的研究工作。根据其对象素的处理方式可以分为两大类:基于局部的阈值选取方法和基于全局的阈值选取方法。例如灰度差直方图法、微分直方图法是常用的局部阈值选取法。基于全局的阈值方法比较多,经典的阈值选取以灰度直方图为处理对象,后来“熵”的概念被引入了图象处理技术,提出了许多基于熵的二值化方法。随着神经网络技术在信号处理方面的广泛应用,利用神经网络进行图象分割及边缘检测也取得了很大成就。遗传算法应用于阈值分割的实例为基于模糊度量的遗传算法。

但是,从上述的图象阈值选取技术来看,存在的一个重要问题就是随着算法二值化效果的提高、通用性的增强,算法的计算复杂度和处理时间也随之增加,在许多对图象处理的速度有较高要求特别是硬件实现的系统中,这些算法是不能满足要求的。针对上述要求,本文给出了一种计算简单、处理速度快、二值化效果较好的算法。

1 算法的原理

灰度直方图在图象分割技术中得到了广泛应用,许多并行区域技术均以灰度直方图为处理对象来得到阈值。通常情况下,图象的阈值被设置在灰度直方图的既明显又深的谷的位置^[1]。事实上许多根据人眼主观判断可划分为目标区和背景区的图象,其灰度直方图并不具备上述特点,可能的情况是灰度直方图的谷并不十分明显或者存在多个谷,在这种情况下要得到正确的图象阈值是十分困难的。而实际上存在这样的可能性:虽然属于某一灰度级的象素数占总象素数的比例较小,但其对二值化的效果却有较大影响。因此需要对图象灰度分布情况从整体上进行分析研究,从而确定阈值。

分析一下数字图象的特点:在数字图象中每一个象素的值均属于一个有限集,该集合即为可能的灰度等级。象素的取值情况不同,也就形成了不同的图象。可以用离散随机变量来描述任意一幅图象数据。

设图象的尺寸为 $M \times N$,其灰度的可取值为 L_1, L_2, \dots, L_N ,用离散随机变量 X 来表示图象中任一象素 μ_{xy} , $x \in 1, 2, \dots, M, y \in 1, 2, \dots, N$ 。 $L_1, L_2,$

..., L_N 即为 X 的 N 个可能取值。图象的灰度分布情况可以用概率分布来描述。设各灰度级的出现概率分别为：

$$p_1 = P(L_1), p_2 = P(L_2), \dots, p_N = P(L_N)$$

且有

$$\sum_{n=1}^N p_n = 1 \tag{1}$$

对于这种随机变量,可以用下述密度矩阵来加以描述:

$$\begin{bmatrix} X \\ P(X) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 L_2 \cdots L_N \\ p_1 p_2 \cdots p_N \end{bmatrix} \tag{2}$$

可以看出,对于不同的图象,其密度矩阵是各不相同的。

在对随机变量的统计过程中,期望值是一个十分重要的统计特征,它反映了随机变量的平均取值。从力学观点来看它代表了物体的质量中心,是随机变量取值较为集中的地方。既然灰度值在图象当中是一个随机变量,则从灰度“中心”进行分割应当是最佳的平衡点,它使取黑像素的灰度值和白像素的灰度值均等。设 $\mu_{threshold}$ 来表示阈值,则有:

$$\mu_{threshold} = \sum_{n=1}^N L_n P(L_n) \tag{3}$$

令 $h(L_n)$ 代表图象中灰度 L_n 出现的次数。则由式(3)可以推出:

$$\begin{aligned} \mu_{threshold} &= \sum_{n=1}^N L_n P(L_n) \\ &= \sum_{n=1}^N L_n \frac{h(L_n)}{\sum_{m=1}^N h(L_m)} \\ &= \sum_{n=1}^N L_n h(L_n) / \sum_{n=1}^N h(L_n) \end{aligned} \tag{4}$$

式(4)是一种基于全局的阈值分割法,它的适用性是比较广泛的,对于具有不同灰度的图象均可应用,摆脱了传统的基于直方图的阈值分割法对图象模型的假定。再者,它的计算过程极为简单,对于硬件实现或 DSP 芯片来说极为容易,而且在定点运算的条件下计算精度也是完全可以满足的。

