

重叠核径迹图像的分割与参数统计算法研究

叶红兵, 弟宇鸣, 邱晓林, 韩峰

(第二炮兵工程学院 102 室, 陕西 西安 710025)

摘要: 本工作研究重叠核径迹图像分割和参数统计算法。提出了综合运用 Otsu 全局阈值法和距离变换, 并对距离图像进行了二值化处理, 有效地将重叠核径迹分割开。在此基础上完成了核径迹的面积、周长、圆形成和质心等参数的统计。计算机模拟结果表明, 整个算法简练, 运行效率高, 且不需人工干预。

关键词: 重叠核径迹; 图像分割; 参数统计; 距离变换; 阈值

中图分类号: O572.11 文献标识码: A 文章编号: 1000-6931(2006)S0-0093-04

Algorithm Study of Image Segmentation and Parameters Calculation for Overlapping Nuclear Track

YE Hong-bing, DI Yu-ming, QIU Xiao-lin, HAN Feng

(Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

Abstract: The algorithm of image segmentation and parameters calculation for overlapping nuclear track image is studied. The method of the Otsu global threshold and distance transformation was proposed, the distant image was converted to a binary image, and the overlapping nuclear track was effectively segmented. The parameters calculation of the nuclear track, such as area, perimeter, roundness, centroid, was completed based on these methods. Computer simulation results show that the algorithm is concise, efficient and processed automatically.

Key words: overlapping nuclear track; image segmentation; parameters statistic; distance transformation; threshold

图像分割的目的是为了进行图像识别, 将图像分成一些有意义的区域, 然后对这些区域进行描述, 相当于提取出某些目标区域图像的特征, 判断图像中是否有感兴趣的目标。图像分割^[1]的基础是像素间的相似性和跳变性, 其准确程度直接影响图像的后续分析、识别等。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不同, 提取特征的方法也不同。按照工作对象可分为点相关分割和区域相关分割; 按照算法可分为阈值法、界限检测法、边界跟踪法、区域生长法等。阈值法是利用图像中要提取的目标物与其背景分割特征上的差异, 通过设定最佳阈值将物体与背景分割开; 界限检测法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;边界跟踪法是根据某些严格的“探测准则”找出目标物体轮廓上的像素;区域生长法是从种子区域出发,根据一致性准则,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。

经核径迹图像自动分析系统^[2,3]获取到的图像是空间分布物体在某一平面上的投影,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1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环境学核径迹的检测、医学细胞检测等领域。因此,研究重叠目标的分割具有重要意义。

本文针对部分重叠核径迹的分割,综合采用阈值分割、距离变换^[4]来分割核径迹。在分割核径迹图像的同时,统计核径迹的数目、面积、周长、质心和圆形度。

1 重叠核径迹图像的分割

1.1 二值化图像

对于一幅核径迹图像,最容易获取的信息是核径迹图像的灰度分布。图1a所示为待分割的核径迹图像,运用Otsu法计算阈值并进行了二值化(图1b)。可看出,利用阈值法分割后的图像中仍包含多个重叠的核径迹。可见,单独阈值法无法将重叠核径迹分开。

1.2 形态学腐蚀运算

欲将重叠核径迹分开,可采用数学形态学

中的腐蚀运算^[4]。腐蚀运算的作用是消除物体边界点,使边界向内部收缩,从而把小于结构元素的物体去除。设腐蚀运算的结构元素为 B ,待腐蚀的核径迹图像用 A 表示,则腐蚀运算的数学表达式为:

$$A \otimes B = \{z \mid (B)_z \cap A^c \neq \phi\} \quad (1)$$

式中: $(B)_z$ 表示点 z 对集合 B 的平移; A^c 为集合 A 的补集; ϕ 为空集。

腐蚀运算的关键是选择结构元素。结构元素的形状和大小对结果有很大影响。图2所示为对二值核径迹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,则可能达不到分离核径迹的目的,在图2a中的重叠核径迹所占像素的区域虽已减小,但仍未被分开;结构元素大,则可能在分离核径迹的同时,腐蚀掉其他较小的核径迹,在图2b中的重叠部分虽被完全分开,但有些原来处于分离状态的核径迹则消失了。这对精确统计目标数目不利,同时人为选择结构元素降低了算法的通用性。

