

基于顶帽变换和模糊 C 均值聚类的图像分割方法

赵伟¹, 王希常¹, 李晓寒²

(1. 山东师范大学 管理与经济学院, 山东 济南 250014;

2. 烟台南山学院 计算机中心, 山东 烟台 265706)

摘要:为了准确地对背景亮度不均匀的图像进行分割,提出了一种综合运用形态学中的顶帽变换和模糊 C 均值(FCM)聚类的图像分割方法。FCM 聚类算法已成功地应用于图像分割,但对于具有不均匀亮度背景的灰度图像,则无法进行准确有效地分割。根据提出的方法,对于具有亮度不均匀背景的灰度图像,首先利用顶帽变换对图像进行处理,以消除亮度不均匀的背景,然后再利用 FCM 聚类算法对图像进行分割。实验结果表明,该方法可以准确地对背景亮度不均匀的图像进行分割,是一种有效的图像分割方法。

关键词:数学形态学;顶帽变换;模糊 C 均值聚类;图像分割

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)08-0052-04

Image Segmentation Method Based on Top - Hat Transformation and FCM Clustering

ZHAO Wei¹, WANG Xi-chang¹, LI Xiao-han²

(1. Institute of Management and Economic, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;

2. Computer Center, Yantai Nanshan University, Yantai 265706, China)

Abstract: Proposed an image segmentation method based on morphological top - hat transformation and FCM clustering in order to segment the gray image with non - uniform brightness background accurately. The fuzzy C - means clustering algorithm has been successfully applied to image segmentation. But the FCM clustering algorithm can not segment the gray image with non - uniform brightness background accurately and effectively. According to the method, first, it used top - hat transformation to process the non - uniform background, and then used FCM to segment the image. The experimental results show that the method can segment the non - uniform background image accurately, and thus is an effective method for the image segmentation.

Key words: mathematical morphology; top - hat transformation; fuzzy C - means clustering; image segmentation

0 引言

在很多情况下,图像是由背景与其上覆盖的或其中包含的物体所组成的。为了对物体进行特征的提取和识别,首先需要将物体从背景中划分出来,这就是图像分割。图像分割是图像处理中最为基础和重要的领域之一,由分割产生的区域是图像内容的一种表示,它是对图像进行视觉分析和模式识别的基本前提,分割是否能达到较好的结果将直接影响到以后的图像分

析、图像识别和图像解释的质量。

在众多的图像分割方法中,模糊 C 均值(FCM)聚类算法是常用的灰度图像分割方法,其适合解决灰度图像中存在的模糊和不确定性问题。该方法由 Dunn 提出,经 Bezdek 推广后,获得了十分广泛的应用^[1]。但对于具有亮度不均匀背景的图像,单独使用 FCM 算法则无法对其进行准确的分割,即无法准确地分割出某些区域的目标图像。

为了解决这一问题,可以综合利用形态学中的顶帽变换和 FCM 聚类算法来对具有亮度不均匀背景的图像进行分割,即首先利用顶帽变换对图像的亮度不均匀背景进行估计和消除,然后再利用 FCM 聚类算法对图像进行分割,从而准确地从亮度不均匀背景中分割出图像中的所有目标对象。

收稿日期:2009-12-09;修回日期:2010-02-27

基金项目:山东省中青年科学家科研奖励基金(2008BSB38001)

作者简介:赵伟(1977-),男,河北安平人,工程师,硕士研究生,研究方向为图形图像处理;王希常,研究员,博士,研究方向为图形图像处理。

1 形态学运算及顶帽变换

1.1 图像形态学运算

基于形态学运算的图像处理方法是从事数学形态学中的集合论方法发展起来的,主要是针对二值图像^[2]。为了描述图像的基本特征,它设计了一整套的变换、概念和算法。与常用的频域或空间域算法不同的是,这些数学工具是一种数学方法,它分析集合的结构和状况^[3]。它用集合论方法定量描述集合结构,并且是建立在集合代数的基础上。

在图像处理应用中,主要用形态学来获取物体结构和拓扑信息,为了达到提取图像特征、得到物体更本质的形态、改善图像质量的目的,利用了一些基本运算,这些运算主要是结构元素和物体的某些相互作用^[4]。

图像形态学中的应用主要包括^[5]:

(1)利用形态学的基本运算,观察和处理图像,从而改善图像的质量。

(2)对图像的各种几何参数和特征进行描述和定义,如骨架、面积、连通度、周长、颗粒度和方向性。

将二值形态学运算进行扩展则成为灰度图像的形态学运算,它包括四种基本操作,即开运算、膨胀、腐蚀和闭运算^[6]。在数学形态学中腐蚀可以把小于结构元素的物体去除,可以消除物体边界点,它是一种使边界向内部收缩的过程。为了消除不同大小的物体,可以选取不同大小的结构元素。在数学形态学中膨胀和腐蚀作用相反,它是一种使边界点向外部扩张的过程,它可以把物体边界点进行扩充,从而将与物体接触的所有背景点合并到该物体中,腐蚀和膨胀这两种操作是不可互逆的。开运算和闭运算演变根据的则是腐蚀和膨胀的不可逆性。开运算的过程是先腐蚀后膨胀,它不明显改变图像的面积,但是它可以消除小物体、平滑较大物体的边界,去除图像中孤立的毛刺、小点和小桥。闭运算的过程是先膨胀后腐蚀,它不明显改变图像的面积,它的功能是用来连接临近物体、填充物体内部小空洞、平滑其边界。

1.2 结构元素和顶帽变换

数学形态学处理二值图像是利用结构元素为基本元素,所以结构元素对二值图像处理是一个非常重要的研究对象^[7]。结构元素是维空间或其子空间上的一个可以在图像上平移,且尺寸比图像小的集合,其有一定的大小和形状,如圆、点、有向线段、正方形等。结构元素常常包括原点,其尺寸也远远小于被考察的图像。

设 $f(x, y)$ 是输入图像, $b(u, v)$ 是结构元素,后者本身也是一个灰阶子图像。 D_f 和 D_b 分别是 f 和 b 的定义域^[8]。

用结构元素 b 对输入图像 f 进行的灰度膨胀记为 $f \oplus b$; 用结构元素 b 对输入图像 f 进行的灰度腐蚀记为 $f \ominus b$ 。结构元素 b 对 f 的开运算记为 $f \circ b$, 定义为 $f \circ b = (f \ominus b) \oplus b$ 。即先用 b 对 f 腐蚀,然后再用 b 对结果进行膨胀。

从原图像中减去开运算后的图像称为顶帽变换,也称为高帽变换。设 $g(x, y)$ 为输出图像,顶帽变换即为 $g = f - (f \circ b)$, f 为输入图像, b 为结构元素函数^[9]。

2 模糊C均值聚类分割算法

模糊C-均值聚类方法的发展是从硬C-均值方法而来的。该方法在图像特征空间进行模糊聚类,从而对图像进行分割,该方法的实质是基于目标函数进行非线性迭代,使其达到最优化,利用图像中各像素与每个聚类中心之间的加权相似度对目标函数进行测度,通过迭代,选择合适的模糊隶属度矩阵和聚类中心,使目标函数达到最小,这样便得到最佳分割结果。该方法不会像硬分割那样产生偏倚,并且避免了设定阈值的问题,同时可以解决阈值化分割难以解决的多分支分割问题;如果图像中存在不确定性和模糊性问题,则比较适合用FCM方法,同时在FCM算法聚类过程中不需要任何人工干预,在自动分割的应用领域则非常适合。对源图像中的噪声敏感度较低。

FCM是一种有效的数据聚类方法,它依据最小二乘法原理,通过计算目标函数均方差 $J(U, V)$, 并进行迭代优化来获得对数据集的模糊分类,即求目标函数的极小值 $\min\{J(U, V)\}$ ^[10]。由于FCM算法获得对数据集的模糊分类,是通过迭代法来优化目标函数,因此算法收敛性较好。

设数据集 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为样本空间的样本点集合,整数 c 为将样本点分成的类别数, $2 \leq c \leq n$; 定义样本点 x_i 属于第 j ($1 \leq j \leq c$) 类的程度 u_{ij} ($0 \leq u_{ij} \leq 1$)。在样本空间 X 中,模糊聚类用模糊矩阵 $U = (u_{ij})$ 表示。元素 u_{ij} 表示矩阵 U 中第 i 行和第 j 列。代表样本点 i 隶属于第 j 类的隶属度。 U 具有以下性质:

$$u_{ij} \in [0, 1], \sum_{j=1}^c u_{ij} = 1, 0 < \sum_{i=1}^n u_{ij} < n$$

FCM算法的目标函数定义为:

$$J(U, V) = n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c (u_{ij})^m (d_{ij})^2, V = (v_1, v_2, \dots, v_c)$$

其中模糊指数为 m ($m > 1$), v_j 是第 j 类的聚类中心, $d_{ij}^2 = \|x_i - v_j\|^2$ 是 x_i 到 v_j 的欧式距离。为了进行聚类,要求 J 在约束条件下达到最小值。通过对目标函数的迭代优化取得对样本集的模糊分类则为 FCM 聚

