

Image Segmentation about the Touched Object Based on Improved Method of Watershed Algorithm

Shuo Zhang, Yaoquan Yang, Chunyan Miao, Shenghui Han

North China Electric Power University, Baoding
Email: shuoshuo316@126.com, yyq2201@163.com, miaowenwen1988@163.com, 15831272018@163.com

Received: Apr. 17th, 2013; revised: Apr. 30th, 2013; accepted: May 17th, 2013

Copyright © 2013 Shuo Zhang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: In this paper, the drawback of the watershed algorithm applied to image segmentation is analyzed. It is too sensitive to the noise and the weak edge. To improve the problem that the algorithm is easy to produce over-segmentation results, i.e., generating excess area, an improved watershed algorithm was proposed. Firstly, traditional watershed algorithm was used to segment the touched object roughly. Then, the fuzzy C-means clustering algorithm was used for merging cluster to the over-segmentation image, completing the fine segmentation. Experimental results show that it not only completes image segmentation about the touched object, but also improves the over-segmentation of the watershed algorithm effectively.

Keywords: Watershed Algorithm; Over-Segmentation; The Touched Object; Fuzzy C-Means Clustering

基于改进分水岭算法的粘连物体图像分割

张 硕, 杨耀权, 苗春艳, 韩生晖

华北电力大学自动化学院, 保定
Email: shuoshuo316@126.com, yyq2201@163.com, miaowenwen1988@163.com, 15831272018@163.com

收稿日期: 2013 年 4 月 17 日; 修回日期: 2013 年 4 月 30 日; 录用日期: 2013 年 5 月 17 日

摘 要: 本文分析了分水岭算法应用在图像分割时存在的缺陷: 对噪声和微弱边缘过于敏感; 对其容易造成图像过分割(即生成多余的区域)的特点进行改善, 进而提出了改进的分水岭算法。该算法首先使用传统分水岭算法原理对粘连物体图像进行粗略分割, 然后通过模糊 C 均值聚类算法对过分割的图像进行聚类合并, 完成精细分割。本文的实验结果证明: 本方法不仅对粘连物体图像进行了有效地分割, 而且克服了分水岭算法的过分割问题。

关键词: 分水岭算法; 过分割; 粘连物体; 模糊 C 均值聚类

1. 引言

在图像分析和处理中, 图像分割是一个重要的研究方向, 它是许多后续处理的基础, 如道路识别、视频编码、人脸检测和跟踪、医疗图像以及图像目标物体的计数等。在农业、医学、工业、科研等应用领域, 颗粒是种常见的分析测量对象, 通过统计样品内所含

颗粒的数目和各种特征参数, 对其品质或特性进行分析^[1,2]。

所谓图像分割, 就是把图像分成若干各具特性区域的技术和过程, 并使这些区域互不相交, 且每个区域应满足特定区域的一致性条件^[3,4]。它是图像处理的基础和重要环节, 分割效果对之后的图像分析和识别

都有很大的影响。常用的图像分割方法有基于形态学分水岭分割、边缘检测法、快速聚类分割、区域跟踪法以及阈值法等^[5-7]。其中分水岭算法是图像分割中一种经典有效的方法，它以快速、有效、准确的分割效果越来越得到人们的重视。但是，它本身存在严重的过分割问题。

目前主要有两类方法解决分水岭的过分割问题：第一类属于前处理，它是基于标记提取的分水岭分割算法，每一个标记对应着图像中的一个物体；第二类属于后处理，根据某个准则反复对区域进行合并操作^[5]。本文主要研究第二类解决方案，采用模糊 C 均值聚类(FCM)作为后处理算法。

本实验选择 Intel 公司为实现真实世界的实时视觉应用而开发的 OpenCV 函数库和 32 位 C/C++ 编译系统(VS2005)作为软件开发平台。

2. 本文算法的基本原理

2.1. 分水岭方法

分水岭算法是基于区域的图像分割方法，分水岭的计算过程是一个迭代标注过程，计算方法是 L. Vincent 提出的^[8]。在整个算法中，可以分解为两个步骤，第一步是排序过程，第二步是淹没过程。首先对所有的像素按照灰度级进行从低到高排序，然后在从低到高实现淹没过程中，对每一个局部极小值在 h 阶高度的影响域采用先进先出(FIFO)结构进行判断及标注^[9]。

