

# 基于能量活动曲线的白细胞自动分类方法

唐娅琴

(重庆大学计算机学院 重庆 400044)(重庆医科大学应用技术学院 重庆 400050)

**摘要** 在临床医学中,白细胞分类计数对疾病的诊断有着重要的意义。手工白细胞计数既费时又乏味而且还不客观。采用自动血液分析仪器提高了检验的速度和准确度。大多数商用的血细胞自动分析仪主要采用以下3步骤:分割、特征提取、分类。本文着重于白细胞自动分析的第一步,采用一种特殊的活动轮廓曲线的方法实现白细胞的分割。将血涂片图像变化成二值图像,在白细胞内部放置初始的轮廓曲线,让轮廓曲线生长成适合的单个白细胞形状的曲线,用得到的轮廓线将白细胞分离出来。

**关键词** 活动轮廓线,白细胞,图像分割

## 1 引言

白细胞的分类计数为临床诊断提供重要的依据。人工镜检时,检验师通过显微镜目测血涂片,找出100个白细胞并且计算不同种类白细胞所占的百分比。人工计数的准确性和效率往往难以保证。人们正致力于研究通过计算机来自动识别血涂片上的白细胞的图像从而达到对白细胞分类计数的目的。通常对血液细胞的识别大致分为3步:1分割2特征提取3分类。本文着重于白细胞自动识别的第一步:分割。由于要准确的分类识别依赖于正确的对单个白细胞进行分割,因此这一步显得至关重要。但血液细胞的复杂性以及在显微图像中的不确定性又使这一步工作极其困难。

许多传统的图像分割方法<sup>[1]</sup>如阈值法,边缘检测,区域生长法被应用在血液细胞图像分割上。由于阈值分割主要依赖于灰度直方图,而很少考虑图像中像素的空间位置关系,因此当背景复杂,特别在同一背景上重叠出现若干个研究目标时,容易丧失部分边界信息,造成分割的不完整。在血液细胞图像中,由于“穗状”脉冲的干扰,造成原始直方图中参差不齐及众多的峰谷区,若直接在原始直方图中寻找阈值做分割是很困难的。所以它通常与数学形态学相结合来提高分割的准确性,边缘检测法对细胞图像的分割表现更佳,但由于不是所有的细胞边界都是明显的,因此,很难准确定位边界信息。本文采用活动轮廓曲线(active contour,一种特殊的图像分割方法)对白细胞进行分割:首先用双阈值方法先将血涂片图像转换为二值图像;其次在二值图像中寻找单个白细胞核,由于其饱和度超过阈值,一旦大致定位了细胞核之后,我们放置一个初始的曲线(snake)在细胞内部,并运用活动轮廓模型,利用矢量梯度流驱动 snake,使之越来越接近细胞本身形状。这种方法也适用于对红细胞的分割。

## 2 能量活动曲线

自1987年Kass<sup>[2]</sup>提出Snakes模型以来,各种基于活动轮廓线的图像分割、理解和识别方法如雨后春笋般蓬勃发展起来。Snakes模型的基本思想很简单,它以构成一定形状的一些控制点为模板(轮廓线),通过模板自身的弹性形变,与图像局部特征相匹配达到调和,即某种能量函数极小化,完成对图像的理解和识别。参数Snakes模型由一组控制点 $v(s)=[x(s), y(s)]$   $s \in [0, 1]$ 组成,这些点首尾以直线相连构成轮廓线。其中 $x(s)$ 和 $y(s)$ 分别表示每个控制点在图像中的坐标位置, $s$ 是以傅立叶变换形式描述边界的自变量<sup>[3~6]</sup>。能量函数如下:

$$E(v) = \int [E_{int}(v(s)) + E_{ext}(v(s))] ds \quad (1)$$

其中: $E_{int}$ 为内力, $E_{ext}$ 为外力

$$E_{ext}^2(x, y) = -|\nabla G_\sigma(x, y) * I(x, y)|^2 \quad (2)$$

其中 $I(x, y)$ 是给定的灰度图像, $G_\sigma(X, Y)$ 是标准差为 $\sigma$ 的二维高斯函数。

模型在外能和内能的作用下向物体边缘靠近。外力推动轮廓曲线(曲面)运动,而内力保持轮廓的光滑性。最终对图像的分割转化为求解能量函数 $E(v)$ 极小化值。

传统的能量活动方法中轮廓线的初始位置必须离真实边界很近,否则难以得到正确的分割结果。为了解决这个问题,人们提出了multiresolution方法,增加外部压力和距离势能等多种改进方法,它们的基本思想都是提高外部力的作用范围,从而引导轮廓线趋向真实边界,而且传统Snakes模型对无法捕获凹陷边界,尽管也有很多改进方法,但效果都不理想。Xu Chenyang等提出的GVF Snake很好地解决了这些问题。其能量函数为:

$$E_{GVF}(U, V) = \left(\frac{1}{2}\right) \iint g(|\nabla f|) (u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2)$$

$$d_x d_y + \frac{1}{2} \int \int (1 - g(|\nabla f|)) ((u - f_x)^2 + (v - f_y)^2) d_x d_y \quad (3)$$

其中:  $f(x)$  是图像边界,  $g$  是减少梯度大小的函数, 其定义为:

$$f(x, y) = -|\nabla G_\sigma(x, y) * I(x, y)|^2 \quad (4)$$

$$g(|\nabla f|) = \exp\left(-\left(\frac{|\nabla f|}{k}\right)\right) \quad (5)$$

