

# 基于图像边缘信息的2维阈值分割方法

王玥玥 王秋光

(哈尔滨理工大学电气与电子工程学院, 哈尔滨 150040)

**摘要** 为了改善2维阈值分割性能,提高图像分割的效率,在传统2维Otsu阈值分割算法的基础上,提出了一种基于图像边缘信息的2维阈值分割方法。这种改进的方法保留了2维Otsu阈值分割算法分割结果准确的优点,并在此基础上充分利用图像的边缘信息,通过分析图像的边缘直方图和阈值的关系来得到最优分割阈值。仿真实验结果表明,该方法与传统2维分割算法相比,不仅计算简单,而且实时性好。

**关键词** 2维阈值 图像分割 2维灰度直方图

中图分类号: TN911.73 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2007)01-0078-04

## A Two-dimensional Thresholding Method Based on the Information of Image Edge

WANG Yue-yue, WANG Qiu-guang

(College of Electrical & Electronic Engineering of Harbin University of Science & Technology, Harbin 150040)

**Abstract** In this paper, a new two-dimensional(2D) thresholding method is proposed in order to improve the efficiency of image segmentation. Based on the characteristic of two-dimensional histogram of image and the requirement of segmentation, one of the two dimensions is the pixel's gray value and the other is its neighboring average gray value. The proposed method utilizes the important edge histogram of the image to segment it, while based on the traditional two-dimensional(2D) Otsu thresholding algorithm. According to the foreknowledge about the relationship of the edge pixel histogram and the threshold vector( $s, t$ ), the proposed method derives the optimal threshold vector( $s_{best}, t_{best}$ ), by looking for the valley value existing between two peaks in the edge histogram. Emulational experiments show that, compared with the traditional two-dimensional(2D) Otsu algorithm, the presented method reduces computation complexity greatly and reduces the running time of the algorithms, while retains the advantage of the traditional two-dimensional(2D) OTSU algorithm, such as nonparametric, unsupervised, high performing quality and so on. It can be seen from the emulational result of cellular images that both the improvement and real-time quality of the proposed method are valid.

**Keywords** two-dimensional thresholding, image segmentation, two-dimensional gray histogram

## 1 引言

图像分割是图像处理和前期视觉中的基本技术,也是大多数图像分析及视觉系统的重要组成部分<sup>[1]</sup>。所谓图像分割就是指将图像中具有特殊意义的不同区域分离开,这些区域相互不重叠,且每个区域满足灰度、纹理等特征的某种相似性准则。

阈值化是图像分割的一种主要方法<sup>[2]</sup>,传统的分割方法大都是根据图像的1维灰度直方图来选择阈值<sup>[1]</sup>。由于图像的1维灰度直方图仅反映了图像的灰度分布,并不能反映图像像素之间的空间相关信息,当图像的信噪比降低时,使得仅利用1维灰度直方图选出的阈值——单阈值分割算法就可能产生很多分割错误<sup>[2,3]</sup>。

近几年以来,已开始利用图像的2维灰度直方

收稿日期:2005-01-05;改回日期:2005-11-28

第一作者简介:王玥玥(1981~),女,2003年获哈尔滨理工大学学士学位,2006年获哈尔滨理工大学信号与信息处理专业硕士学位,现为北京信息职业技术学院教师。主要研究方向为图像处理。E-mail:yueyuew\_2008@163.com

图——像素的灰度分布和邻域的平均灰度值分布所构成的直方图来进行阈值分割<sup>[2,3]</sup>,图 1 为一幅显微细胞图像的 2 维直方图。由图 1 可知,由于 2 维灰度直方图充分考虑了图像的灰度值信息和邻域的空间信息,从而 2 维阈值分割算法的分割效果较单阈值分割算法有明显改善。

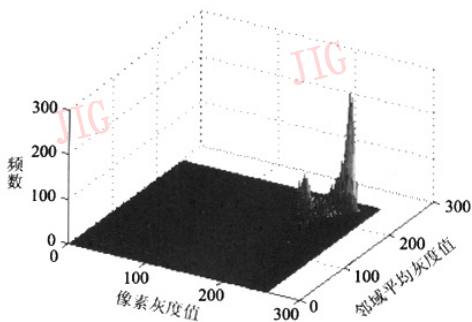


图 1 2 维灰度直方图  
Fig. 1 Two dimensional gray histogram

为了克服 2 维阈值算法计算复杂、运行时间长、存储空间大等缺点,人们又提出了大量改进的快速算法,如 2 维自适应阈值分割算法的改进<sup>[4]</sup>,即通过划定求取阈值的有效区域来减少求取阈值的循环次数;又如将遗传算法应用于 2 维直方图分割,即利用遗传算法的快速寻优的特点来达到提高 2 维分割算法效率的目的<sup>[5]</sup>;以及对模糊聚类方法进行改造,并将其与 2 维阈值分割算法相结合,以实现 2 维快速分割的方法<sup>[6]</sup>等一系列快速算法。