2 实验结果及分析

为了测试本文所述算法的二值化效果,本文将万方数据

其与多种著名的常用二值化算法进行了比较。所选择的对比算法有:

- ① 基于局部的阈值选取方法 —— 灰度差直方图法^[2]、微分直方图法^[3]。
- ② 基于全局的阈值选取方法 —— 非等同熵法^[4]、最小模糊度法^[5]。

本文对多幅图象进行了实验,因篇幅所限,仅选择其中具有代表性的两幅进行说明。表 1 给出了阈值和处理时间,图 1 给出了二值化的结果。

表 1 几种二值化算法的实验结果比较

算法	灰度差 直方图法	微分 直方图法	非等同 熵法	最小模 糊度法	灰度期 望值法
Lena 阈值	148	97	215	164	175
PCB 阈值	91	101	129	121	123
执行时间(ms)	1600	580	110	120	70

注: * 实验环境: Pentium 100, 内存 32MB, Visual C++ 5.0 编程, Win95 平台;
* * 两幅测试图象的尺寸相同,均为 512×512,灰度级为 8bit。

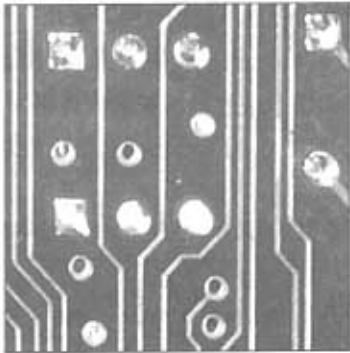
从实验结果中可以看出:

- (1) 灰度差直方图法与微分直方图法是基于局部的阈值选取方法,基本思想是假设图象中的目标和背景之间的边界灰度值急剧变化,从而利用灰度的变化率来决定阈值。这两种算法的实现均比较简单,但由于不是所有的图象均满足其假设条件,因此这两种算法的稳定性比较差,对于不满足其假定条件的图象二值化的效果很差。如图 1 中灰度差直方图法对 Lena 的二值化效果较差,而微分直方图法对 PCB 板图的二值化效果很差。若从算法执行时间的角度考虑,这两种方法的实现速度是比较慢的。
- (2) 非等同熵法是利用了信息论中熵的概念来进行阈值选取,关键是计算一个所谓的“非等同熵”系数。由于熵的概念的引入,该算法在计算上比较复杂。从实验结果可以看出,该算法对于 PCB 图的二值化效果很差。
- (3) 最小模糊度法是将传统的信息熵与模糊理论相结合,得到了模糊信息熵,并利用模糊信息熵对图象进行全局搜索以寻找最优阈值的算法。在所选择的对比算法中该方法是最优的。该算法对其图象

的二值化效果也是比较令人满意的。本文所述的灰度期望值法的效果与最小模糊度法相差无几,而明显优于灰度差直方图法、微分直方图法以及非等同熵法。若从计算复杂度的角度考虑,该算法优于最

小模糊度法;若从执行时间的角度考虑,该算法也优于最小模糊度法。

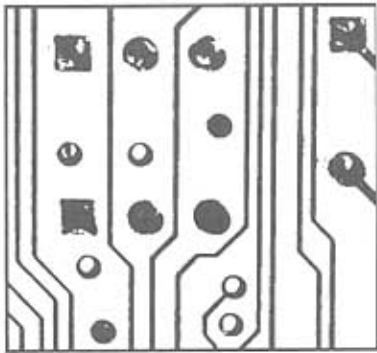
目前,该算法已在 ADSP-2181 上编程实现,并成功地应用于 PCB 板检测系统。



