

文章编号: 0258-7025(2003)11-1036-05

# 球状重叠区域图像分割与参数统计算法研究

聂守平, 王 鸣

(南京师范大学物理科学与技术学院, 江苏 南京 210097)

**摘要** 研究了重叠区域图像分割和参数统计的算法, 提出综合利用阈值法和距离变换, 并采用所设计的两个计算流程在对图像进行分割的同时完成参数统计。计算机模拟结果表明, 整个算法不需要人工干预, 易于软件和硬件实现。

**关键词** 图像处理; 图像分割; 参数统计; 阈值; 距离变换

**中图分类号** TN 911.73 **文献标识码** A

## Algorithm Study of Image Segmentation and Parameters Calculation for Spherical Overlapping Region Image

NIE Shou-ping, WANG Ming

(Department of Physics, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210097, China)

**Abstract** The algorithm of image segmentation and parameters calculation for overlapping image region is studied. The method of thresholding and distance transformation is proposed. The two procedures for the image segmentation and parameters calculation are designed. Computer simulation results show that the algorithm can be processed automatically and it is suited for processing by the software or hardware.

**Key words** image process; image segmentation; parameters calculation; thresholding; distance transformation

### 1 引言

图像分割的目的是为了将图像划分成若干不重叠的区域, 并把有意义的特征提取出来。分割的准确程度直接影响对图像的后续分析、识别、编码等。图像分割应用的领域十分广泛, 不同的应用场合所要求提取的特征也不同, 当然提取特征的方法也就不同。阈值法<sup>[1]</sup>是利用图像中要提取的目标物与其背景灰度特征上的差异, 通过设定最佳阈值将物体与背景分割开来; 边界探测<sup>[2]</sup>是通过检测图像中的灰度突变来提取目标边界, 用边界来区分不同的目标区域; 对于已知形状的目标物, 可以使用目标模板和图像中各个区域相匹配, 利用互相关值来探测被检测的目标, 根据应用需要可以选取固定模板和可变模板<sup>[3]</sup>; 区域生长法<sup>[4]</sup>是从种子区域出发, 按照

一定的生长准则, 对邻域像素点进行判别并连接, 直到完成所有像素点的连接。事实证明, 没有哪一种分割方法是普遍适用的, 判断一种分割方法的优劣要和实际应用相结合。根据要分割图像的复杂程度, 有时用一种分割方法即可, 而有的时候可能要同时使用几种方法来进行。

需要指出的是, 经过图像采集系统所采集的图像是空间分布物体在某一个平面上的投影, 在空间完全分离的物体, 其投影则可能有部分重叠, 即空间中的两个物体, 其投影由于部分重叠在图像中显示为一个连通的物体。若两个物体的灰度特征不明显, 则无法简单采用上面提到的几种方法来分割物体, 一旦不能在图像中正确分割出事实上不重叠的物体, 则在统计目标参数过程中容易产生误差, 这种情况广泛出现在医学细胞检测、工业矿物颗粒的检

收稿日期: 2002-07-11; 收到修改稿日期: 2002-08-27

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK2001109)和江苏省教育厅基金(99KJB140005)资助项目。

作者简介: 聂守平(1967—), 男, 南京师范大学物理科学与技术学院副教授, 博士, 主要从事光信息处理和图像处理研究。

E-mail: nieshouping@email.njnu.edu.cn

测等方面,因此研究重叠目标的分割具有重要的意义。

本文针对部分重叠目标的分割,综合采用阈值分割、距离变换<sup>[5]</sup>来分割目标,同时采用独特的分割流程,在分割图像的同时统计目标的数目、重心坐标等参数。

## 2 重叠区域图像分割

对于一幅图像,最容易获得的信息是图像的灰度分布,图 1 所示是待分割的图像,利用阈值法进行二值化,结果如图 2 所示。不难发现,利用阈值法分割后的图像中,仍然包含多个重叠的目标,可见单独靠阈值法是无法将重叠目标分开的。