为了有效地解决 2 维阈值算法计算复杂、实时性差的问题,以满足显微图像处理系统及一些实时性要求较高的图像处理系统的要求,本文在文献[7]提出的最大类间方差分割方法(简称 2 维 Otsu 阈值分割算法)的基础上提出了一种利用图像的边缘 2 维直方图寻找最优阈值的方法。

## 2 传统 2 维阈值分割算法

2 维阈值分割算法是利用图像中各像素的灰度值分布及其邻域的平均灰度值分布所构成的 2 维直方图来进行图像分割,其原理如下:

设图像的灰度级分为  $L$  级,则相应的像素的邻域平均灰度也分为  $L$  级。在每个像素点处计算其邻域平均灰度<sup>[8]</sup>,由此形成一个 2 元组,记为  $(i, j)$ ,其表示像素点处的灰度值和它的邻域的平均灰度值,

设 2 元组  $(i, j)$  出现的频数为  $f_{i,j}$ ,则可以定义相应的联合概率密度  $p_{i,j}$  为

$$p_{i,j} = f_{i,j}/N \quad (1)$$

其中,  $i, j = 1, 2, \dots, L, N$  为图像中总的像素点数,并且

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L p_{i,j} = 1 \quad (2)$$

若以 2 维矢量  $(s, t)$  作为阈值来分割图像( $s$  为像素灰度,  $t$  代表邻域灰度),则图像的 2 维直方图可被分为 4 块(如图 2 所示)。假设图像的背景灰度高于目标灰度,区域 I 和区域 II 中像素的灰度值与邻域的平均灰度值接近,其分别对应于目标区和背景区,而区域 III 和区域 IV 为目标区和背景区的分界邻域处,该区像素的灰度值与邻域的平均灰度值相差较大,其对应的为目标的边缘和噪声。

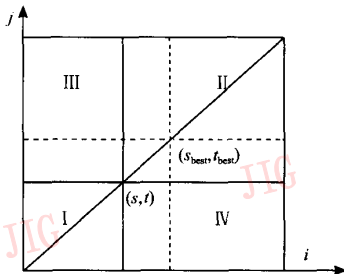


图 2 2 维灰度直方图的 1 维投影图  
Fig. 2 The projection of the two dimensional gray histogram

由于传统 2 维分割方法均假设远离直方图对角线的目标和背景出现的概率可忽略不计,从而首先假设区域 III 和区域 IV 两区像素的联合概率近似为零<sup>[4]</sup>;然后基于区域 I 和区域 II 两区(目标和背景区)的像素灰度寻找准则<sup>[3,8,9]</sup>来分开目标和背景,如 2 维 Otsu 算法采用最大类间离散度来进行分割<sup>[4]</sup>,而 2 维熵分割方法则采用最大类间熵进行分割<sup>[5]</sup>以及基于 2 维灰度直方图的距离判别方法<sup>[9,10]</sup>等。

## 3 基于边缘信息的 2 维分割方法

由于图像中像素灰度和邻域的平均灰度 2 元组共有  $L^2$  种可能的组合,从而使得传统的 2 维 Otsu 算法在有限字长的情况下,计算复杂度提高、实时性降低。

本文提出的方法是利用 III、IV 两区中提供的边缘信息,通过限定分割阈值  $(s, t)$  的取值范围,改善

2 维 Otsu 算法的计算性能,其实现原理如下:

统计 2 维直方图(图 2)中区域 III、IV 两区域像素点出现的概率分别为

$$p_{\text{III}} = \sum_{i=1}^s \sum_{j=t_1}^t p_{i,j} \quad (3)$$

$$p_{\text{IV}} = \sum_{i=s}^t \sum_{j=1}^{t_1} p_{i,j} \quad (4)$$

假定图像为背景灰度高于目标,则由式(3)、式(4)即可得到相应于图像的内外边缘直方图(如图 3、图 4 所示),其分别为显微细胞图像的内外边缘区域的 2 维直方图。从图中可以看出,内外边缘区域两直方图中都存在明显的谷点,即像素出现概率最小的点。对直方图进行直方图平滑等一些预处理,可消除穗状脉冲干扰,然后就可采用最小值准则来分别寻找与两个峰之间的谷点对应的 2 元组  $(s_1, t_1)$ 、 $(s_2, t_2)$ 。这两个 2 元组将图像分成目标、背景与与目标背景相接近的内外边缘区域,接下来只需在内外边缘区域寻找分割阈值  $(s, t)$ ,再采用 2 维 OTSU 阈值算法中的最大类间离散度准则<sup>[4]</sup>即可对边缘区域进行分割。