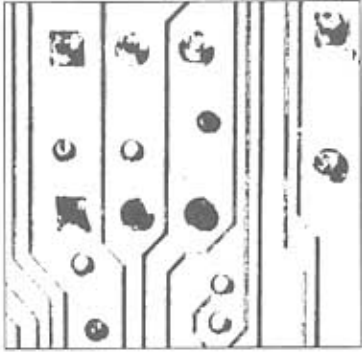
(a) PCB 原图



(b) Lena 原图



(a1) 灰度差直方图法



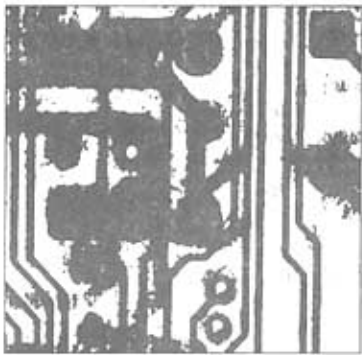
(b1) 微分直方图法



(a2) 灰度差直方图法



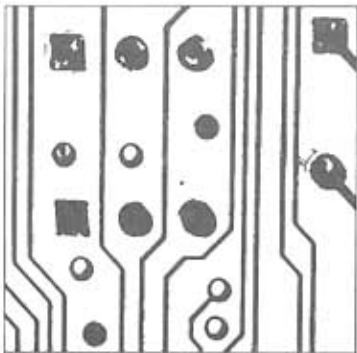
(b2) 微分直方图法



(c1) 非等同熵法



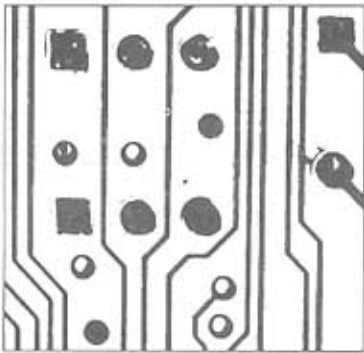
(c2) 非等同熵法



(d1) 最小模糊度法



(d2) 最小模糊度法



(e1) 灰度期望值法(本文算法)



(e2) 灰度期望值法(本算法)

图 1 各种算法的实验结果

参 考 文 献

1 章毓晋. 图象处理和分析. 清华大学电子工程系, 1997.

2 Watanade S *et al.* An automated apparatus for cancer prescreening: CYBEST. CGIP, 1974, 350~358.

3 Weszka J S. A survey of threshold selection techniques. Vision Graphics Image Process, 1978, 259~265.

4 Pun T. Entropic thresholding, a new approach. CGIP, 1981, 210~239.

5 Deluca A, Termini S. A definition of a non-probabilistic entropy in the setting of fuzzy set theory. Int Control, 1972, 301~312.



高永英 1998年毕业于清华大学电子工程系,现为清华大学电子工程系硕士研究生。



张利 1987年毕业于清华大学无线电系,发表论文20余篇,出版著作2本,现为清华大学电子工程系讲师。



吴国威 1958年毕业于清华大学无线电系,发表论文60余篇,现为清华大学电子工程系教授。

An Algorithm for Threshold Based on Arithmetic Mean of Gray Value

Gao Yongying, Zhang Li and Wu Guowei

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract This paper presents an algorithm for threshold employing gray-level arithmetic mean based on relevant conception in probability theory. The method shows a good performance while aiming at binarizing result, time cost, computational complexity and applicability. It has been applied in PCB detecting system and a satisfactory result has been attained.

Keywords Digital image, Arithmetic mean, Threshold, Binarization

一种基于灰度期望值的图象二值化算法

作者: 高永英, 张利, 吴国威, Gao Yongying, Zhang Li, Wu Guowei
作者单位: 清华大学电子工程系, 北京, 100084
刊名: 中国图象图形学报 
英文刊名: JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS
年, 卷(期): 1999, 4(6)
被引用次数: 60次

参考文献(5条)

1. 章毓晋 图像处理和分析 1997
2. Watanade S An automated apparatus for cancer presereening:CYBEST 1974
3. Weszka J S A survey of threshold selection techniques 1978
4. Pun T Entropic thresholding, a new approach 1981
5. Deluca A;Termini S A definition of a non-probabilistic entropy in the setting of fuzzy set theory [外文期刊] 1972

本文读者也读过(5条)

1. 梁华为 直接从双峰直方图确定二值化阈值[期刊论文]-模式识别与人工智能2002, 15(2)
2. 王强. 马利庄. WANG Qiang. MA Li-Zhuang 图像二值化时图像特征的保留[期刊论文]-计算机辅助设计与图形学报2000, 12(10)
3. 吴锐. 黄剑华. 唐降龙. 刘家锋 基于灰度直方图和谐聚类的文本图像二值化方法[期刊论文]-电子与信息学报2009, 31(10)
4. 刘敏. 黄樟灿. LIU Min. HUANG Zhang-can 一种区域收缩及分类的车牌二值化方法[期刊论文]-计算机工程与应用2010, 46(34)
5. 王俊杰. 黄心汉 一种对图像进行快速二值化处理的方法[期刊论文]-电子技术应用1998, 24(10)