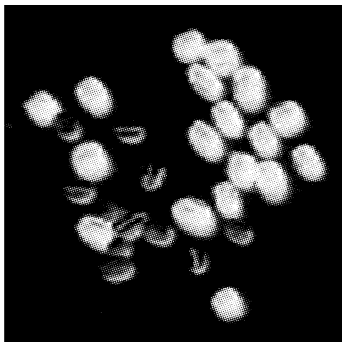


图 1 重叠区域图像

Fig. 1 Image with overlapping region

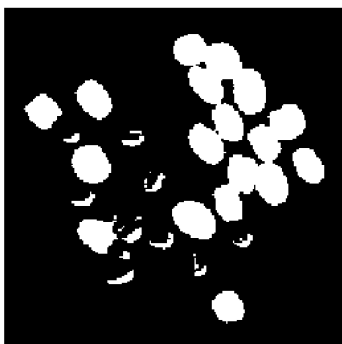


图 2 二值化图像

Fig. 2 Binary image

要想将重叠目标分开,可以采用数学形态学中的腐蚀运算<sup>[6]</sup>。腐蚀运算的目的是缩小每个目标所占的区域,直至将目标分开。设腐蚀运算的结构元素为  $S$ ,待腐蚀的图像用  $B$  表示,则腐蚀运算的数学表达式为

$$E = B \otimes S = \{x, y \mid S_{xy} \subseteq B\} \quad (1)$$

腐蚀运算的关键是选取结构元素,结构元素的形状和大小对结果有很大的影响,图 3 所示是对二

值图像分别采用两种结构元素进行腐蚀运算的结果。结构元素小则可能达不到分离目标的目的,在图 3(a)中重叠目标所占像素的区域虽然减小了,但仍然没有被分开;结构元素大则可能在分离目标的同时,将其他比较小的目标也腐蚀掉了,在图 3(b)中重叠部分被完全分开来,但有些原来处于分离状态的目标则没有了。这对于需要精确统计目标数目是不利的,同时人为选择结构元素使算法的通用性降低了。

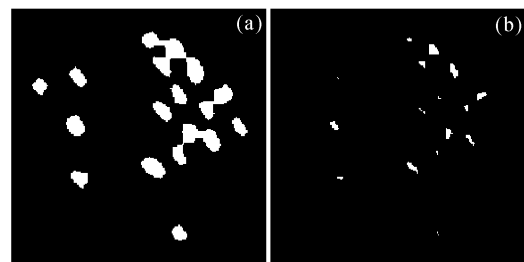


图 3 腐蚀运算分割结果

Fig. 3 Segmentation results by using erosion algorithm

为了能够自动地分离重叠区域,这里引入距离图像的概念。二值图像经过距离变换以后,得到的不再是二值图像,而是一幅灰度图像,每个像素的灰度值表示这个像素到离其最近的背景之间的距离。相互重叠的两个目标,其两个中心点到边界点之间的距离最大,从中心往外的其他像素到边界的距离则逐渐减小。这样变换前灰度均匀分布的目标重叠区域,变换后两个目标中心之间的灰度分布为从大到小然后又从小到大变化,选取恰当的阈值可以分离两个目标。

获取距离图像的方法可以采用距离模板,进行类似于卷积的运算,得到每个像素到离其最近的边界点的距离;也可以先得到每一个目标区域的边界点坐标,然后计算每个像素到边界点之间的距离。这些算法的特点是计算精确,不足之处是计算繁琐。下面引入比较简单的方法和流程来进行。

对于每一个目标点,即灰度不为零的像素,分别在四个方向上计算到离其最近的背景(灰度为零)之间的距离  $d_i (i = 1, 2, 3, 4)$ ,然后选取一个最小值,作为这一目标点到其背景之间的距离。只选取水平和垂直方向四个距离值来确定距离图像,使得计算简单,同时又能分离目标,因为我们的目的是通过距离变换来分离目标,并不是单纯计算距离。

如图 4 所示,在计算距离  $d_i (i = 1, 2, 3, 4)$  时,

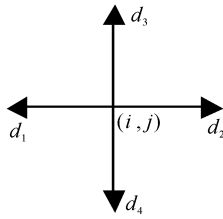


图 4 距离模型  
Fig. 4 Distance model

采用下面的流程:

1) 设目标点坐标为  $(i, j)$ , 如果左侧坐标点  $(i-1, j)$  灰度不为零, 则

$$d_1 = d_1 + 1 \quad (2)$$

一直循环到左侧坐标  $(i-k, j)$  的灰度为零, 则确定目标点到左侧的距离为  $k$ 。

2) 依据同样的方法计算另外三个方向的距离值  $d_2, d_3, d_4$ , 则目标点  $(i, j)$  离边界点的距离定义为

$$d_{i,j} = \min(d_1, d_2, d_3, d_4) \quad (3)$$

显然计算四个方向距离  $d_i$  时, 要逐次进行判断和叠加, 但是在目标分离计数的应用中, 常常碰到的问题是目标数量多, 而每个目标点所占的像素区域都很小, 因此判断和叠加的次数是非常有限的。和采用模板进行距离变换相比, 计算量小得多。

应用上述流程对二值化图像进行距离变换的距离图像如图 5 所示。如果距离图像中两个目标中心连线上有灰度为零的像素, 则这些为零的像素就起到了分离目标的作用, 原来处于连通状态的目标, 现在则处于分离状态。若没有灰度为零的像素(如图 5 所示), 则再次采用阈值法将距离图像二值化, 如图 6 所示, 在二值化后的图像中目标完全分离。

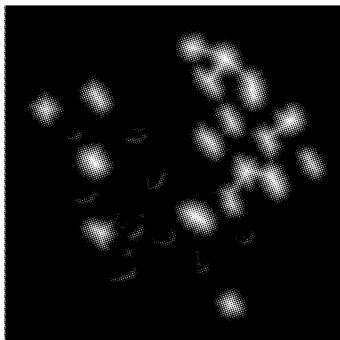


图 5 距离变换图像  
Fig. 5 Image with distance transformation

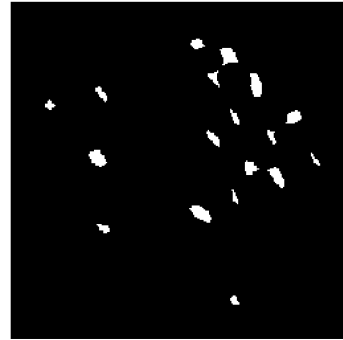


图 6 距离二值化图像  
Fig. 6 Binary distance image

### 3 目标参数统计

对于已经处于分离状态的目标, 进行目标参数统计。对所有非零像素运行以下流程:

1) 用  $n$  表示目标个数, 第  $n$  个目标所占区域像素个数为  $S(n)$ , 所有  $X$  坐标之和为  $X(n)$ , 所有  $Y$  坐标之和为  $Y(n)$ , 并将上述参数初始化为零;

2) 如图 7 所示, 对非零元素  $(i, j)$  依次判断其相邻坐标  $(i, j-1), (i-1, j-1), (i-1, j), (i-1, j+1)$  的灰度是否为零, 若全部为零, 则说明出现了新的目标, 且  $(i, j)$  为新目标的第一个像素, 这时令

$$\begin{aligned} n &= n + 1; \quad P(i, j) = n \\ S(n) &= S(n) + 1; \quad X(n) = X(n) + i \\ Y(n) &= Y(n) + j \end{aligned} \quad (4)$$

其中  $P(i, j)$  为  $(i, j)$  像素的灰度值。式(4)表明, 当新的目标出现时, 目标个数随之增加, 目标的灰度值与其序号相连, 这样做的结果是知道了目标的灰度值, 也就知道了目标的序号, 两者的值是相同的。在式(4)中同时改变目标像素所占区域,  $X$  坐标之和  $X(n)$ , 所有  $Y$  坐标之和  $Y(n)$  的值。

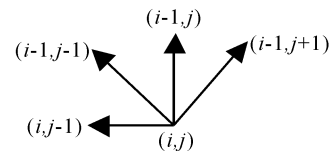


图 7 参数统计模型  
Fig. 7 Parameter calculation model

3) 若目标点  $(i, j)$  的四个邻域坐标的像素灰度值不是全部为零, 当出现第一个非零像素时, 则不再判断其他坐标的灰度, 不妨令这个像素的坐标为  $(i_0, j_0)$ 。这说明坐标  $(i, j)$  和  $(i_0, j_0)$  是连通的, 它们属于同一个目标, 应该有相同的灰度值, 则

$$P(i, j) = P(i_0, j_0); \quad S(n) = S(n) + 1$$

$$X(n) = X(n) + i_0; \quad Y(n) = Y(n) + j_0 \quad (5)$$

(5)式表明当目标点和前面已经扫描过的某一点属于同一个目标,则目标个数保持不变,同时同一个目标区域中的所有像素灰度值都相同。其他参数的改变和式(4)含义相同。

通过上面的流程可得如下信息:

1) 不同的目标像素赋予不同的灰度值,相反,同一个目标区域中的像素灰度相同。标号为 1, 2, 3, ... 的目标区域灰度值也分别为 1, 2, 3, ..., 这样就将目标与灰度值联系到了一起。

2) 得到了每个目标所占区域的像素个数  $S(n)$ , 其作用在于:若经过前面的取阈值、距离变换仍然有部分噪声,但若将这些噪声当目标看待,统计出的目标数目将大于实际的目标数,产生误差。由于噪声和目标相比,像素所占区域很小,可以选取一个阈值将小于阈值的“目标噪声”去除,提高统计精度。

3) 得到了每个目标  $X$  坐标之和  $X(n)$ ,  $Y$  坐标之和  $Y(n)$ 。由于前面已经将同一个目标的像素置换了同一个值,则对于处理后的均匀分布的目标区域可以求出所有目标的中心点坐标为

$$X_0(n) = X(n)/S(n) \quad (6)$$

$$Y_0(n) = Y(n)/S(n) \quad (7)$$

从而对目标进行定位。式中  $n = 1, 2, \dots, N$ , 其中  $N$  是目标总数。可见对于非零像素经过前面流程之后,同时实现了目标分割、目标计数、中心定位,在此基础上还考虑了噪声目标去除的问题。不同区域用不同的灰度表示的结果如图 8 所示,参数统计的结果如表 1 所示,图 9 是目标定位结果。从中可以清楚看出目标的分割和定位结果。以上计算机模拟过程是在奔腾 IV1.2G 计算机上进行的,运行时间为

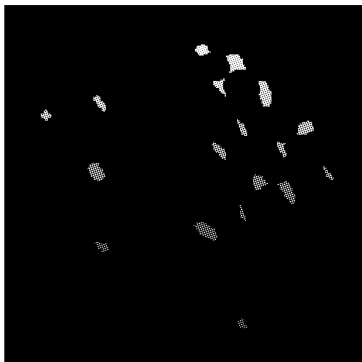


图 8 目标区域图像

Fig. 8 Image with object region

550 ms。

表 1 参数统计结果

Table 1 Results of parameter calculation

No.	Pixels of object	Sum of X	Sum of Y	Center of object
1	32	947	5371	29.59, 167.84
2	43	3620	2970	84.19, 69.07
3	125	11918	17814	95.34, 142.51
4	26	2798	4370	107.62, 168.08
5	104	12802	20814	123.10, 200.13
6	75	9738	13472	129.84, 179.63
7	107	14669	6926	137.09, 64.73
8	25	3396	5721	135.84, 228.84
9	61	9283	9268	152.18, 151.93
10	42	6446	8229	153.48, 195.93
11	40	6716	6727	167.90, 168.18
12	86	14461	18285	168.15, 212.62
13	34	6025	991	177.21, 29.15
14	51	9481	3432	185.90, 67.29
15	122	23466	22462	192.34, 184.11
16	51	10094	7769	197.92, 152.33
17	115	24669	18785	214.51, 163.35
18	58	12962	8100	223.48, 139.66

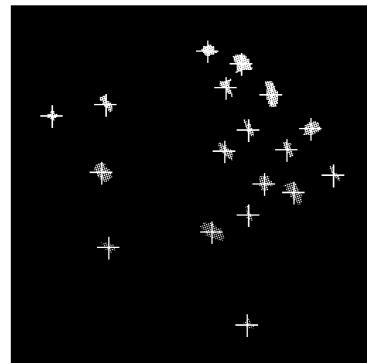


图 9 目标定位图像

Fig. 9 Image with object centralize

## 4 结 论

综合利用阈值法、距离变换,经过两个流程的处理实现了重叠区域目标的分离和参数统计,整个过程不需要人工干预。事实上,若只需要将目标分离,不需要自动统计目标数目和目标中心定位,则只需要采用第一个流程即可。计算机模拟结果表明,所提出的两个流程计算简练,通过代数运算和逻辑运算就达到了目标分离和参数统计的目标,在设计这两个流程时,充分考虑了算法的实现问题,使得这种