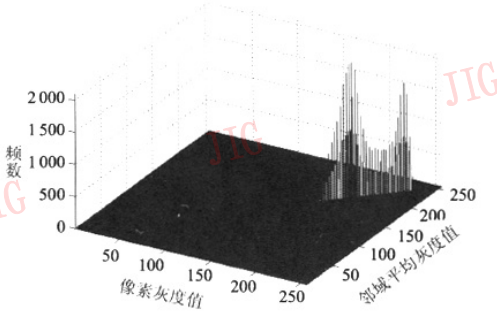


图 3 图像内边缘区域直方图

Fig. 3 Histogram of the image's interior edge area

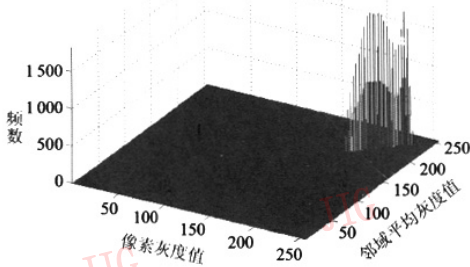


图 4 图像外边缘区域直方图

Fig. 4 Histogram of the image's exterior edge area

设阈值  $(s, t)$  将内外边缘区域分为目标  $C_o$  (以下上下角 o 代表 object) 和背景  $C_b$  (以下上下角 b 代表 back) 两类,则这两类出现的总概率分别为:

$$\omega_o = p(c_o) = \sum_{i=s_1}^s \sum_{j=t_1}^t p_{i,j} \quad (5)$$

$$\omega_b = p(c_b) = \sum_{i=s+1}^{s_2} \sum_{j=t+1}^{t_2} p_{i,j} \quad (6)$$

两类对应的均值矢量为

$$\mu_o = (\mu_i^o, \mu_j^o)^T = \left( \sum_{i=s_1}^s \sum_{j=t_1}^t ip_{i,j}/\omega_o, \sum_{i=s_1}^s \sum_{j=t_1}^t jp_{i,j}/\omega_o \right)^T \quad (7)$$

$$\mu_b = (\mu_i^b, \mu_j^b)^T = \left( \sum_{i=s+1}^{s_2} \sum_{j=t+1}^{t_2} ip_{i,j}/\omega_b, \sum_{i=s+1}^{s_2} \sum_{j=t+1}^{t_2} jp_{i,j}/\omega_b \right)^T \quad (8)$$

内外边缘区域总的均值矢量为

$$\mu_{\text{total}} = (\mu_i^{\text{total}}, \mu_j^{\text{total}})^T = \left( \sum_{i=s_1}^{s_2} \sum_{j=t_1}^{t_2} ip_{i,j}, \sum_{i=s_1}^{s_2} \sum_{j=t_1}^{t_2} jp_{i,j} \right)^T \quad (9)$$

定义一个类间离散度矩阵

$$S_B = p(c_o) [(\mu_o - \mu_{\text{total}})(\mu_o - \mu_{\text{total}})^T] + p(c_b) [(\mu_b - \mu_{\text{total}})(\mu_b - \mu_{\text{total}})^T] \quad (10)$$

若使用  $S_B$  (下角 B 代表 between) 的迹作为类间的离散度测度,则有

$$\text{tr}S_B = \frac{[\mu_i^{\text{total}} \omega_o(s, t) - \mu_i(s, t)]^2 + [\mu_j^{\text{total}} \omega_o(s, t) - \mu_j(s, t)]^2}{\omega_o(s, t) [1 - \omega_o(s, t)]} \quad (11)$$

且最佳阈值  $(s_{\text{best}}, t_{\text{best}})$  满足

$$\text{tr}S_B(s_{\text{best}}, t_{\text{best}}) = \max_{s_1 \leq i \leq s_2, t_1 \leq j \leq t_2} \{ \text{tr}S_B(s, t) \} \quad (12)$$

## 4 仿真与分析

针对上述提出的基于边缘的 2 维阈值分割方法进行了计算机仿真,并采用 2 维 Otsu 算法和本文提出的方法对一幅多形核白细胞显微图像进行分割,结果如图 5 所示。其中图 5(a)为原始细胞图像,为去除噪声对 III、IV 两区域边缘点的干扰,以防止产生假边缘,计算机仿真时,首先对原始图像采用快速中值滤波进行预处理来去掉噪声干扰,图 5(b)为对图像进行预处理之后的图像。图 5(c)为用传统 2 维 Otsu 阈值算法对预处理后的图像进行分割的结果,图 5(d)为用本文提出的基于图像边缘信息的方法分割的结果。