引证文献(58条)

1. 李倩 文档图像的二值化算法综述[期刊论文]-中国传媒大学学报(自然科学版) 2008(4)
2. 杨敏. 叶邦彦. 牟丽. 吴春凌 机械零件视觉检测图像二值化处理[期刊论文]-现代制造工程 2003(11)
3. 龙钧宇. 金连文 一种基于全局均值和局部方差的图像二值化方法[期刊论文]-计算机工程 2004(2)
4. 王锋. 阮秋琦 基于灰度期望值和二值化高精度图像处理算法[期刊论文]-铁路计算机应用 2001(7)
5. 石为人. 方莉. 陈舒涵 基于改进Otsu和Niblack的图像二值化方法[期刊论文]-世界科技研究与发展 2013(3)
6. 黄晓曦 基于自适应模板的匹配算法在跟踪系统中的应用[期刊论文]-广西民族大学学报(自然科学版) 2007(4)
7. 张吴明. 钟约先. 由志福. 李仁举. 龙玺 基于结构光编码的相展开方法[期刊论文]-光学技术 2002(5)
8. 王恒迪. 涂承媛 基于MATLAB的心电信号二值化算法[期刊论文]-北京工业大学学报 2002(4)
9. 刘畅. 钱盛友. 邹孝. 孙福成. 张激 基于阈值法和数学形态学的HIFU治疗区域确定[期刊论文]-计算机工程与应用2009(23)
10. 徐亚明 基于边缘检测的红外图像二值化算法[期刊论文]-现代仪器 2008(2)
11. 宋金英. 黄丽华. 刘树锋 基于像素类型的阶跃型边缘提取算法[期刊论文]-河北农业大学学报 2005(1)
12. 严曲. 赵跃龙 一种基于迭代阈值法的身份证图像二值化算法研究[期刊论文]-计算机测量与控制 2005(6)
13. 管庶安 基于亮色互补的牌照二值化方法[期刊论文]-微计算机应用 2005(3)
14. 黄信新. 齐德昱. 王秀媛 实时图像轮廓抽取算法研究[期刊论文]-计算机应用 2001(3)

