

直接从双峰直方图确定二值化阈值

梁华为

(中国科学院合肥智能机械研究所 合肥 230031)

摘要 图像分割是计算机视觉中重要和基础的研究内容之一. 使用阈值是一种常见且重要的区域分割技术, 它对物体与背景有较强对比的景物的分割特别有用. 通常采用直方图技术来确定阈值. 本文介绍了一种新的不需对直方图做预处理而能直接通过计算求得二值化阈值的方法, 并将它与常用的大津法(Otsu 法)进行了比较. 实验表明, 本文的方法是快速有效的.

关键词 图像分割, 二值化, 双峰直方图, 阈值

中图法分类号 TN911.73

1 引言

当人观察景物时, 视觉系统已在潜意识中对景物进行了分割, 使得人看到的并不是一个复杂的场景, 而是一种物体的集合体^[1]. 同样, 在计算机视觉中, 我们必须设法区分图像中的背景与物体并分离各个物体, 然后才能进一步分析和理解图像. 图像分割就是将数字图像划分成互不相交区域的过程. 在实际应用中为了满足速度的要求, 常常会采用二值化阈值分割方法来缩减数据量、简化处理分析过程. 这尤其适合于在物体与背景有较强对比情况下的分割.

最常用的阈值分方式是将灰度一分为二, 所有灰度值大于或等于某阈值的像素都被判属于物体, 其它像素被判属于背景; 或者相反. 因此, 怎样选取二值化阈值将图像划分为物体和背景, 便成为其中的关键问题.

通常采用直方图技术来确定阈值. 一幅物体与背景对比明显的图像一般具有包含双峰的灰度直方图, 物体中的像素产生直方图中的一个峰, 而背景产生直方图中的另一个峰. 物体与背景的边界附近具有两个峰值之间的灰度级, 其像素数目相对较少, 从而产生了两峰之间的谷. 选择谷作为灰度阈值将得

到合理的分割结果^[1]. 在一般情况下, 图像都会含有噪声, 直方图也因此带有噪声而不会形成光滑的曲线, 使得峰和谷的位置难以确定. 这个问题在一定程度上可以通过用卷积或曲线拟合过程对直方图进行平滑加以克服^[1-3]. 但是, 平滑需要花费时间, 平滑过程也需要通过试验来确定; 并且对于属同一类但噪声程度不同的图像, 其结果不稳定可靠. 本文提出一种新的不需对直方图做预处理而能直接通过计算求得二值化阈值的方法, 并将它与常用的 Otsu 法进行比较.

2 算法基本思想

灰度直方图是数字图像处理中最简单和最有用的工具, 它是灰度级的函数, 描述的是图像中具有该灰度级的像素的个数. 灰度直方图概括了一幅图像的灰度级内容. 任何一幅图像的直方图都包括了可观的信息, 某些类型的图像还可由其直方图完全描述. 比如, 一个直方图显示出图像的像素灰度大部分集中于两处, 即它包含了两个“山峰”, 这类直方图被称为双峰直方图, 它说明在其对应的图像中物体与背景对比明显. 反过来, 如果图像中物体与背景的对比较明显, 并且各个物体之间的灰度一致性较好, 那么其对应的直方图一定是双峰直方图. 本文的自动求

阈值算法便是针对双峰直方图设计的。

由于噪声的影响,直方图上的峰和谷都不会是完美的,“山峰”常常是由若干个窄的峰组成。但是,其中的最高点所在的灰度一般可以代表物体内部或背景点的典型灰度值。把阈值设在相对于两峰的某个固定位置,如中间位置上,一般来说,这个结果将比直接寻找最少出现的灰度值即估计直方图的谷的位置更为可靠^[1]。

若物体和背景在图像中所占的面积大致相当或相差不太多,那么在直方图上所反映出的两个峰的大小也大致相当或相差不太多。此时,在图像的灰度统计性质上的表现是,像素灰度平均值处于两个山峰所夹的范围内,并且灰度的标准偏差较大。因此可以用灰度平均值来初步分开两个山峰,分别在较高灰度部分和较低灰度部分内寻找山峰的位置。假定各范围内的最大值位置(灰度出现最频繁处)即是山峰所在位置,便可以取两峰值位置的平均值作为阈值。