类。

在图像分割中,FCM 聚类首先要对图像中属性一致的像素进行模糊聚类,然后对每类像素进行标定,进而达到对图像的分割。图像中把像素点看成是数据集的样本点,像素点的特征看成是样本点的特征,则图像分割问题可以转化为下列的优化问题^[11]:

$$\text{Minimize } J_m(U, V) = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m (d_{ik})^2$$

且满足约束条件:

$$\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1, 1 \leq k \leq n$$

$$u_{ik} \geq 0, 1 \leq k \leq n, 1 \leq i \leq n$$

3 基于顶帽变换和 FCM 的分割算法

本算法流程如图 1 所示。

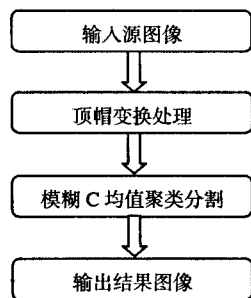


图 1 算法基本流程图

输入源图像,然后对源图像进行顶帽变换处理,即先对源图像进行开运算来产生对整个图像背景的合理估计,再从源图像中减去经开运算后的图像。经过顶帽变换处理可以消除源图像的不均匀背景,从而生成一幅具有合适且均匀的背景图像。然后,利用 FCM 聚类算法对经顶帽变换处理后的图像进行分割,最后得到理想的图像分割结果。另外,在顶帽变换处理过程中要注意选取合适的结构元素。

4 实验及结果

针对文中所提出的分割方法所进行的实验在 MATLAB7.0 上实现。源图像(见图 2)为一幅米粒灰度图像,图像下部的背景要比上部的背景黑^[12]。对这样背景亮度不均匀的图像直接运用 FCM 聚类算法进行图像分割不能达到很好地分割效果。图 3 为直接运用 FCM 聚类算法对源图像进行分割后的图像。从图 3 中可看出直接运用 FCM 聚类方法对源图像进行分割后,图像顶部的米粒能被很好地从背景中分离出来,但图像底部的米粒并未从背景中正确地提取出来。图 4 为对源图像进行顶帽变换处理后的图像,可以看出,源图像经顶帽变换处理后的图像具有合适且亮度均匀

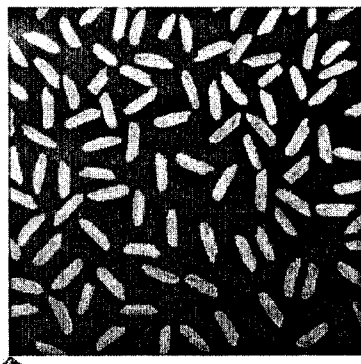


图 2 源图像

直接用 FCM 分割后的图像

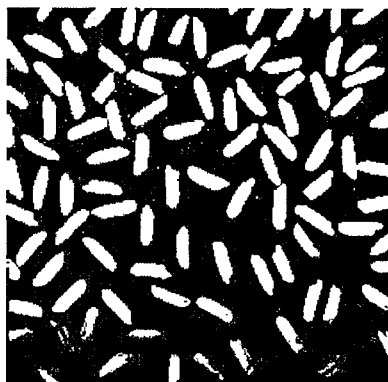


图 3 直接用 FCM 聚类算法进行分割后的图像

顶帽变换后图像

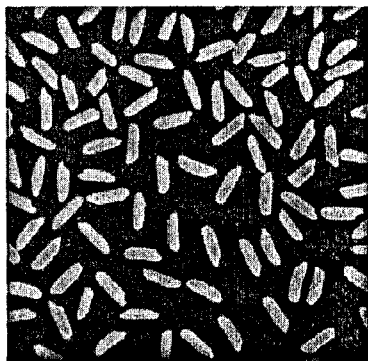


图 4 对源图像进行顶帽变换后的图像

顶帽变换后用 FCM 分割后的图像

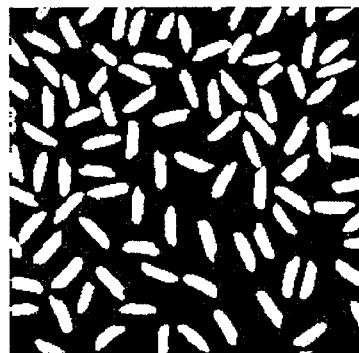


图 5 对顶帽变换后图像用 FCM 聚类进行分割后的图像

的背景。图5为对经顶帽变换处理后的图像使用FCM聚类算法进行分割后的图像,可以看出,改进是很明显的,图像底部的米粒也从背景中成功地提取出来。

在该实验中,对源图像进行顶帽变换处理所选取的结构元素只要大到不能完全匹配米粒即可,这里所使用的结构元素为半径为10的平坦圆盘型结构元素。

5 结束语

图像分割是图像分析、理解和识别的关键技术,是计算机视觉和图像分析的重要环节,因此也是图像处理中一项重要而困难的任务。文中针对具有亮度不均匀背景的图像提出了一种基于顶帽变换和模糊C均值聚类的图像分割方法。该方法首先对源图像进行基于形态学的顶帽变换处理,以消除源图像的不均匀亮度背景,然后再利用FCM聚类算法对经顶帽变换处理后的图像进行分割,得到最终的分割图像。实验结果表明,在使用该方法对具有亮度不均匀背景的图像进行分割时,能够取得较好的分割效果。