分水岭变换得到的是输入图像的集水盆图像，集水盆之间的边界点，即为分水岭。显然，分水岭表示的是输入图像极大值点。因此，为得到图像的边缘信息，通常把梯度图像作为输入图像，即

$$\begin{aligned} & grad(f(x,y)) \\ = & \sqrt{[f(x,y)-f(x-1,y)]^2 + [f(x,y)-f(x,y-1)]^2} \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)中， $f(x,y)$ 表示原始图像， $grad\{\cdot\}$ 表示梯度运算。

为降低分水岭算法产生的过分割，通常要对梯度函数进行修改，其中一种简单方法是对梯度图像进行阈值处理，来消除灰度的微小变化产生的过分割。即

$$g(x,y) = \max(grad(f(x,y)), g(\theta)) \quad (2)$$

其中， $g(\theta)$ 表示阈值。首先用偏低的灰度阈值对梯度图像进行二值化，从而检测出物体和背景，物体和背景被处于阈值之上的边界点分开。随着阈值逐渐增大，就会使物体和背景同时增长。当他们接触而又没有合并时，可使用接触点定义边界。这就是分水岭算法在梯度途中的应用。用阈值限制梯度图像以达到消除灰度值的微小变化产生的过度分割，获得适量的区域。

在很多领域，这种分割技术都得到了广泛的应用。分水岭算法的优点是能对微弱边缘有良好响应，以保证得到封闭连续的边缘。此外，分水岭算法所得到的封闭集水盆，为分析图像区域特征提供了可能。正因为分水岭算法对微弱边缘具有良好响应，图像中的噪声、细密纹理的灰度变化，都会对处理图像产生过度分割的现象。

为改善分水岭算法产生的过分割现象，可以采用区域合并的方法，即根据某个准则反复地对相邻或相近的区域做合并操作。模糊 C 均值聚类算法(FCM)就是改善分水岭算法的过度分割问题的有效方法之一。

2.2. 模糊 C 均值聚类

模糊 C 均值聚类算法(Fuzzy C-means Algorithm, FCM)是1974年由Dunn提出并由Bezdek加以推广的。FCM算法是一种基于划分的聚类算法，它的思想就是使得被划分到同一簇的对象之间相似度最大，而不同簇之间的相似度最小^[10-12]。FCM算法简单收敛速度快且能处理大数据集，解决问题范围广，易于应用计算机实现。其基本思路是：将数据集

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in R_{pn}$ 分为C类，X中任意样本 X_k 对I类隶属度为 u_{ik} ，分类结果可以用1个模糊隶属度矩阵 $U = \{u_{ik}\} \in R_{pn}$ 表示，满足

$$\begin{cases} u_{ik} \in [0,1], \forall i, k \\ 0 < \sum_k u_{ij} < n, \forall i \\ \sum_i u_{ij} = 1, \forall k \end{cases} \quad (3)$$

模糊 C 均值聚类是通过最小化隶属度矩阵 U 和聚类中心 V 的目标函数 $J_m(U, V)$ 来实现的：

$$J_m(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m d_{ik}^2(x_k, v_i) \quad (4)$$

式中, $U = \{u_{ik}\}$, 为满足条件式(3)的隶属度矩阵;
 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_c\} \in R_{pc}$ 为 c 个聚类中心点集; $m \in [1, \infty]$
 为加权指数; $d_{ik}^2(x_k, v_i)$ 为第 k 个样本到第 i 类中心的
 距离。其定义式为:

$$d_{ik}^2(x_k, v_i) = |x_k - v_i|_A^2 \quad (5)$$

其中, A 为 $p \times p$ 的正定矩阵。

FCM 是通过反复迭代式(4), 求极小值而得到的, 由于矩阵 U 中各列都是独立的, 因此, 所求即为

$$\min \{J(U, V)\} = \sum_{k=1}^n \left[\min \left\{ \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m d_{ik}^2 \right\} \right] \quad (6)$$

