

# 基于 Grab Cut 和八方向链码法的 藻类细胞轮廓提取算法\*

陈 浩, 庞 全

(杭州电子科技大学 生物医学工程与仪器研究所, 浙江 杭州 310018)

**摘要:**为了解决藻类细胞轮廓提取的困难,提出了一种不同于传统方法的新的边缘提取算法。首先对图像进行 Grab Cut 处理,然后进行阈值法二值化,接着用八方向链码法轮廓跟踪,最后用傅立叶描述子进行边界平滑。实验结果表明,该算法不仅忽略了藻类细胞内部杂乱的纹理,还较好地保留了细胞边缘信息,精确地提取了外部轮廓。

**关键词:**Grab Cut; 八方向链码法; 傅立叶描述子; 藻类图像分割

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)08-0108-04

## Algae cell contour extraction algorithm based on Grab Cut and the 8-direction chain code edge tracking method

CHEN Hao, PANG Quan

(Institute of Biomedical Engineering and Instrument, Hang Zhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** To solve the problem in algae cell contour extraction, a novel algorithm of image edge detection which is different from the existing algorithms was proposed. Firstly, the Grab Cut algorithm was applied to the filtered image. Afterward, the Threshold method was used to get a binary image. Then, the 8-direction chain code edge tracking algorithm was used to track the edge, at last Fourier descriptors were applied for boundary smooth. Experimental results show that the algorithm can not only neglect the complex inner texture but also preserve the edge information of algae cell completely, precisely extract the external contour.

**Key words:** Grab Cut; 8-direction chain code edge tracking algorithm; Fourier descriptors; algae cells image segmentation

## 0 引 言

藻类是河流、湖泊、海洋等水体的主要初级生产者,也是水生生物资源的重要组成部分,藻类中还含有丰富的营养物质和微量元素,藻类研究对食品、农业、水产养殖等领域有着重要意义。另一方面,藻类又是赤潮等自然灾害的肇事者,赤潮的发生每年给全世界造成大面积的环境破坏和巨大的经济损失。因此,如何建立既符合国家标准又简单、快速、准确、方便的藻类细胞分析、统计技术,成为当前藻类分析、识别和统计的重要课题。

基于图像检测法因为具有检测速度快;检索精度高;劳动强度小等优势,成为藻类分析方法的总体趋势。但基于图像的藻类细胞检测方法主要存在的困难是:①细胞图像中细胞与背景之间灰度差别较低,为细胞的准确分割带来了一些难度。对于背景均匀的饱和度和图像来说,可应用阈值分割技术,但会出现目标粘连和边界不准确。对于背景不均匀的图像则难以使用阈值技术。②细胞内部物质成分复杂、分布不均匀的现象,可能会对边界的确定带来干扰,某些细胞内灰度低于边界周围背景灰度,出现“在某些区域内背景灰度高于体细胞灰度”的现象。③细胞移动、形态变化而伴随的细胞边缘和背景间的差异因素对细胞图像的质量及图像的有效分割都会产生影响。一幅图像中可能

收稿日期: 2009-10-26

基金项目: 浙江省科技计划重点资助项目(2006C23047)

作者简介: 陈 浩(1985-),男,河南信阳人,主要从事图像处理与模式识别方面的研究. E-mail: chen hao620@126.com

通信联系人: 庞 全,男,教授. E-mail: pq5142@163.com

存在细胞灰度分布的不均匀性,难于确定分割阈值。④部分藻类细胞形状不规则,边界不连续。⑤多个细胞在空间分布上可能存在相互连接,相邻边界紧密重叠,难以确定真实边界。

藻类细胞的以上特点使得一般的图像分割算法对藻类图像难以实现有效分割。

本研究针对目前基于图像的藻类细胞检测方法存在的问题,提出基于 Grabcut 和八方向链码法的藻类细胞轮廓提取算法,并进行实验分析。

## 1 滤波处理

滤波处理的主要目的是用来减小热电子噪声、采样、量化、传输以及图像采集过程中环境的扰动在藻类图像中产生的噪声和其他不良影响。目前图像噪声滤除大致包括均值滤波,中值滤波,加权中值滤波等常规方法,它们在滤除噪声方面发挥了重要作用。由于成像物体和成像设备的原因,造成电子显微镜下获得的藻类图片含有脉冲噪声,本研究选用中值滤波来达到图像平滑的目的。其好处是在抑制随机噪声的同时使边缘减少模糊,并且对于滤除脉冲干扰和图像扫描噪声最为有效<sup>[1]</sup>。

