

基于空间位置约束的 K 均值图像分割

刘咏梅, 代丽洁

(哈尔滨工程大学 计算机科学与技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: K 均值聚类分割是一种有效的基于聚类的图像分割算法. 传统的 K 均值聚类分割算法采用特征空间中的相似性测度来度量像素的归属类别. 由于自然景物图像的复杂性, 位置邻近且本应属于同一分割区域的像素点, 由于它们视觉特征的差异性, 导致其在特征空间中相距甚远而被分割为不同的区域. 以投票的方法将像素的局部空间位置信息引入到 K 均值聚类分割算法中, 达到了改善分割效果的目的. 实验结果证实了该方法的有效性.

关键词: K 均值聚类; 图像分割; 空间位置信息

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4785(2010)01-0067-03

An improved method of K-means image segmentation based on spatial position information

LIU Yong-mei, DAI Li-jie

(School of Computer Science and Technology, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: K-means clustering is an effective algorithm for image segmentation, which attempts to separate objects of interest from their background. Traditional K-means clustering algorithms use the visual similarity measures of pixels in the feature space to determine which segmentation region the pixels belong to. Because of the complexity of natural images, neighboring pixels with different visual features, which should be treated as part of the same object, may end up in separate regions. As a result, it is hard to get satisfactory results when depending only on visual features. A spatially constrained image segmentation algorithm was therefore developed. It improved on the K-means clustering algorithm by adding a corrective step, the application of positional information from neighboring pixels. Experiments showed that the algorithm is effective.

Keywords: K-means clustering; image segmentation; spatial position information

图像分割是一种基本的计算机视觉技术, 是大多数图像识别和理解任务所需要的基础步骤. 有效合理的图像分割能够为基于内容的图像检索、对象分析等抽象出十分有用的信息, 从而使得更高层的图像理解成为可能^[1].

所谓图像分割就是把图像分成若干个互不相关的小区域, 并提取出感兴趣的目標的过程, 即将图像细分为构成它的子区域或对象. 分割的程度取决于要解决的问题. 在实际应用中, 当感兴趣的对象已经被分割出来时, 就停止分割. 常用的图像分割方法主要有: 阈值化分割、基于边缘检测的分割、基于区域的分割、基于形态学分水岭的分割、聚类分割等. 但是由于物体自身的复杂性, 以及受图像获取条件等

因素的影响, 对图像物体进行有效分割却一直是基础性的难点问题. 一般的边缘检测方法, 如 Canny 边缘检测算子, 虽然能比较好地解决噪音过滤与边缘定位、响应问题, 但对自然景物图像往往出现过分割或欠分割^[2-3]的现象, 难以取得满意的效果. 同时, 受光照条件的影响, 物体与背景的边缘模糊造成边缘不连续, 也使得一些基于边界特征的图像分割方法, 如基于区域同质性的区域生长^[4-6], 很难做到很好的分割效果. 另外, 物体具有多灰度的特性使得根据图像灰度直方图的分割方法, 如最大类间熵, 在实际中也缺乏必要的稳健性^[7].

K 均值分割是聚类分割中比较常见的一种分割方法, 它对于噪音较小的图像分割可取得良好的效果. 由于该方法是对像素的视觉特征在特征空间聚类, 并没有考虑像素的空间位置信息, 这就造成了在空间位置上很接近的像素点在特征空间中却相距很

远. 为了有效地消除这种情况, 本文对传统的 K 均值聚类分割方法进行了改进, 提出了一种基于空间位置约束的 K 均值图像分割方法. 即对于图像像素, 不仅要考虑它们视觉特征的相似性, 还要考虑在图像空间内其邻域内像素的类别情况, 并据此对该像素的类别做出修正, 以此在 K 均值算法中引入像素位置的先验信息.

1 K 均值聚类分割算法

聚类就是将待分类样本分成若干类, 每个类内的样本具有很高的相似性, 而各个类的样本之间的相似性很低. K 均值聚类算法是常用的图像分割算法, 其优点在于可以很方便地进行多阈值分割, 而且用于分割的特征也可以有多个^[8].

K 均值聚类算法的主要思想是: 选取一批样本点做为初始聚类中心, 并将所有样本进行初始聚类, 然后进行迭代, 修改聚类直到所选取的聚类准则函数的值满足要求后停止. 该算法主要分以下步骤^[9]:

- 1) 随机选取 k 个初始聚类中心;
- 2) 计算每个像素到 k 个聚类中心的距离, 找出最小距离, 并且把该像素归为该聚类中心的类别;
- 3) 重新调整 k 个聚类中心, 即将每个类别的所有像素点的均值向量作为新的聚类中心;
- 4) 判断新的聚类中心是否与上一次的聚类中心点重合, 如果是则结束, 不是则返回 2).