上述极值的约束条件为 $\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1$, 利用拉格朗日
 乘数法求解:

$$F = \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m (d_{ik})^2 + \lambda \left(\sum_{i=1}^c (u_{ik} - 1) \right) \quad (7)$$

经过计算, 得到:

$$u_{ik} = \left[\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_{ik}(x_k, v_i)}{d_{jk}(x_k, v_j)} \right)^{2/(m-1)} \right]^{-1} \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, c$$

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m} \quad (9)$$

$$i = 1, 2, \dots, c$$

若数据集 X , 聚类类别数 C 和权重 m 值已知, 就
 能由(8)和(9)确定最佳模糊分类矩阵和聚类中心^[13,14]。

再用模糊 C 均值算法进行后处理, 对产生过分割
 的图像进行聚类合并。最后对聚类合并后的图像进行
 归类细化, 强化图像的区域边缘, 实现分割。

3. 实验结果与分析

实验中, 为了验证算法的准确性, 分别用传统分
 水岭算法和本文算法对粘连物体图像进行分割, 并用
 图片演示了对粘连物体图像分割的效果。为了显示效
 果更明显, 在用两种算法处理过粘连物体图像之后,
 并用 Canny 算法对图像边缘进行了提取。图 1 为一幅
 粘连物体的二值图像, 其中需要分离的是相互粘连在
 一起的区域; 图 2 是在用传统分水岭算法进行分割,
 并用 Canny 算法对图像进行边缘提取的结果; 图 3 则

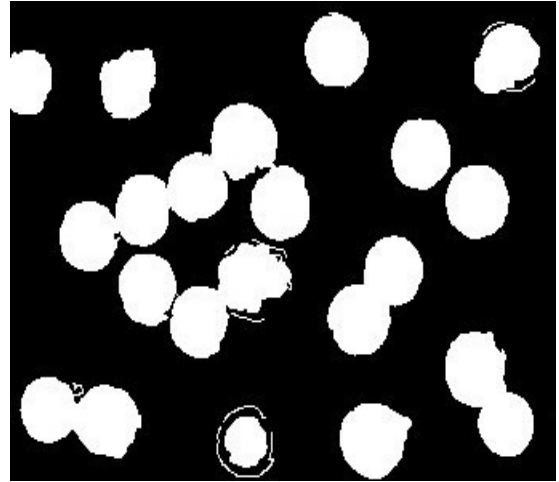


Figure 1. Original image
 图 1. 原图

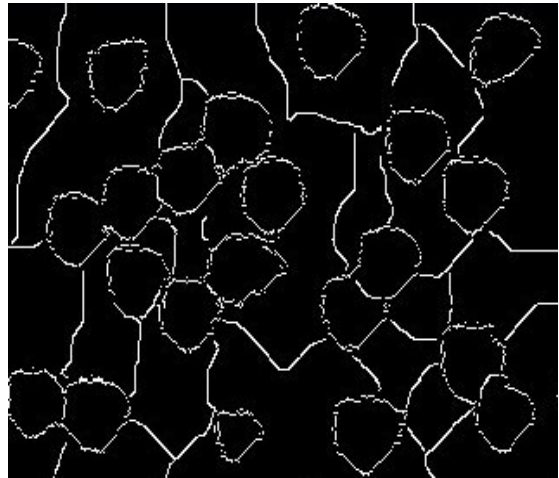


Figure 2. Edge image the traditional watershed algorithm
 图 2. 传统分水岭算法获得的边缘图像

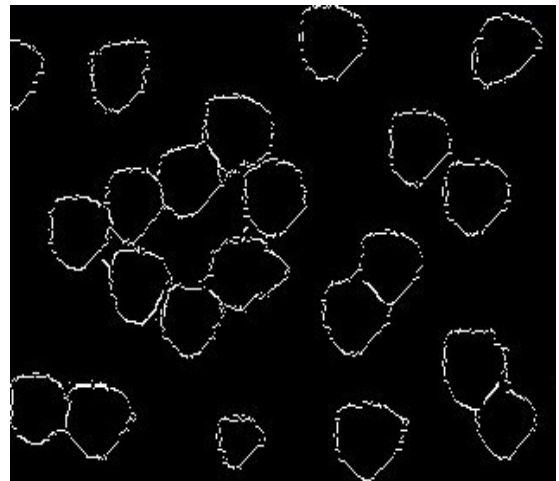


Figure 3. Edge image obtained by the improved watershed algorithm
 图 3. 改进分水岭算法处理后的边缘图像

