

基于矢量量化和区域生长的彩色图像分割新算法

范静辉 吴建华 刘 晔

(南昌大学信息工程学院电子信息工程系, 南昌 330029)

摘要 针对光照变化和阴影对图像分割的不利影响问题,提出了一种基于矢量量化和区域生长的彩色图像分割新算法。该算法不仅考虑了彩色图像的颜色信息,而且也考虑了彩色图像的空间信息。该算法首先利用一种修改的 GLA 算法对彩色图像进行量化,并根据彩色图像量化的结果选取种子像素;然后基于矢量角相似性准则,并结合像素空间邻接信息,对每一个种子像素进行区域生长;最后利用模糊 C-Means 算法来对未能归类的剩余像素进行分类。实验表明,该算法不仅可以在很大程度上克服光照变化及阴影对图像分割的不利影响,而且分割结果与人的主观视觉感知具有良好的一致性。

关键词 彩色图像分割 矢量量化 种子选取 区域生长

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2005)09-1079-03

A Novel Color Image Segmentation Algorithm Based on Vector Quantization and Region Growing

FAN Jing-hui, WU Jian-hua, LIU Ye

(Department of Electronic Information Engineering, School of Information Engineering, Nanchang University, Nanchang 330029)

Abstract In order to solve the problem of the negative effects of shading and uneven illuminations in the color image on segmentation, this paper proposes a novel algorithm for color image segmentation based on vector quantization and region growing. The algorithm takes into account both color information and spatial information of color images, which avoids the insufficiency of previous methods which have considered either the color information of the image, or the spatial information of the image. Firstly, the color image is quantized by using a modified generalized Lloyd algorithm (GLA), and then selects seed pixels in terms of the quantization results of color images. Secondly, from each seed pixel region growing is performed based on the vector angle similarity criterion. Finally, fuzzy C-means (FCM) algorithm is used to classify the remaining pixels which have not been classified into regions being formed earlier. The experiments show that the negative effects of shading and uneven illuminations in the color image on segmentation can be overcome to a great extent by using the proposed algorithm. Color image segmentation results of the proposed approach hold favorable consistency in terms of human visual perception.

Keywords color image segmentation, vector quantization, seed determination, region growing

1 引言

图像分割一直是计算机图像识别与理解中一个十分活跃的研究领域,是计算机图像理解方法实现的基础,而彩色图像的分割是近些年越来越引起人们重

视的一种图像分割方法。人们已提出了许多种彩色图像分割的方法,其可粗略分为基于直方图的分割技术(阈值分割等)、基于邻域的分割技术(边缘检测等)、基于物理性质的分割技术(颜色聚类等)3类。但是在这些方法中,要么只考虑了图像的颜色信息,要么只考虑了图像的空间信息,都存在一定不足。近

基金项目:江西省自然科学基金项目(0511076)

收稿日期:2004-04-06; 改回日期:2005-01-19

第一作者简介:范静辉(1979 ~),男。2005年获南昌大学硕士学位,现为南昌大学教师,主要从事信号检测与处理研究。E-mail: jinghui@163.com

年来的研究^[1,2]表明,融合多种信息更有利于取得合理的分割结果,也就是说,分割既要在颜色等特征空间内考虑像素的优化分类,又要考虑图像中区域(像素)之间的边缘、邻接关系等空间信息。

本文在文献[2]的基础上,提出用矢量量化方法在彩色空间选取种子像素,然后基于矢量角相似性准则,并结合空间上的邻接关系来进行区域生长,最后利用模糊 C-Means 算法^[3]对未能归类的剩余像素进行后续分类处理。在区域生长过程中,除了计算候选像素与区域的相似性外,还需计算候选像素与相邻像素的相似性,以便更加有效地结合彩色信息和空间信息。图像分割的实验结果表明,该算法不仅可以在很大程度上克服光照变化及阴影对图像分割的不利影响,而且算法的分割结果和人的主观视觉感知具有良好的一致性。

2 种子选取

参照 Deng 确定颜色种类的方法^[4],本文在确定颜色量化的数目以后,再使用矢量量化(vector quantization, VQ)的方法在颜色空间对像素进行划分,并完成颜色量化。

在彩色图像矢量量化的聚类过程中,可采用一种修改的 GLA (generalized Lloyd algorithm) 算法^[4]来量化彩色像素。

聚类 C_i 的聚类失真为 d_i , 其计算公式如下:

$$d_i = \sum_{x,y} w_{x,y} \| \mathbf{Q}_{x,y} - \mathbf{c}_i \|^2, \mathbf{Q}_{x,y} \in C_i \quad (1)$$