2 基于空间位置约束的 K 均值聚类分割算法

对于数字图像来讲, 每个像素点对应特征空间中的一个点. 基于位置约束的 K 均值分割算法的基本思想是在原来 K 均值聚类算法的基础上, 在计算聚类中心和重新计算每个像素的类别这 2 个步骤中加入一个新的步骤, 即在像素的局部邻域内采用投票方法, 利用邻域内多数像素点的类别来修正该像素所属的类别. 这样原本属于同一个对象, 但是颜色特征与其他像素不同的那些噪声像素就不会被错误的分割到其他类别中. 从而实现了噪声的恰当分割. 该算法的具体描述见算法 1.

算法 1:

1) 在特征空间中, 选取 k 个初始聚类中心 $Z_1(1), Z_2(1), \dots, Z_k(1)$. 括号内为迭代次数. 聚类中心可以随机选取或按顺序选取前 k 个点. 可采用变量 T 来控制, 当 $T=0$ 时表示按顺序选取前 k 个点

做为初始聚类中心; 当 $T=1$ 时, 按随机方式选取.

2) 计算每个像素点的类别, 即按距离最小原则式(1)将特征空间中所有特征点 x 分配到 k 个聚类中心的某一个聚类 $Z_j(K)$ 中, K 为迭代次数, 其初值为 1.

$$D_j(K) = \min \{ \|x - Z_i(K)\|, i = 1, 2, \dots, k \}. \quad (1)$$

则 $x \in S_j(K)$. 式中: $S_j(K) = \arg \max(N_j(K))$.

3) 对每个像素点, 选取 $n \times n$ 大小的邻域, 利用邻域内多数像素点的类别来修正该像素所属的类别. 即统计邻域内每个像素点所属的类别, 采用投票法用包含像素点最多的类别来修正当前像素点的类别.

4) 重新计算 k 个聚类中心 $Z_j(K+1)$, 即求聚类中包含特征点的均值向量.

$$Z_j(K+1) = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in S_j(K)} x. \quad (2)$$

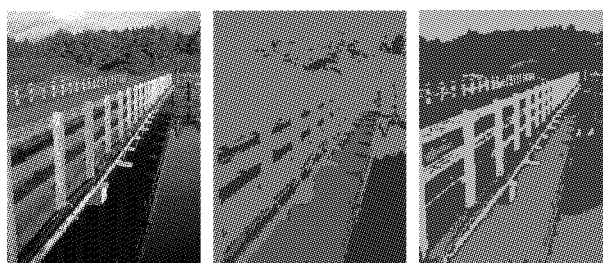
式中: N_j 为第 j 个聚类域 S_j 中的特征点数.

5) 如果新的聚类中心与原来重合, 即若 $Z_j(K+1) = Z_j(K)$ 则停止; 否则, 转到 2).

3 实验结果分析

为了验证本文提出算法的有效性, 采用了 Corel 图片库中的图像进行实验, 实验的图像均为自然景物图像. 实验的硬件环境为 Genuine Intel(R) CPU T2400 1.83 GHz, 1.00 GB 内存, 操作系统为 Microsoft Windows XP Home Edition, 实验平台采用了 Matlab 7.0.

部分实验结果见图 1. 图 1 共 5 组图像, 每一组图像由 3 幅图片组成, 其中第 1 列是原图像, 第 2 列为 K 均值聚类分割算法的分割结果, 第 3 列是本文提出算法的分割结果. 由图 1 可以看出, 所提出的基于空间位置约束的 K 均值分割算法的分割效果好于传统的 K 均值聚类分割算法.