算法不仅可以通过软件实现,同时也可以采用由运算放大器构成的处理电路来完成。以上研究没有对可能产生误分割进行讨论,这是因为产生误分割的因素很多,如图像采集系统的分辨率、目标和背景之间的对比度以及噪声的存在都可能产生误分割。减少误分割的方法:一是选择和所处理问题相适应的图像采集系统,二是在分割算法实施之前进行图像预处理,如采用直方图均衡化、空间滤波等方法在消除噪声的同时提高图像对比度,这两方面相结合有助于减少误分割。

### 参 考 文 献

- 1 K. V. Mardia, T. J. Hainsworth. A spatial thresholding method for image segmentation [J]. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1988, **10**(6):919~927
- 2 Theo Pavlidis, Yuh-tay Liow. Integrating region growing and edge detection [J]. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1990, **12**(3):225~233
- 3 Marie-Pierre Dubuisson Jolly, Sridhar Lakshmanan, Anil K. Jain. Vehicle segmentation and classification using deformable templates [J]. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1996, **18**(3):293~308
- 4 Alain Tremeau, Nathalie Borel. A region growing and merging algorithm to color segmentation [J]. *Pattern Recognition*, 1997, **30**(7):1191~1203
- 5 Kenneth R. Castleman. *Digital Image Processing* [M]. Beijing, Prentice-Hall Press, 1998
- 6 Demin Wang, Veronique Haese-coat, Joseph Ronsin. Shape decomposition and representation a recursive morphological operation [J]. *Pattern Recognition*, 1995, **28**(11):1783~1792



## 明确刊物定位 找准发展方向 争创名牌期刊

### ——《中国激光》第六届编委会顺利召开

经过近一年时间的筹备,《中国激光》杂志第六届编委会如期于2003年10月18~19日在上海、苏州两地举行。来自全国各高校和研究所的24位编委,《中国激光》杂志编辑部全体编辑人员、特邀编辑等共35人参加了会议。

会议由主编周炳琨院士主持。编辑部主任杨蕾就整个编委会的筹备情况和《中国激光》的发展历程、现状和发展目标向编委会作了汇报,杂志副主编兼执行主编王润文研究员作了“刊物的学术质量和出现的部分问题”的报告,信息管理中心副主任、联合编辑部主任兼《中国激光》特邀编辑周常河研究员结合自己担任特邀编辑一年来所了解的情况,对杂志的定位、发表周期和论文录用率等问题,提出了自己的见解。编委们就杂志的栏目设置、定位、审稿人等问题展开了热烈的讨论。主编周炳琨院士充分肯定了编辑部近几年的辛勤工作,并传达了国家关于光电子行业的发展规划,对于杂志争取进入SCI的问题,他指出,编辑部应该切合实际多做工作。

编委们畅所欲言,纷纷就自己感兴趣的问题提出了看法,并在“《中国激光》杂志应该保持一个什么

定位”“如何提高审稿人的审稿质量”“如何争取SCI收录”“《中国激光》杂志如何走向世界”“文章摘要的写法”“办刊方式的电子化和现代化”等问题上形成了一些共识。编委们认为,《中国激光》目前已经是国内很有影响力的期刊,刊物应该进一步明确定位,找准发展方向,缩短出版周期,提高刊物学术水平,办出自己的特色,使之成为一本国际化期刊。编委们觉得这次会议开得相当及时,非常成功,并希望以后多召开这样的会议,加强联系,促进编委与编辑部的沟通,使《中国激光》越办越好。

《中国激光》杂志于1974年9月创刊,经过了几届编委和编辑部人员近30年的辛勤努力,目前已经成为国内激光界颇具影响力的期刊。

会议期间,一些因为各种原因不能来参会的编委纷纷发来贺信,祝贺编委会顺利召开。编辑部目前正在整理编委意见和会议资料,不久将在《中国激光》杂志网站 [www.china-laser.org](http://www.china-laser.org) 上开辟“编委会花絮”专栏,向各位编委详细报道这次编委会的情况。

(段家喜)