15. [马义德, 苏茂君, 陈锐](#) [基于PCNN的图像二值化及分割评价方法](#)[期刊论文]-[华南理工大学学报\(自然科学版\)](#) 2009(5)
16. [姜钊, 金声震, 姜爱民, 贾志宏](#) [空间太阳望远镜图像积分中1 bit相关器的研究](#)[期刊论文]-[光电子·激光](#) 2007(2)
17. [赵杰](#) [基于目标的图像分割技术研究](#)[期刊论文]-[黄河水利职业技术学院学报](#) 2005(1)
18. [罗钧, 卢艳, 蒋均祝, 廖宏华](#) [图像分割技术及其在模拟指针式仪表自动检定系统中的应用](#)[期刊论文]-[仪器仪表学报](#) 2004(z3)
19. [张伟, 高航](#) [基于图像处理技术的自动报靶系统设计和实现](#)[期刊论文]-[南京航空航天大学学报](#) 2000(6)
20. [程德强, 李硕, 薛阳, 黄成华](#) [AOI技术中Mark点定位算法的研究](#)[期刊论文]-[电视技术](#) 2013(15)
21. [李红岩](#) [基于空间二进制编码的阈值分割方法研究](#)[期刊论文]-[计算机仿真](#) 2008(7)
22. [杜江红, 曾国伟, 贺贵明](#) [粮虫监测系统中目标的监测与统计](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2003(6)
23. [方针, 王朔中](#) [一种改进的二值化文字图像后处理算法](#)[期刊论文]-[上海大学学报\(自然科学版\)](#) 2003(4)
24. [邵建斌, 陈刚](#) [基于分水岭算法的气泡图像分割](#)[期刊论文]-[西安理工大学学报](#) 2011(2)
25. [绽琨, 张红娟, 马义德, 刘丽, 田乐](#) [交叉皮层模型及其在图像处理中的应用](#)[期刊论文]-[北京邮电大学学报](#) 2009(4)
26. [金淼, 赵永辉, 吴健生, 谢雄耀](#) [梯度幅度法提取探地雷达图像ROI](#)[期刊论文]-[中国图象图形学报A](#) 2009(4)
27. [姜钊, 金声震, 姜爱民](#) [空间太阳望远镜中1-bit图像相关器的实现](#)[期刊论文]-[天文研究与技术—国家天文台台刊](#) 2007(2)
28. [张月红](#) [竖向边缘生长的车牌定位算法](#)[期刊论文]-[襄樊职业技术学院学报](#) 2006(6)
29. [梁忠伟](#) [集成电路芯片机器视觉检测技术研究](#)[期刊论文]-[中国设备工程](#) 2006(10)
30. [王建军, 林涛, 陈善本](#) [铝合金TIG焊熔池图像的获取与处理](#)[期刊论文]-[机械工程学报](#) 2003(5)
31. [王涛](#) [基于图像处理方法的衬垫刻制关键技术研究](#)[学位论文]硕士 2006
32. [孟玲玲, 张旭东, 许良凤](#) [一种改进的遗传算法及在二值化阈值选取上的应用](#)[期刊论文]-[合肥工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2002(z1)
33. [陈坤杰, 秦春芳, 姬长英](#) [牛胴体眼肌切面图像的分割方法](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2006(6)
34. [汪桂玲](#) [基于图像处理的自动报靶系统的设计与开发](#)[学位论文]硕士 2004
35. [胡敏](#) [三维人体建模的理论研究及实现](#)[学位论文]硕士 2002
36. [时文](#) [基于人工神经网络的平面图像识别研究](#)[学位论文]硕士 2005
37. [王辉](#) [背景差分图像处理](#)[学位论文]硕士 2005
38. [张秀兰](#) [靶场视频判读系统的设计与实现](#)[学位论文]硕士 2005
39. [张坤](#) [海上目标分割与自动跟踪技术研究](#)[学位论文]硕士 2005
40. [潘秦华](#) [车辆目标检测与交通流量检测系统的研究](#)[学位论文]硕士 2005
41. [刘顺新](#) [真空电弧图像采集系统的设计及特性分析](#)[学位论文]硕士 2006
42. [徐俊森](#) [汽车牌照识别与停车场管理系统设计与实现](#)[学位论文]硕士 2005
43. [袁莉茹](#) [基于图像处理的军用自动报靶系统弹孔识别](#)[学位论文]硕士 2006
44. [代飞](#) [实时自动报靶系统的设计与实现](#)[学位论文]硕士 2005
45. [李苗](#) [视频运动目标检测与跟踪在APC中的应用研究](#)[学位论文]硕士 2006
46. [王鲲鹏](#) [序列图像运动目标检测算法研究](#)[学位论文]硕士 2005

47. [杨义禄](#) [基于计算机视觉技术的高精度光学影像检测系统的研究](#)[学位论文]硕士 2006
48. [万忠](#) [轨道衡车牌识别系统](#)[学位论文]硕士 2006
49. [高阳](#) [基于机器视觉的嵌入式抄表终端的研究](#)[学位论文]硕士 2006
50. [王杨刚](#) [彩色土地利用图件自动矢量化研究](#)[学位论文]硕士 2006
51. [朱群英](#) [基于视频图像处理的桥墩防撞研究](#)[学位论文]硕士 2006
52. [孙自强](#) [图像轮廓线压缩方法的研究](#)[学位论文]硕士 2004
53. [杨敏](#) [基于机器视觉的发动机气门杆直径及圆度检测研究](#)[学位论文]博士 2004
54. [刘华波](#) [机器视觉技术在PCBV割机上的应用研究](#)[学位论文]硕士 2005
55. [涂建平](#) [空空导弹红外成像引信技术研究](#)[学位论文]博士 2003
56. [宋庆和](#) [数字图像处理在光学检测中的应用研究](#)[学位论文]硕士 2005
57. [王洪](#) [机器视觉元件辅助贴放技术研究](#)[学位论文]博士 2002
58. [郭丙轩](#) [一种具有自诊断功能的地图识别方法及其实现](#)[学位论文]博士 2001

引用本文格式: [高永英](#). [张利](#). [吴国威](#). [Gao Yongying](#). [Zhang Li](#). [Wu Guowei](#) [一种基于灰度期望值的图象二值化算法](#)
[期刊论文]-[中国图象图形学报](#) 1999 (6)