## 2 Grab Cut 算法的理论基础

Grab Cut 方法是在 Graph Cuts 方法的基础上作了以下几方面的改进:①利用高斯混合模型(Gaussian Mixture Model, GMM)<sup>[2]</sup>取代直方图来描述前景与背景像素的分布,由对灰度图像的处理上升到对彩色图像的处理;②利用迭代方法求取高斯混合模型中的各个参数替代了一次最小化估计来完成能量最小化的计算过程;③通过非完全标记方法,减少了用户在交互过程中的工作量,用户只需利用矩形框标记出背景区域即可<sup>[3]</sup>。在 RGB 空间上的彩色图像,要创建足够的彩色空间上的直方图来描述像素点的分布是不实际的,所以引入高斯混合模型取代直方图,以建立彩色图像的数据模型。利用高斯混合模型的各个参数构成 Grab Cut 方法的数学模型<sup>[4]</sup>,用于分割的吉布斯能量公式便成为:

$$E(\alpha, k, \theta, Z) = U(\alpha, k, \theta, Z) + V(\alpha, Z) \quad (1)$$

能量公式主要依赖于作为高斯混合模型的参数  $k$ 。根据高斯混合模型,数据项  $U$  可以被定义为:

$$U(\alpha, k, \theta, Z) = \sum D(\alpha_n, k_n, \theta, Z_n) \quad (2)$$

式中  $D(\alpha_n, k_n, \theta, Z_n) = -\log p(Z_n | \alpha_n, k_n, \theta) - \log w(\alpha_n, k_n)$ , 其中  $p(\cdot)$  是高斯概率分布,  $w(\cdot)$  是该高

斯模型的样本数在总样本中权值,所以数据项也可以写成以下这种形式<sup>[5]</sup>:

$$D(\alpha_n, k_n, \theta, Z_n) = -\log w(\alpha_n, k_n) + \frac{1}{2} \log \det \sum (\alpha_n, k_n) + \frac{1}{2} [Z_n - \mu(\alpha_n, k_n)]^T + \sum (\alpha_n, k_n)^{-1} [Z_n - \mu(\alpha_n, k_n)] \quad (3)$$

因此,高斯混合模型的参数模型为:

$$\theta = \{w(\alpha, k), \mu(\alpha, k), \sum (\alpha, k), \alpha = 0, 1; k = 1, \dots, k\} \quad (4)$$

式中  $w(\alpha, k)$ — 每个高斯概率分布的样本数量在总样本数量中的权值;  $\mu(\alpha, k)$ — 高斯模型的均值;  $\sum (\alpha, k)$ — 协方差;  $\alpha$ — 不透明度 Alpha 值;  $k$ — 高斯混合模型参数<sup>[6]</sup>。

## 3 融合 Grab Cut 与八方向链码法的图像分割方法

### 3.1 Grab Cut 方法的基本算法

#### 3.1.1 初始化过程

(1) 用户仅需要通过设置背景区域 TB 来初始化三分图 T。前景区域 TF 设置为空,未知区域 TU 设置为背景区域 TB 的补集。

(2) 对于所有背景区域的像素,将它们 Alpha 值设置为 0,即  $\alpha = 0$ ;对于未知区域的像素点,将它们 Alpha 值设置为 1,即  $\alpha = 1$ 。