参考文献:

- [1] 杨润玲,高新波,介军.一种基于模糊聚类的快速图像分割算法[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2007,39

(上接第51页)

中加糖—启动咖啡机—倒咖啡—end

测试用例2:start—找咖啡机—没有咖啡豆—end

4 结束语

提出了从活动图中生成测试用例的方法,提出了活动路径覆盖准则。方法重要性主要基于以下几点:首先,能检测循环,同步缺陷;其次,能够减少测试用例爆炸的问题;第三,基于模型测试用例生成方法鼓舞了开发者提高开发质量,及早发现缺陷,减少软件开发时间。最后,可以基于该方法开发自动工具。

参考文献:

- [1] Xu Dong, Li H, Lam C P. Using Adaptive Agents to Automatically Generate Test Scenarios from the UML Activity Diagrams[C]// In: Proc. of 12th APSEC 2005. Taipei: IEEE Computer Society Press, 2005.
- [2] 刘瑞祥,梅海涛,殷兆麟.分布式对象访问控制的UML建模[J].微电子学与计算机,2009(9):101-105.
- [3] 牟凯,顾明.基于UML活动图的测试用例自动生成方法研究[J].计算机应用,2006(4):844-846.
- [4] 徐宏磊,陈建明. UML自动化测试技术[M]. 西安:西安交

(2):280-285.

- [2] 赵福君,李景文,陈大克,等.数学形态学的纹理图像分割方法[J].计算机技术与发展,2008,18(5):112-114.
- [3] 刘海华,陈心浩,高智勇,等.基于形态学操作和模糊聚类技术的超声图像分割[J].电子学报,2007,35(7):1306-1312.
- [4] 崔屹.图像处理与分析数学形态学方法及应用[M].北京:科学出版社,2000.
- [5] 陈婷婷,程小平.采用模糊形态学和形态学分水岭算法的图像分割[J].西南大学学报,2008,30(3):142-145.
- [6] 陈箫枫,潘保昌,郑胜林,等.用顶帽变换估计并消除图像背景[J].微计算机信息,2008,24(3-3):310-311.
- [7] 朱光忠,郑月斋.基于多尺度Top-Hat算子的车牌图像预处理研究[J].中国科技信息,2009(12):155-156.
- [8] Serra J. Image analysis and mathematical morphology[M]. London: Academic Press, 1982.
- [9] Mukhopadhyay S, Chanda B. Multiscale morphological segmentation for gray2scale images[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2003, 12(5):533-549.
- [10] Wu K L, Yang M S. Alternative c-means clustering algorithms[J]. Pattern Recognition, 2002, 35(10):2267-2278.
- [11] 李云松.改进的模糊C-均值聚类对噪声图像的分割[D].兰州:兰州理工大学,2007.
- [12] Gonzalez R C, Woods R E. 数字图像处理(MATLAB版)[M].阮秋琦,译.北京:电子工业出版社,2005.

通大学出版社,2006.

- [5] 赵欣,刘琳岚,罗海平,等.一种基于UML动态视图的测试场景生成方法[J].计算机应用,2009(5):1385-1388.
- [6] Kundu D, Samanta D. A Novel Approach to Generate Test Cases from UML Activity Diagrams[J]. Journal of Object Technology, 2009, 8(3):65-83.
- [7] 周进登,白振兴,武杰,等.基于扩展UML活动图的过程建模[J].计算机应用,2009(3):708-711.
- [8] Popovic M, Jurca Z, Kovacevic V. An Automatic Test Generator Engine[C]// The 15th IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering. Saint-Malo, Bretagne, France: [s. n.], 2004.
- [9] 刘敏,金茂忠,刘超.基于UML活动图模型生成测试场景的设计[J].计算机工程与应用,2002,38(3):122-124.
- [10] Yan Jiong, Wang Ji, Chen Huowang. Deriving Software Statistical Testing Model from UML Model[C]// Proceedings of the Third International Conference On Quality Software (QSIC'03). Beijing: [s. n.], 2003:25-26.
- [11] 姜树明,赵燕清,于俊凤,等.基于UML活动图的测试用例生成[J].山东科学,2007,20(5):43-47.
- [12] 肖驰.基于UML活动图模型的测试用例设计[J].现代计算机(专业版),2009(7):184-186.