

基于改进活动轮廓模型的图像分割

王 芳, 潘 杰

(郑州升达经贸管理学院 信息工程系, 河南 郑州 451191)

摘 要: 为了增加图像分割的稳定性, 提高图像的分割精度, 提出一种改进活动轮廓模型的图像分割方法. 首先选择目标内部点作为轮廓初始点, 使初始点向边界点膨胀, 保证图像轮廓边缘的连续性, 然后采用改进贪婪算法去除了活动轮廓收缩趋势, 防止出现控制点堆积现象, 最后采用仿真试验对图像分割的效果进行分析, 结果表明, 改进活动轮廓模型不仅可以实现图像的准确分割, 而且对噪声具有较强的鲁棒性, 分割误差要小于其他分割模型, 具有广泛的应用前景.

关键词: 图像分割; 活动轮廓模型; 分割精度; 噪声鲁棒性

中图分类号: TP317

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2016)06—0113—04

Image Segment Based on Improved Active Contour Model

WANG Fang, PAN Jie

(Department of Information Engineering, Zhengzhou Shengda College of Economics & Trade Management, Zhengzhou 451191, China)

Abstract: In order to increase the stability of image segmentation and improve accuracy of image segmentation, this paper proposed an image segmentation method based on improved active contour model. Firstly, internal target contour is select as the initial point, and the initial point expand to boundary point to make more continuous and smooth edge, and secondly improved greedy algorithm is used to remove the shrinkage tendency of active contour, and prevent accumulation phenomenon of control points, finally, simulation experiment is used to analyze the effect of image segmentation. The results show that improved active contour model not only can achieve the accurate segmentation of image, but also has strong robustness to noise, and segmentation error is smaller than other image segmentation models, and has wide application prospects.

Key words: image segmentation; active contour model; segmentation precision; noise robustness

1 引言

随着图像处理技术的不断发展, 出现了大量的数字图像, 如医学图像、激光图像等. 在实际应用过程中, 人们有时只需要了解自己感兴趣的区域, 而不必掌握整个图像. 图像分割是图像应用的前提和基础^[1,2]. 它将一幅图像划分为多个不同区域, 使不同区域之间的差异大, 便于用户找到自己感兴趣的目标. 图像分割的好坏直接影响到后继图像分析, 因此对图像进行快速、高精度分割, 具有十分重要的应用

价值, 它一直是图像领域的研究重要课题^[3,4].

针对图像分割问题, 学者们进行了广泛和深入的研究, 提出了许多经典的图像分割算法^[5]. 通常情况, 图像分割可以被看作是一种多分类问题, 即将图像划分为多个不相同的区域^[6]. 当前主要有阈值分割算法、神经网络等图像分割算法^[7-9], 其中神经网络要求的图像样本数量大, 相关参数难以合理设置, 分割错误率高, 因此局限性十分明显. 阈值分割算法虽然简单、速度快, 然而如何调阈值的问题一直没有得到较好解决^[10]. 图像有一定的模糊性, 为此, 有学

者提出了基于模糊聚类分析的图像分割算法,取得比较好的分割效果,但模糊聚类算法的聚类中心设置十分关键,一旦选择不当,图像的分割精度急剧下降^[11]. 活动轮廓模型是一种优秀的图像分割算法,将图像分割问题转变为能量优化问题,内能量主要负责控制曲线的刚性与平滑性,外能量主要负责控制轮廓的演化方向,通过计算某个曲线演化方程的最小值获得图像轮廓的分割曲线^[12]. 在实际应用中,活动轮廓模型也存有诸多不足,譬如:分割结果对曲线初始化非常敏感,无法分割目标凹陷边界;当目标区域存在噪声时,难以无法得到理想的分割效果^[13].

为了解决活动轮廓模型存在的一些不足,提高图像分割的精度,提出了一种改进活动轮廓模型的图像分割方法,并通过仿真试验测试其性能,结果表明,本文方法可以获得理想的图像分割效果,可以应用图像处理和分析中.

2 传统的图像分割模型

活动轮廓模型又称为蛇模型,通过拟合误差的“能量”最小化原则找到图像的轮廓曲线. 设待分割图像中的一条闭合曲线为, $v(s) = (x(s), y(s))$, $s \in [0, 1]$, 那么对该曲线可以进行合理变形和处理, 在外力和内力共同作用下, 使能量曲线不断向目标轮廓靠近, 最后使两种力确定到平衡, 能量达到最小值, 能量函数的计算公式为

$$E = \int_0^1 [E_{\text{int}}(v(s)) + E_{\text{ext}}(v(s))] ds \quad (1)$$

式中, E_{int} 表示图像的内部能量, 计算公式具体为

$$E_{\text{int}}(v(s)) = \frac{1}{2} (\alpha(s) |v'(s)|^2 + \beta(s) |v''(s)|^2) \quad (2)$$

式中, $\alpha(s)$ 和 $\beta(s)$ 表示权重; $v'(s)$ 和 $v''(s)$ 表示 $v(s)$ 的一阶和二阶导数.