(3) 分别用  $\alpha = 0$  和  $\alpha = 1$  这两个集合来初始化创建前景与背景的高斯混合模型<sup>[7]</sup>。

#### 3.1.2 迭代最小化过程

(1) 为未知区域中的每个像素点  $n$  设置高斯混合模型参数:

$$k_n = \arg \min_{k_n} D_n(\alpha_n, k_n, \theta, Z_n) \quad (5)$$

(2) 由图像中各个像素的数据求得高斯混和模型参数  $\theta$ :

$$\theta = \arg \min_{\theta} U(\alpha, k_n, \theta, Z_n) \quad (6)$$

(3) 利用最小化能量来得到初始分割:

$$\min_{\{\alpha_n; n \in TU\}} \min_k E(\alpha, k, \theta, Z) \quad (7)$$

(4) 回到步骤(1)重复执行,直到收敛为止;

(5) 进行边界优化。

### 3.2 二值化处理

Grab Cut 处理后,需将图像进行二值化处理,将图像的有效点给分离出来,然后将图片用 0 和 1 两个值进行表示,通过对灰度图像二值化处理,能够凸现出感

兴趣目标的轮廓,便于进行下一步处理工作。

### 3.3 八方向链码法轮廓跟踪

对于得到的二值图像,采用八邻域的边界跟踪法寻找各细胞区域的闭合边界:首先对扫描到的第一个轮廓的第一个边界点,记录此点坐标,从此点开始,定义初始的搜索方向为左上;如果左上方的点是黑点,则为边界点。否则搜索方向顺时针旋转 45°,若上方的点仍不是黑点,搜索方向再顺时针旋转 45°,直到找到黑点,即第 2 个边界点。记录此点坐标后将这个黑点作为基点,在当前搜索方向的基础上,逆时针旋转 90°,继续用上述方法搜索下一个黑点,直到返回最初的边界点为止,如图 1 所示。将此轮廓包含的区域的灰度值设为背景色 0,重复以上步骤,可继续寻找下一个胞核的轮廓。

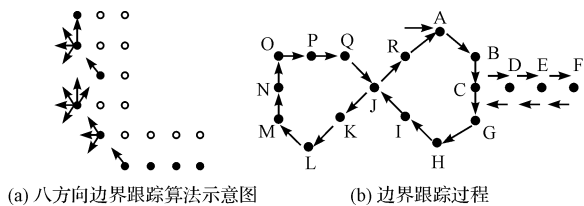


图 1 边界跟踪示意图

由得到的轮廓坐标,容易计算出各胞核区域的面积。为减少毛刺和小区域对区域匹配的干扰,增强匹配精度,预设一个面积最小阈值,将面积小于阈值的区域从链表中去掉。这样就能得到较为完整的藻类细胞轮廓。

### 4 基于傅立叶描述子的轮廓平滑

在获得完整的细胞图像轮廓后,需要进一步对轮廓进行平滑。本研究采用傅立叶描述子来平滑轮廓。

傅立叶描述子的基本思想<sup>[8]</sup>:

(1) 对于 XY 平面上的每个边界点,将其坐标用复数表示为:

$$s(k) = x(k) + jy(k) \quad k = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (8)$$

(2) 进行离散傅立叶变换:

$$a(u) = \sum_{k=0}^{N-1} s(k) e^{-j2\pi uk/N} \quad u = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (9)$$

系数  $a(u)$  被称为边界的傅立叶描述子,这些系数的傅立叶逆变换可恢复  $s(k)$ ,即:

$$s(k) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} a(u) e^{j2\pi uk/N} \quad k = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (10)$$

(3) 选取整数  $M \leq N - 1$ ,进行逆傅立叶变换(重构):

$$\hat{s}(k) = \frac{1}{M} \sum_{u=0}^{M-1} a(u) e^{j2\pi uk/N} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N - 1 \quad (11)$$

这时,对应于边界的点数没有改变,但在重构每一个点时所需要的计算项大大减少了。在上述方法中,相当于对于  $u > M - 1$  的部分舍去不予计算。由于傅立叶变换中高频部分对应于图像的细节描述, $M$  取得越小,细节部分丢失得越多。选择合适的参数值,即可取得边界平滑效果。