其中, x 为像素横坐标, y 为像素纵坐标, C_i 为第 i 个聚类, $\mathbf{c}_i$ 为聚类 C_i 的质心, $\mathbf{Q}_{x,y}$ 为 (x,y) 坐标处像素的颜色矢量, $w_{x,y}$ 为 (x,y) 坐标处像素的加权系数。

加权系数是根据局部像素的统计特性计算出来的。聚类失真的变化取决于聚类质心的改变, 聚类质心的计算公式如下:

$$\mathbf{c}_i = \frac{\sum_{x,y} w_{x,y} \mathbf{Q}_{x,y}}{\sum_{x,y} w_{x,y}}, \mathbf{Q}_{x,y} \in C_i \quad (2)$$

彩色图像量化以后,即可定义符合以下条件的像素为形成区域:量化以后颜色相同、空间上八连通、连通像素达到一定面积(设定为图像面积的 0.01%)。最后,只需在原彩色图像中,对应于前面形成的每个区域,都选取一个合适的像素作为种子像素即可。种子像素选取方法如下:①计算原彩色图像中对应区域的颜色均值;②在原彩色图像的对

应区域中找一个像素,如果该像素与颜色均值的距离最小,那么这个像素就可作为该区域的种子像素。

3 区域生长

本文算法是采用矢量角相似性^[5]准则来进行区域生长。大家知道,矢量角相似性准则是一种阴暗恒常的彩色相似性准则,也就是说,在利用该准则进行区域生长的过程中,其对亮度变化不敏感,但是该准则对色度和饱和度变化却较为敏感,而欧氏距离相似性准则就不具有这种特性,可见这种特性是矢量角相似性准则的一个优点。

本文算法中使用的矢量角计算公式如下:

$$\sin \theta = \left[1 - \left(\frac{\mathbf{V}_{x,y}^T \mathbf{V}_{\text{seed-region}}}{\|\mathbf{V}_{x,y}\| \times \|\mathbf{V}_{\text{seed-region}}\|} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

其中, $\mathbf{V}_{x,y}$ 为 (x,y) 坐标处像素的颜色矢量, $\mathbf{V}_{\text{seed-region}}$ 为种子区域特征矢量, θ 为 $\mathbf{V}_{x,y}$ 与 $\mathbf{V}_{\text{seed-region}}$ 之间的夹角。

另外,本文算法是利用种子区域协方差矩阵的主分量作为彩色图像的种子区域特征矢量,在这里,种子区域协方差矩阵的主分量就是该协方差矩阵最大的特征值所对应的特征矢量。

本文算法中使用的协方差矩阵计算公式为

$$\mathbf{P} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\mathbf{V}_i - \mathbf{V}_{\text{seed}})(\mathbf{V}_i - \mathbf{V}_{\text{seed}})^T \quad (4)$$

其中, $\mathbf{P}$ 是种子区域协方差矩阵, N 是种子区域中像素数目总数, $\mathbf{V}_i$ 是种子区域中第 i 个像素的颜色矢量, $\mathbf{V}_{\text{seed}}$ 是这个种子区域的种子像素颜色矢量。

4 图像分割

分割步骤如下:

(1) 按照第 2 节中所述方法,在彩色图像中选取种子像素;

(2) 根据 Wesolkowski 提出的方法^[2],从每一个种子像素生成一个区域,但在利用矢量角相似性准则进行区域生长的过程中,需要计算以下两个相似性:一个是种子区域特征矢量与候选像素(与种子区域新生长进来的像素八连通的像素)之间的相似性,另一个是候选像素与种子区域中和候选像素最邻近的像素之间的相似性,如果前一个相似值低于门限 T_1 ,同时后一个相似值也低于门限 T_2 ,那么就将候选像素并入种子区域,门限 T_1 与 T_2 为经验

数据,由实验确定;

(3) 对区域生长以后没有被分类的少量像素,可再利用模糊 C-means 算法^[5]对剩余像素进行分类,最后,计算每个区域的颜色均值,并把该颜色均值分配给区域中的每个像素。