(5) 式中  $k$  是一个用来控制结果的平滑度的常数。

GVF Snake 的创新在于将传统 Snakes 的图像边(edge map)用扩散方程进行处理, 得到整个图像域的梯度向量场(gradient vector flow field)作为外部力。经过扩散方程处理后的 GVF 比 edge map 更加有序、更能体现物体边界的宏观走势。所以 GVF Snakes 具有更大的搜索范围, 对轮廓线初始位置不敏感。可以分割凹陷的边界, 对梯度绝对值的大小乃至噪声具有更好的鲁棒性。

### 3 分割白细胞的算法

高仁发等将能量活动曲线应用于肾脏超声图像的边界提取<sup>[8]</sup>, 本文将能量活动曲线应用于血液白细胞的自动分割, 具体分割步骤如下。分割的目的是将单个白细胞从图像中分离出来。分割步骤如下:

- ① 采用阈值方法将白细胞图像转换成二值图像
- ② 在二值图像中将值为 1 的点标记为细胞核
- ③ 获得目标细胞核区域
- ④ 将轮廓线的初始位置定位在核的中心
- ⑤ 采用 GVF 方法获得目标区域的边界。一旦活动轮廓接近一个静止的形状, 那么这个形状就是白细胞。白细胞就被提取出来了。

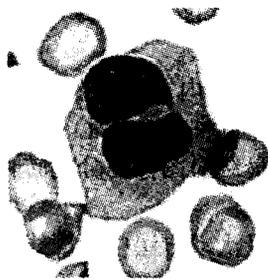


图 1 血细胞图像

### 4 实验结果

图 1 是一张嗜中性细胞的图像, 图 2 显示了它的边界。图 3 显示了图像梯度向量场, 很清楚地看到活动曲线它逐渐向边界靠拢。从最初的 snake 曲线(最小的圆)生长成最终的 snake 曲线(最大的圆)的过程, 它将嗜中性细胞从一堆红细胞中分离出来。

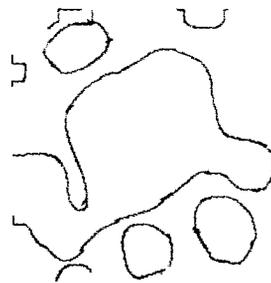


图 2 边界图象

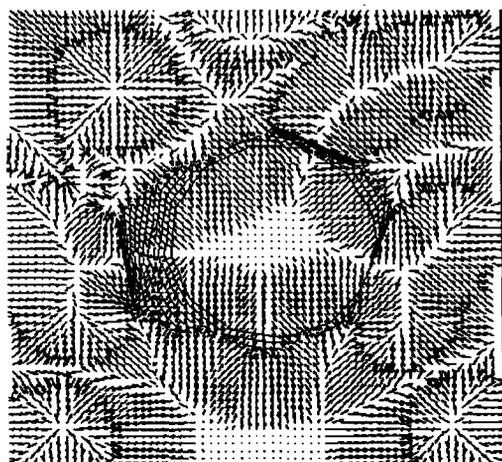


图 3 梯度向量场和生长轮廓曲线

**结论与讨论** 本文介绍了一种有效的自动分割白细胞的方法, 它利用能量活动曲线并将梯度向量场作为驱动力, 将起始的膨胀曲线定位于白细胞内部, 然后开始生长直到适合白细胞形状为止。实验证明, 这是一种有效的分割方法。但这种方法的缺点是对于初始轮廓线的大小和位置的确定比较依赖。如果初始轮廓线过小, 生长速度很慢, 轮廓线变化不大导致图像的欠分割; 但若初始轮廓线过大则又可能导致图像的过分割。从而影响结果的准确性。为了解决这个问题, 我们先放一个小的轮廓线, 看其生长的时候是否有部分不变化, 如果是, 则说明初始轮廓太小, 扩大初始轮廓线并继续使用此算法。

### 参考文献

- 1 张习文, 蔡士杰, 高晓. 基于特征块的细胞核提取方法[J]. 计算机学报, 2003, 26(12): 1781~1784
- 2 李天庆. snake 模型综述[J]. 计算机工程, 2005, 31(9): 1~3
- 3 Xu C, Prince J L. Snakes, shapes, and gradient vector flow [J], IEEE Trans. Image Processing, 1998, 7(12): 359~369
- 4 Anoraganingrum D. Cell Segmentation with Median Filter and Mathematical Morphology Operation [A]. In: Proceeding International Conference on Image Analysis and Processing [C], 1999. 1043~1046
- 5 Xu C, Prince J L. Generalized gradient vector flow external force for active contours [J]. Signal Processing, 1998, 71(5): 131~139
- 6 Loregt S, Viergever M A. A Discrete Active Contour Model [J]. IEEE Trans Med Imag, 1995, 14: 12~24
- 7 Theerapattanukul J, Plodpai J, Pintavirooj C. An efficient method for Segmentation step of automated white blood cell classifications [J]. TENCON 2004 (2004 IEEE Region 10 Conference), Volume A, Nov. 2004. 191~194
- 8 高仁发, 王润生, 等. 基于能量活动曲线的肾脏超声图象的边界提取[J]. 计算机工程与科学, 2002, 24(5): 71~73