## 5 实验结果

### 5.1 角星鼓藻的实验结果

角星鼓藻是蓝藻门下一属藻类,一般为单细胞,呈圆形、椭圆形、圆柱形、近三角形、四角形、梯形或楔形等。角星鼓藻的实验结果如图 2 所示。

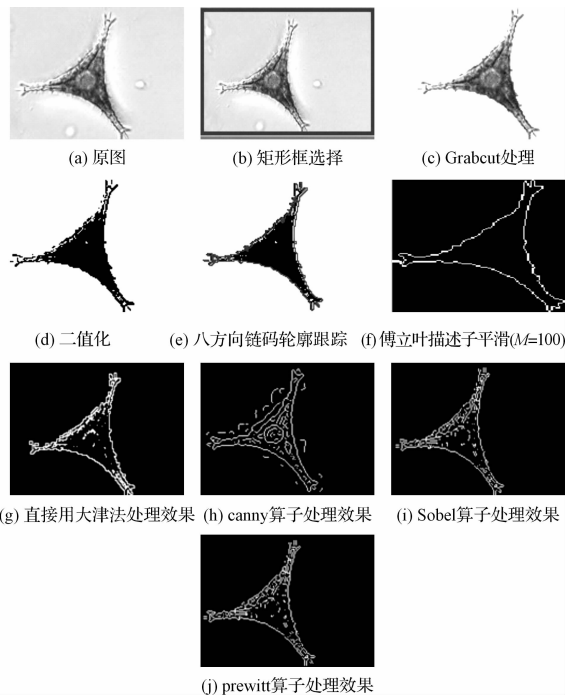


图 2 角星鼓藻的实验结果图

可以看到,图 2(a) 中不仅含有藻类细胞,而且含有杂物杂质,通过 Grab Cut 处理,杂物杂质能够被很好地去除,通过法链码跟踪轮廓并用傅立叶描述子平滑,提取到了较为精确的藻类细胞外部轮廓。

### 5.2 蓝隐藻的实验结果

蓝隐藻是隐藻门隐藻纲的一属,细胞呈椭圆形、近球形、圆柱形或纺锤形。前端斜截或平直,先端钝圆或渐尖,背腹扁平,纵沟或口沟常不明显。颜色一般呈蓝色到蓝绿色<sup>[9]</sup>。蓝隐藻的实验结果如图 3 所示。

(下转第 126 页)

### 3 结束语

本研究基于 MSRS 设计并实现了灵活、实时和交互式的机器人仿真系统,充分利用了 MSRS 的优点,实时、精确地实现仿人机器人的仿真。同时根据 MSRS 的缺陷做出改进,针对“MSRS 需要编写复杂代码来定义机器人模型”的问题,设计了 MDS 子系统支持简单方便的机器人模型定义。仿真系统产生的机器人运动学和动力学数据可以辅助实体机器人的设计和制造。另外系统也存在两点不足:现实的仿人机器人的驱动器和传感器结构非常复杂,同时存在噪声等因素,而 MSRS 中的驱动器和传感器相对简单,无法完全满足现实机器人仿真的要求;另外,MSRS 中的环境模型定义困难,需要对特定对象编写服务,这些都是笔者在下一阶段工作中要改进和完善的地方。

#### 参考文献 (References):

- [1] 蔡自兴. 机器人学[M]. 北京:清华大学出版社,2000.  
[2] 孙增圻. 机器人系统仿真及应用[J]. 系统仿真学报,

- 1995,7(3):23-29.  
[3] 杨春光,赵世平,陆小龙,等. 基于虚拟样机技术的攀爬机器人仿真分析[J]. 机械,2009,36(2):73-75,78.  
[4] 龚建球,刘守斌. 基于 ADAMS 和 Matlab 的自平衡机器人仿真[J]. 机电工程,2008,25(2):8-10.  
[5] 赵玉麟,张崇军,张虎子. 基于 ADAMS 和 Matlab 的导引头机电系统仿真[J]. 弹箭与制导学报,2009(4):77-79.  
[6] 谢海斌,张代兵,沈林成. 基于 Matlab/Simulink 与 FLUENT 的协同仿真方法研究[J]. 系统仿真学报,2007(8):86-90.  
[7] 樊雅萍,黄生学,温佩芝,等. 基于 OpenGL 的机器人虚拟漫游系统开发[J]. 系统仿真学报,2005,17(10):36-38.  
[8] 田华英,吴秋轩,曹广益. 基于 Java 3D 的自重构机器人仿真平台的构建[J]. 计算机仿真,2006,23(11):271-274.  
[9] 郭姣,蒋海青. 利用 AutoCAD 与 Matlab 进行机器人仿真系统的开发[J]. 计算机仿真,2003,20(9):121-123.  
[10] 熊国辉. 基于 OpenGL 技术 6R 机器人的仿真[D]. 北京:北京邮电大学自动化学院,2006.  
[11] 井上健司,西滨祐介,坂田幸太郎. 可完成操作任务的仿人机器人的全身运动生成[J]. 日本机器人学会誌,2005,23(8):967-976.  
[12] Microsoft Corporation. Microsoft Robotics Developer Studio 2008 Standard Edition[M]. Microsoft Corporation,2008.