是用分水岭算法与 FCM 算法结合, 在分水岭分割的基础上, 使用 FCM 算法对粘连图像进行区域合并, 且进行边缘提取之后的结果。

对比图 2 和图 3 可以看出, 图 2 使用传统分水岭算法虽然把粘连物体分割开来, 但有明显的过分割现象, 完全无法分清原图像的轮廓, 影响对原图像的分析。图 3 在使用 FCM 算法对相似区域进行合并之后, 不仅将粘连的目标分割开来, 得到了较为清晰的轮廓, 而且解决了分水岭算法的过分割问题, 达到了预期的效果。

因此可以得出结论: 传统分水岭算法配合使用 FCM 算法能够较好地分割粘连物体图像。其中分水岭算法的目的是将粘连物体分割开, FCM 算法的目的是将分水岭算法对图像分割时造成的过分割区域进行合并, 从而能够达到实验的目的。

4. 结束语

综上所述, 本文在已有的分水岭算法的模拟浸水原理基础上, 增加了基于 FCM 的区域合并算法, 它能够有效的对粘连物体进行分割, 改进了分水岭算法过分割的问题。经实验验证, 该方法取得了较好的分割效果, 提高了图像的分割质量。但是, 实验中发现, 此方法处理时间长, 并不适合用于实时处理图像中,

故此算法还有待改进。

参考文献 (References)

- [1] 吴定允, 张利红. 改进分水岭算法在医学图像分割中的应用[J]. 视频应用与工程, 2011, 35(5): 106-108.
- [2] 林道庆, 高智勇, 陈心浩. 基于改进分水岭算法和 Canny 算子的医学图像分割[J]. 中南民族大学学报, 2007, 26(3): 62-66.
- [3] 刁智华, 赵春江, 郭新宇等. 分水岭算法的改进方法研究[J]. 计算机工程, 2010, 36(17): 4-6.
- [4] 曾容周, 伏云昌, 童耀南. 一种改进的分水岭分割的研究[J]. 光电子技术, 2007, 27(1): 23-26.
- [5] 李春月, 李峰, 曹鹏, 吕回. 基于分水岭变换和 FCM 的图像分割[J]. 计算机工程与科学, 2009, 31(12): 56-57.
- [6] 丛培盛, 孙建忠. 分水岭算法分割显微图像中重叠细胞[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(12): 1781-1783.
- [7] 王彦敏, 林小竹, 杜天苍. 基于 watershed 变换的粘连物体的分割和计数方法[A]. 第十二届全国图象图形学学术会议[C].
- [8] 魏光杏, 吴锡生. 克服分水岭算法过分割的方法[J]. 江南大学学报(自然科学版), 2008, 7(1): 38-41.
- [9] L. Patino. Fuzzy relations applied to minimize over segmentation in watershed algorithms. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(6): 819-828.
- [10] 李旭超, 刘海宽, 王飞, 白春艳. 图像分割中的模糊聚类方法[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(4): 447-458.
- [11] 贲志伟, 赵勋杰. 基于改进的 FCM 算法提取彩色图像有意义区域[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(18): 4082-4084.
- [12] C. G. Looney. Fuzzy connectivity clustering with radial basis kernel functions. Fuzzy Sets and Systems, 2009, 160(13): 1868-1885.
- [13] 韩翠英, 孔娟. 关于图像分割算法的优化仿真研究[J]. 计算机仿真, 2011, 28(6): 262-265.
- [14] 杨洪薇, 肖志涛, 翁秀梅. 基于分水岭和模糊 C 均值聚类的图像分割方法[J]. 天津工业大学学报, 2008, 27(1): 53-55.