1.3 距离变换

为了能自动地分离重叠径迹,这里引入距离图像的概念。二值图像经距离变换后,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间的距离。相互重叠的两个径迹,其两个中心点到边界点间的距离最大,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径迹重叠区域,变换后两个目标中心间的灰度分布为从大到小又从小到大,选取恰当的阈值可分离两个径迹。

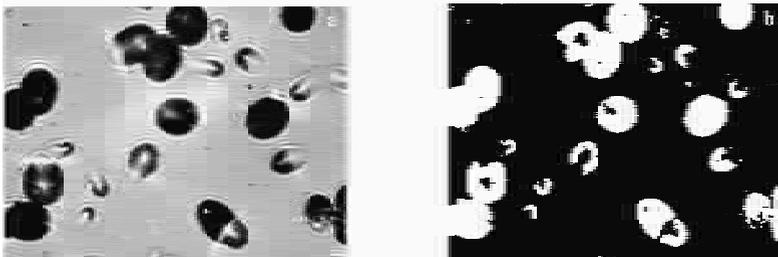


图1 重叠的核径迹图像(a)及二值化后的图像(b)

Fig. 1 Overlapping nuclear track image(a) and its binary image(b)

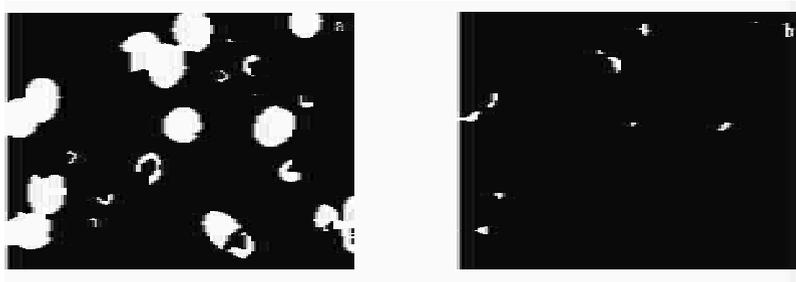


图2 不同结构元素腐蚀核径迹图像的分割结果

Fig. 2 Result of nuclear track image dilated by different structuring elements

a——小的结构元素; b——大的结构元素

获取距离图像的方法可采用距离模板,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;也可先得到每一核径迹区域的边界点坐标,然后计算每个像素到边界点间的距离。这些算法的特点是计算精确,不足之处是计算繁琐。下面引入较为简单的方法。

对于每一目标点,即灰度值不为零的像素,分别在4个方向上计算离其最近的背景(灰度值为零)间的距离 $S_i (i=1, 2, 3, 4)$,然后选取一最小值,作为这一目标点到背景间的距离。只选取水平和垂直方向4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。

对二值化核径迹图像进行距离变换的距离图像示于图3。如果距离图像中两个核径迹中心连线上有灰度值为零的像素,则这些为零的像素就起到了分离核径迹的作用,原来处于连通状态的核径迹,现在则处于分离状态;若没有灰度值为零的像素,则再次采用阈值法将距离图像二值化,在二值化后的图像中核径迹完全分离(图4)。

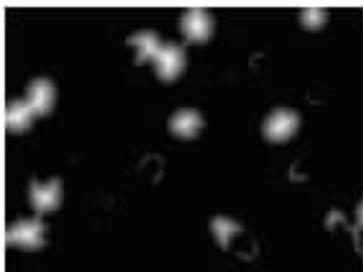


图3 距离变换的核径迹图像

Fig. 3 Distance transform of nuclear track image



图4 距离二值化的核径迹图像

Fig. 4 Distance binary of nuclear track image

2 核径迹参数统计

对于已处于分离状态的核径迹,进行核径迹参数统计。这里对核径迹的面积、周长、圆形度和质心等参数进行统计,并根据质心的个数确定一幅图像中核径迹的数目。

2.1 核径迹的面积^[5]