如果物体和背景在图像中所占的面积相差悬殊,那么在直方图上所反映出的将是一大一小两个峰。此时,在图像的灰度统计性质上的表现是,像素灰度平均值处于较大的那个山峰的范围内,并且灰度的标准偏差较小。在这种情况下,灰度平均值不能分开两个山峰。如果仍沿用上一段所述方法,所获得的两个峰值位置将都在较大的峰上,其中只有一个像素数较多的灰度值确实是所定义的峰值位置,即较大峰的最大值位置。因此必须采用另外的方法来求得较小山峰的位置。通过分析可以知道在一般情况下,像素中值点位置相对于像素平均值的位置与小峰相对于大峰的位置是在同一边的。因此可以相应地向同一边移动和调整两个山峰之间的分界点位置,然后在调整过的范围内寻找较小峰的最大值位置。

因此,本文的算法可以叙述如下:

- (1) 计算像素灰度平均值(avg)、标准偏差(σ)。
- (2) 以像素平均值为分界点,分别求出左、右部分的最大值的位置。
- (3) 若两峰值位置相距较近(在标准偏差范围内),说明该直方图的双峰中有一个峰很低,因此需另寻低峰的位置,否则至第(7)步。
- (4) 求出像素灰度中值点位置($midpos$)。
- (5) 如果 $midpos > avg$ 表明小峰在大峰左边(较低灰度级);否则,表明小峰在大峰右边(较高灰度级)。相应调整分界点位置。
- (6) 重新求出大、小峰值的位置。
- (7) 以两峰值位置的中点作为所要求取的阈值。

3 大津的判断分析二值化法

大津的判断分析二值化法^[4]也是一种不需对直方图做预处理而能直接通过计算求得二值化阈值的方法,它在文献中常被称为 Otsu 法。大津的判断分析二值化法确定阈值的标准是使得被分开的两部分之间方差最大。其算法过程如下^[5]:

- (1) 首先找出图像中的最高灰度级($level$);
- (2) 然后分别取从 0 至 $level$ 的每一灰度级作为阈值(th);
 - i) 计算该阈值所分开两类的各自的像素数 n_1 、 n_2 和平均值 m_1 、 m_2 ;
 - ii) 计算两类间的方差 $b[th]$:

$$b[th] = n_1 * n_2 * (m_1 - m_2)^2;$$
- (3) 找出的方差最大的阈值 T , 即

$$b[T] = \max\{b[th]\}.$$

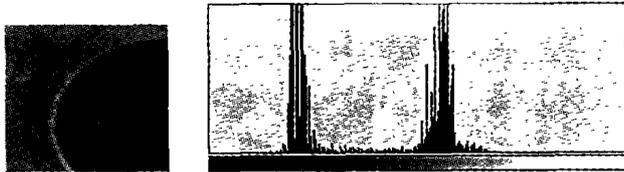
4 两种方法的比较

若设 l 为图像中的像素所占的灰度级数目。可以算出,本文的算法共有不多于 $(3l + 3)$ 次比较判断、不多于 $(4l + 4)$ 次加减法、 $(2l + 3)$ 次乘除法、1 次开平方运算。

在文献[5]所给出的大津法程序中,运算直接在图像数据上进行。假设图像有 M 行 N 列,则即第(2)步中需对原图作 $(level + 1)$ 次重复计算,每次计算包括 $(MN + 2)$ 次比较判断、 $(2MN + 1)$ 次加减法、5 次乘除法。其中有许多不必要的重复操作。可将它改进为在直方图上进行计算,并且仍然设图像所占灰度级数目为 l ,可以算出大津法共有 $3l$ 次比较判断、 $7(l - 1)$ 次加减法、 $7(l - 1) + 1$ 次乘除法。比较可知本文的方法计算量相对较少;图像所占灰度级数越多,所减少的计算量越明显。

本文的方法还可以判断直方图是否可能是单峰的。在许多应用中,对单峰直方图求取“谷点”阈值是没有意义的。这只要在算法的第(1)步之后、第(2)步之前加一个判断即可。也就是说,如果所求得的灰度标准偏差很小,例如小于 5,那么我们就认为该直方图是单峰的,此时可以给出一个信息而不再继续求阈值。大津法却不能作这样的判断。

除此之外,实验表明两种方法的结果是可比的。图 1 至图 3 分别是三种典型情况下求阈值的结果,图是从同一张射击运动靶纸图像上截取的一部分。

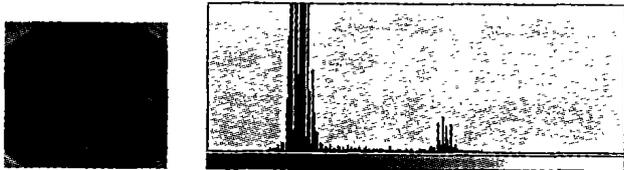


(a) 原图

(b) 直方图

图 1 目标与背景所占面积相当情况

分割结果, 大津法 $T = 99$, 本文方法 $T = 97$.