[编辑:张翔]

(上接第 110 页)

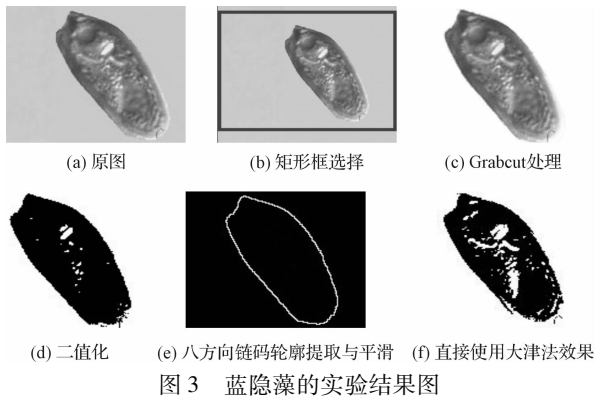


图 3 蓝隐藻的实验结果图

由图 3 可见,融合 Grab Cut 与八方向链码法的图像分割方法在实验效果上要优于直接使用大津法的试验效果,不仅忽略了藻类的内部纹理,提取的轮廓也更加清晰。

### 6 结束语

从角星鼓藻和蓝隐藻的实验结果可以看出,本研究所用方法比直接使用大津法的效果要好很多,更能达到忽略藻类内部纹理的目的。提取的藻类轮廓也更加清晰、精确。与 Canny、Sobel、Prewitt 等算子处理效果相比,忽略内部纹理,提取精确外部轮廓的优势更加明显。

Grab Cut 可以通过仅仅给予一个矩形框的输入便可以对图像进行分割,与先前一些算法相比减少了用

户交互所需要的工作量。

#### 参考文献 (References):

- [1] 游迎荣,范影乐. 基于邻域信息的图像自适应滤波[J]. 杭州电子科技大学学报,2005,25(3):82-85.  
[2] 朱碧婷,郑世宝. 基于高斯混合模型的空间域背景分离法及阴影消除法[J]. 中国图象图形学报,2008,13(10):1907-1909.  
[3] ROTHER C, KOLMOGOROV V, BLAKE A. Grabcut-interactive foreground extraction using iterated graphcuts[J]. **ACM SIGGRAPH Transactions on graphics**, 2004, 23(3):309-314.  
[4] KOLMOGOROV V, ZABIH R. What energy functions can be minimized via graphcuts[J]. **IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE: Proceeding of the 2004 SIGGRAPH Conference**, 2004, 26(2):147-159.  
[5] 穆亚东,周秉锋. 基于颜色和纹理信息的快速前景提取方法[J]. 计算机学报,2009,32(11):2252-2257.  
[6] 孙凡,张桦,尤德祥,等. Grab Cut 数字抠图方法的研究与实现[J]. 天津理工大学学报,2008,24(2):42-45.  
[7] ROTHER C, KOLMOGOROV V, BLAKE A. “GrabCut”-interactive foreground extraction using iterated Graph Cuts [EB/OL]. [2004-05-20] [2008-01-03]. <http://research.microsoft.com/vision/Cambridge/papers/siggraph04.pdf>.  
[8] GONZALEZ R, WOODS R. Digital Image Processing (Second Edition)[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002.  
[9] 施之新. 中国淡水藻志[M]. 北京:科学出版社,2004.

[编辑:李辉]