5 实验结果和结论

为了验证本文算法的效果,在奔腾4主频1.7G微机上,对Lena图像(图版I图1(a),24bpp,512×512)、Peppers图像(图版I图2(a),24bpp,512×512)和鄱阳湖图像(图版I图3(a),24bpp,738×741)3张彩色图像进行了分割实验。Lena、Peppers和鄱阳湖图像的颜色量化数分别为17、20和36,种子点数分别为295、204和584,阈值分别为: $T_1=0.3954$, $T_2=0.15$; $T_1=0.6752$, $T_2=0.15$; $T_1=0.65$, $T_2=0.15$ 。图像分割结果分别如图版I图1(b)、图2(b)和图3(b)所示。

由图像分割结果可以看出,本文算法的分割结果基本上与人的视觉颜色感觉相一致,且在很大程度上克服了光照不均匀的影响。例如图版I图1(b)箭头所指的Lena肩部区域,理论上应该只有一种颜色,但由于原图光照反差太大,致使结果分成左右两种颜色,但没有错分割成更多的颜色。图版I图2(b)上箭头所指的两个区域,原图由于阴影造成光照不均匀,而分割结果则克服了这种光照不均匀的影响,并成功地为自己分配了一种颜色。鄱阳湖图像是遥感图像,由于其图像的分辨率掩盖了光照不均匀或阴影的问题,因此分割结果是令人

满意的。由于本文的分割目的是分割鄱阳湖的水面,在选择颜色数的时候充分考虑了这个要求,而颜色数的限制又使得在分割出水面的同时,抑制了其不重要的图像细节,因此对水面的分割与视觉分析的结果非常吻合。

总之,本文提出了一种基于矢量量化和区域生长的彩色图像分割新算法,由于该算法同时考虑了图像的颜色信息和空间信息,因此分割结果和人的主观视觉感知具有良好的一致性,实验结果令人满意,同时也验证了本方法的可行性和正确性。由于该算法对种子点的依赖性较大,因此在未来的工作中,应研究选取种子点的最佳方法,以便使分割性能得到进一步的提高。

参考文献(References)

- 1 Sonka M, Hlavac V, Boyle R. Image Processing, Analysis, and Machine Vision [M]. Washington, USA: International Thomson Publishing, 2002.
- 2 Wesolkowski S, Fieguth P. Color image segmentation using a region growing method[A]. In: the 9th Congress of the International Color Association[C], Edmonton, Canada, 2001.
- 3 詹劲峰, 戚飞虎, 王海龙. 基于人眼视觉特性的彩色图像分割方法[J]. 计算机工程, 2001, 27(2): 68~69.
- 4 Deng Y, Kenney C, Moore M S, et al. Peer group filtering and perceptual color image quantization[A]. In: Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems[C], Orlando, USA, 1999, 4: 21~24.
- 5 Dony R D, Wesolkowski S. Edge detection on color images using rgb vector angle[A]. In: Proceedings of IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering[C], Shaw Conference Center, Edmonton, Canada, 1999: 687~692.



图1 Lena图像分割结果
Fig.1 Segmentation results for image Lena



图2 Peppers图像分割结果
Fig.2 Segmentation results for image Peppers

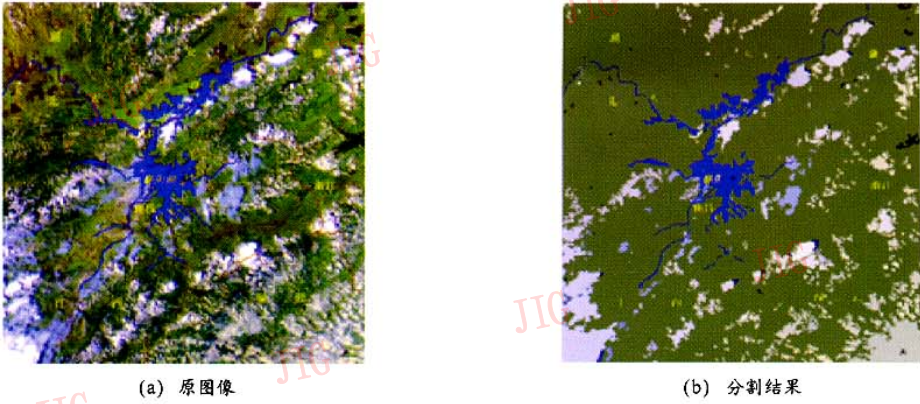


图3 鄱阳湖图像分割结果
Fig.3 Segmentation results for image Poyang lake