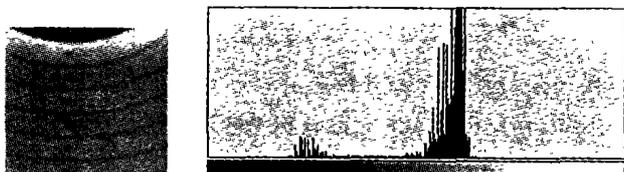


(a) 原图

(b) 直方图

图 2 背景所占面积很小情况

分割结果, 大津法 $T = 98$, 本文方法 $T = 98$.

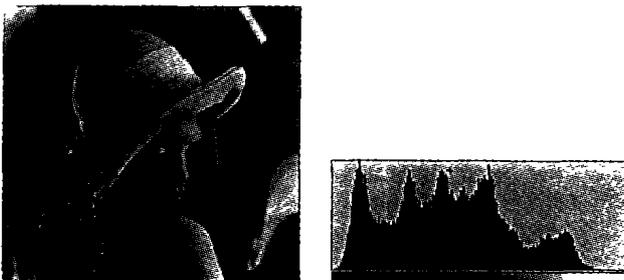


(a) 原图

(b) 直方图

图 3 目标所占面积很小情况

分割结果, 大津法 $T = 109$, 本文方法 $T = 104$.



(a) 原图

(b) 直方图(十字花为
阈值位置)(c) 大津法 $T = 102$ (d) 本文法 $T = 78$

图 4 对图像 Lena 求阈值的結果

在多峰直方图的情况下, 有时也能用本文的方法求得合适的阈值. 图 4 是一个例子.

5 结 论

使用阈值是一种常见且重要的区域分割技术. 与其它基本的图像处理操作(例如边缘提取)的情况一样, 一直以来对确定阈值方法的研究从未间断过^[6,7]. 因为从未有哪一种方法能在任何条件下都取得最佳结果, 一般都存在着或明或暗的假设条件. 本文所提出的快速确定双峰直方图阈值的方法, 它仅需求图像中物体与背景的对比明显, 而对其灰度直方图中分别代表物体和背景的两个“山峰”的大小比例和分布形状没有限定. 该方法不需对直方图做预处理就能直接通过计算求得合理的二值化阈值. 我们在射击训练的靶纸图像处理和ación中采用了本文的方法, 在读靶精度不低于 0.1 环的要求下, 对靶心的分割结果达到 100% 准确率.

该方法对噪声的抗干扰能力也较好. 与大津法或其它需对直方图作平滑处理的方法相比, 由于本文的方法费时较少, 更适合应用于对处理速度要求高的应用场合.

参 考 文 献

- [1] Castleman K R, 著; 朱志刚, 等译. 数字图像处理. 北京: 电子工业出版社, 1998
- [2] 王俊杰, 黄心汉. 一种对图像进行快速二值化处理的方法. 电子技术应用, 1998, 24(10): 16-17
- [3] 任 彬, 汪炳权, 罗 斌. 基于直方图指数平滑的阈值和峰点自动检测方法. 中国图形图像学报, 1997, 2(4): 230-233
- [4] Sahoo P K, *et al.* A Survey of Thresholding Techniques. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1988, 41: 233-260
- [5] 王熙法, 等. C 语言图像处理程序设计. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1994
- [6] Chan F H Y, Lam F K, Zhu H. Adaptive Thresholding by Variational Method. IEEE Trans on Image Processing, 1998, 7(3): 468-473
- [7] Dizenzo S, Cinque L, Levialdi S. Image Thresholding Using Fuzzy Entropies. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, B, 1998, 28(1): 15-23

DIRECT DETERMINATION OF THRESHOLD FROM BIMODAL HISTOGRAM

Liang Huawei

(*Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031*)

ABSTRACT

In this paper, a new and fast method of determining the binarizing threshold for a image with high contrast directly from its bimodal histogram is proposed. Instead of preprocessing on histogram such as smoothing or curve fitting to eliminate the effect of noises, statistic characteristics of the histogram is utilized to coarsely estimate the ranges of gray values of objects and background. Then the most frequent value in each range, which can represent the typical pixel values in objects or background, is found as the peak position. The threshold is set at the middle of the two peak positions. Experiments show that the result is comparable with Otsu method. Because of small time consuming and the capability of anti-noise, the proposed method is suitable for applications with strict speed requirement.

Key Words Image Segmentation, Binarization, Bimodal Histogram, Threshold