为便于观察对比,分割后图像中的细胞区域均

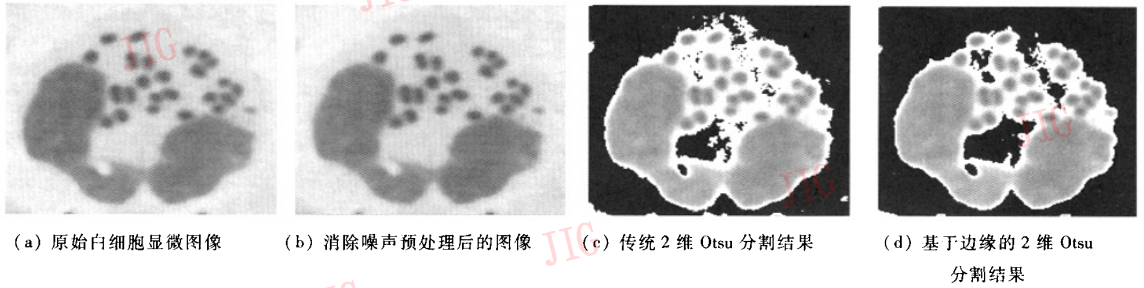


图 5 仿真实验结果

Fig. 5 The result of the emulational experiment

转换为原灰度。传统 2 维阈值算法得到的阈值为 (215, 213), 运行时间为 33s, 而用本文的方法得到的分割阈值为 (220, 220), 运行时间只有 1.6s。可见计算时间降低了 95%, 计算复杂度由  $O(L^4)$  降低到  $O((s_2 - s_1) \times (t_2 - t_1))$ 。

## 5 结论

仿真实验表明,在保证分割质量的同时,由于这种新的方法可以较好地降低 2 维 Otsu 算法的计算复杂度,从而提高了图像分割的运行速度,也满足了实时应用系统的要求。

阈值分割是图像处理中一个非常重要的技术,许多方法各有千秋,往往不能简单地认为某种方法绝对优于另外的方法,必须针对具体情况予以评价。

本文提出这种分割方法的目的是为了改善传统 2 维 Otsu 分割算法的运行效率,以满足显微细胞图像处理等实际应用系统对实时性的要求。不过由于图像 2 维灰度直方图 III、IV 两区同时包含了边缘像素点和噪声点,致使该方法容易受噪声干扰,因此如何有效识别噪声的类型,以便通过对图像进行预处理来去除噪声点的影响将是下一步深入完善该方法的问题。

## 参考文献 (References)

- 1 Sahoo P K, Soltani S, Wong A K C, *et al.* A survey of thresholding techniques[J]. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1988, **41**(2): 233 ~ 260.
- 2 Brink A D. Thresholding of digital images using two-dimensional entropies[J]. *Pattern Recognition*, 1992, **25**(8): 803 ~ 808.
- 3 Zhang Yu-jin. *Image Segmentation* [M]. Beijing: Science Publishing house, 2001. [章毓晋. 图象分割 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.]
- 4 Liang Guang-ming, Liu Dong-hua, Li Bo, *et al.* Improvement of two-dimension adaptive thresholding segmentation algorithm for microscopic cellular images [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2003, **8**(7): 764 ~ 768. [梁光明, 刘东华, 李波等. 用于显微细胞图像二维自适应阈值分割算法的优化 [J]. 中国图象图形学报, 2003, **8**(7): 764 ~ 768.]
- 5 Lu Xin-quan, Li Ning, Chen Shi-fu. Two-dimensional thresholding and genetic algorithms in image segmentations [J]. *Computer Applications and Software*, 2001, **18**(12): 57 ~ 60. [陆新泉, 李宁, 陈世福. 基于二维阈值化和遗传算法的图像分割方法 [J]. 计算机应用与软件, 2001, **18**(12): 57 ~ 60.]
- 6 Bikhesh Sawsan F, Darwish Ahmed M, Tolba Hany A, *et al.* Segmentation and classification of white blood cells [J]. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2000, **19**(3): 2259 ~ 2261.
- 7 Otsu N. Discriminant and least square threshold selection [A]. In: *Proceedings of 4<sup>th</sup> International Joint Conference on Pattern Recognition IAPR* [C], Kyoto, Japan, 1978: 592 ~ 596.
- 8 Venkatesh S, Rosin P L. Dynamic threshold determination by local and global edge evaluation [J]. *Graphical Models and Image Processing*, 1995, **57**(2): 146 ~ 160.
- 9 Sue Wu, Adnan Amin. Automatic thresholding of gray level using multi-stage approach [A]. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR) '2003* [C], Edinburgh, Scotland, 2003: 1238 ~ 1242.
- 10 Wojciech Bieniecki, Szymon Grabowski, Joanna Sekulska, *et al.* Automatic segmentation and recognition of pattern morphological microscopic images [A]. In: *Proceedings of IEEE International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM) '2003* [C], Lviv-Slasko, Ukraine, 2003: 461 ~ 464.