面积是核径迹总尺寸的度量,它只与核径迹的边界有关,而与其内部灰度级的变化无关。这里采用统计边界内部(也包括边界上)的像素的数目,对二值图像而言,用1表示核径迹,用0表示背景,其面积就是统计像素值为1的核径迹的个数。该图像中核径迹的面积列于表1。

2.2 核径迹的周长^[5]

核径迹的周长是对应的边界长度,即用相对较短的周长来包围核径迹所占有面积内的像素,周长就是围绕所有这些像素的外边界的长度。这里采用链码表示周长,把像素看作点,则周长就是计算链码的长度。当链码值为奇数时,长度记作 $\sqrt{2}$;当链码值为偶数时,长度记作1。该图像中核径迹的周长同列于表1。

2.3 核径迹的圆形度^[5]

核径迹的圆形度用来刻画核径迹边界的复杂程度。度量圆形度最常用的是致密度(C),即周长(P)的平方与面积(A)的比值。为了使致密度处在0和1之间,采用如下表达式计算核径迹的圆形度:

$$C = \frac{P^2}{4\pi A} \quad (2)$$

该图像中核径迹的圆形度亦列于表1。

2.4 核径迹的质心^[5]

核径迹的质心用于确定核径迹的位置。对二维离散函数 $f(x, y)$, 其 $(j+k)$ 阶矩为:

$$M_{jk} = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M x^j y^k f(x, y) \quad (3)$$

$j, k = 0, 1, 2, \dots$

质心坐标 (\bar{x}, \bar{y}) 定义为:

$$\bar{x} = M_{10}/M_{00}, \bar{y} = M_{01}/M_{00} \quad (4)$$

该图像中核径迹的质心也同列于表1。

表1 核径迹的面积、周长、圆形度和质心参数统计结果

Table 1 Statistical result of area, perimeter, circle scale and centroid of nuclear track

核径迹编号	核径迹面积	核径迹周长	核径迹圆形度	核径迹质心
1	2 825	247.14	0.581 2	41.06, 172.43
2	1 417	180.51	0.546 5	35.98, 387.80
3	979	135.99	0.665 3	70.73, 326.04
4	2 478	233.87	0.569 4	267.36, 83.52
5	812	105.94	0.909 2	311.24, 200.28
6	1 399	146.23	0.822 2	329.66, 28.74
7	472	87.50	0.774 7	378.33, 382.10
8	1 194	132.43	0.855 6	474.14, 203.08
9	542	87.46	0.890 5	530.08, 15.21
10	8	9.66	0.986 5	566.25, 361.13
11	12	22.00	0.311 6	616.00, 351.50

3 结束语

综合利用阈值法、距离变换,经两个流程的处理,实现了重叠区域核径迹的分离和参数统计,整个过程不需人工干预。事实上,若只需将核径迹分离,则不需自动统计核径迹数目和核径迹中心定位。计算机模拟结果表明,这里所提出距离变换和参数统计的算法简练,通过代数运算和逻辑运算就已达到了核径迹分离和参数统计的目标。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,诸如图像采集系统的分辨率、目标和背景间的对比度以及噪声的存在等。减少误分割的方法包括选择与所处理问题相适应的图像采集系统和在分割算法实施前进行图像的预处理,如采用亮度变换、空间滤波等方法在消除噪声的同时提高图像的对比度,这两方面的结合有助于减少误分割。

参考文献:

- [1] 杨淑莹. VC++图像处理程序设计[M]. 北京: 北京交通大学出版社, 2003.
- [2] 弟宇鸣. 核径迹图像自动分析系统硬件设计与自动聚焦方法研究[D]. 西安: 第二炮兵工程学院, 1998.
- [3] 弟宇鸣, 韩峰, 李天柁, 等. 一个核径迹图像自动分析系统的总体结构设计[J]. 核电子学与探测技术, 2000, 20(5): 326-329.
DI Yuming, HAN Feng, LI Tianduo, et al. The general structure design of a nuclear track images automatic analysis system[J]. Nuclear Electronics & Detection Technology, 2000, 20(5): 326-329 (in Chinese).
- [4] GONZALEZ R C. 数字图像处理(MATLAB版)[M]. 阮秋琦等译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [5] 何东健. 数字图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003.