(a) 图像编号 1



(b) 图像编号 2

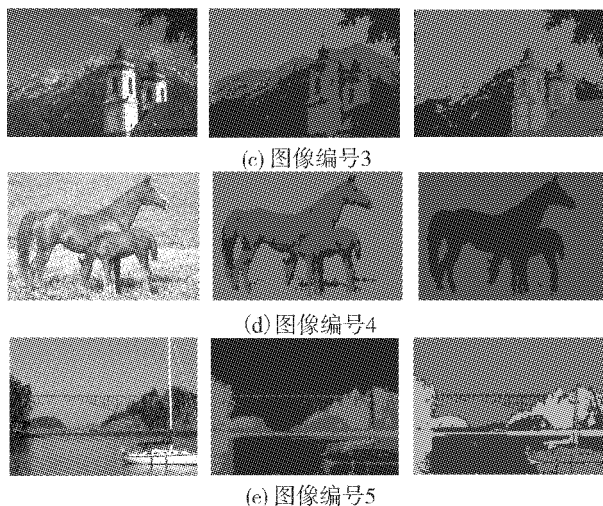


图1 本文算法与K均值聚类分割算法分割的结果比较

Fig.1 Comparing segment results between K-means clustering and our method

表1列出了进行实验的参数设置及运行时间情况.对同一幅图像,2种算法采用了相同的参数设置进行实验,以便进行比较.表1的参数设置中, k 为分割区域数, $n \times n$ 为邻域窗口的大小.

表1 参数设置及运行时间

Table 1 Parameters and run time

图像 编号	参数设置	K均值聚类分割 算法运行时间/s	算法1运行 时间/s
1	$k=3, n=21$	3.053 756	4.367 060
2	$k=4, n=21$	0.747 108	2.587 962
3	$k=3, n=17$	1.572 898	5.094 940
4	$k=3, n=17$	0.988 414	45.343 819
5	$k=3, n=21$	0.864 361	9.700 752

4 结束语

通过考虑图像的空间位置信息,结合传统的K均值聚类分割算法,提出了一种改进算法——基于空间位置约束的K均值聚类分割算法,并通过实验结果证明了提出的算法对有些图像可以取得较K均值聚类分割算法更好的效果.这说明在图像分割中加入空间位置信息是可以改善分割效果的,是对图像自身先验知识的一种合理利用.

由于本文算法以K均值算法为基础,因此与K均值算法一样,对于初始聚类中的模型选择仍然很敏感.而且,算法的改进是以运行时间换取精度的,不可避免地存在时间复杂度高的问题,而且对有些图像的分割效果与原K均值聚类分割算法没有比较明显的改善.因此,在将来的工作中,可以考虑如何提高算法的运行效率、进一步改善分割结果,以及对初始聚类中心的模型选择问题进行研究.

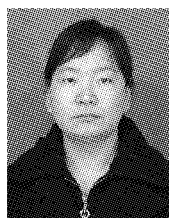
参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像工程[M]. 北京:清华大学出版社,2000: 73-75.
- [2] ZHOU Junni, CAO Jianzhong, LIU Bo, et al. New image segmentation methods based on regionally minimal cost watershed transform[J]. Acta Photonica Sinica, 2005, 34(1): 142-145.
- [3] DORIN C, VISVANATHAN R, PETER M. Kernel-based object tracking[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(5): 564-577.
- [4] CHEN Qiuxiao, CHEN Shupeng, ZHOU Chenghu. Segmentation approach for remote sensing images based on local homogeneity gradient and its evaluation[J]. Journal of Remote Sensing, 2006, 10(3): 357-365.
- [5] LI Huihui, GUO Lei, LIU Hang. A region based remote sensing image fusion method[J]. Acta Photonica Sinica, 2005, 34(12): 1901-1905.
- [6] 刘金梅, 赵春晖. 组合均值平移和区域合并的图像分割算法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2008, 29(10): 1126-1130.
LIU Jinmei, ZHAO Chunhui. Image segmentation with mean shift and region merging methods[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2008, 29(10): 1126-1130.
- [7] 张海军, 王春光, 翟改霞. 用小波分析进行基于遗传算法的2DMBV图像分割[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(4): 15-18, 23.
ZHANG Haijun, WANG Chunguang, ZHAI Gaixia. ZDMBV image segmentation based on genetic algorithm with wavelet analysis[J]. Techniques of Automation and Applications, 2008, 27(4): 15-18, 23.
- [8] 刘健庄, 涂予青. 使用高效C均值聚类算法的图像阈值化方法[J]. 电子科学学刊, 1992, 14(4): 424-427.
LIU Jianzhuang, TU Yuqing. Thresholding of images using an efficient C-mean clustering algorithm[J]. Journal of Electronics, 1992, 14(4): 424-427.
- [9] 杨淑莹. 图像模式识别——VC++技术实现[M]. 北京:清华大学出版社, 2005: 202-205.

作者简介:



刘咏梅,女,1973年生,副教授、硕士生导师、博士.主要研究方向为模式识别、图像处理、生物信息学.



代丽洁,女,1983年生,硕士研究生,主要研究方向为图像处理与模式识别、图像标注.