E_{ext} 决定轮廓的移动方向, 可以描述图像的外部能量, 目前外部能量还没有一个统一计算公式, 在 snake 模型中, E_{ext} 的计算公式为

$$E_{\text{ext}} = E_{\text{image}} + E_{\text{con}} \quad (3)$$

式中, E_{image} 表示图像力; E_{con} 表示约束力能量.

图像力是直线、边缘和能量的共同作用结果, 则有

$$E_{\text{image}} = W_{\text{line}} E_{\text{line}} + W_{\text{edge}} E_{\text{edge}} + W_{\text{term}} E_{\text{term}} \quad (4)$$

式中, W_{line} 、 W_{edge} 和 W_{term} 表示特征系数; E_{line} 表示线能量, 计算公式为

$$E_{\text{line}} = I(x, y) \quad (5)$$

3 改进的活动轮廓模型

当目标区域灰度分布不均匀时, 或者存大噪声时, 标准活动轮廓模型难以得到理想的分割效果, 为此本文对传统活动轮廓模型进行相应的改进, 使其通用性更强.

3.1 初始轮廓的自动提取

在标准活动轮廓模型的工作过程中, 图像分割结果优劣与初始位置密切相关, 若初始轮廓不靠近真实轮廓, 则得到具有较大错误的图像分割结果, 分割精度低. 当前的初始轮廓主要通过人为方式进行设计, 无法实现图像分割的自动化, 为此采用自适应的初始轮廓提取方法. 首先将图像划分为 2 个层次: 背景和前景, 使初始轮廓接与前景与背景间的分界线接近, 得到理想图像边缘, 降低了活动轮廓模型对初始位置的依赖, 并且可以加快初始轮廓产生的速度, 正确提取图像的初始轮廓.

3.2 修正能量项

在标准活动轮廓模型中, 内部能量通常采用一阶项进行描述, 那么能量项近似可以表示为

$$|v_s|^2 = |v_i - v_{i-1}|^2 = (x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2 \quad (6)$$

从式(5)可以知道, 能量项近似主要用于描述两个控制点间的距离, 但是标准活动轮廓模型采用能量最小化原则, 在迭代过程中, 控制点间的距离不断慢慢变小, 从而出现曲线收缩现象, 轮廓线就无法准确描述图像的边缘信息, 为了解决该问题, 本文选择离散近似形式, 具体为

$$E = |\bar{d} - |v_i - v_{i-1}|| \quad (7)$$

式中, $\bar{d}$ 表示平均距离.

从式(6)可知, 点与平均距离越接近, 那么表示它们的能量值越小, 轮廓线的各点分布更加均匀, 不会出现标准活动轮廓模型的曲线收缩现象, 而且图像轮廓边缘更加连续和光滑.

3.3 贪婪算法的改进

贪婪算法的计算简单, 且速度快, 还容易实现, 因此当前标准活动轮廓模型算法通常采用贪婪算法对实现廓的能量最小化, 搜索窗口如图 1 所示. 从图 1 可以看出, 贪婪算法存在一定的不足, 如易出现轮廓控制点的堆积特性, 影响能量最小化的准确性.

为了解决贪婪算法存在的不足, 本文对搜索窗口进行相应的改进, 首先使搜索方向与法线方向一

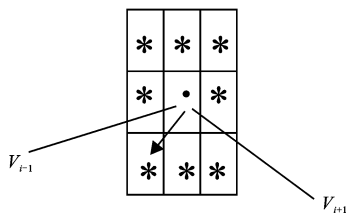


图 1 贪婪算法的搜索窗口

致,搜索窗口为一个狭长窗口,即搜索窗口长度和宽度均为 L ,这样保证控制点间的距均匀,同时考虑了图像的灰度梯度信息,防止搜索的盲目性,去除了活动轮廓的收缩趋势,防止控制点的堆积现象的出现,具体工作方式如图 2 所示。

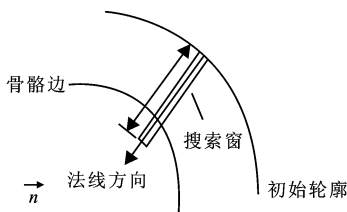


图 2 改进后的搜索窗口

4 结果与分析

为了分析改进活动轮廓模型的图像分割效果,在 Windows XP 的个人计算机,采用 Matlab 2014R 编程实现图像分割算法,选择 4 种类型图像作为试验对象,具体如图 3 所示。为了使改进活动轮廓模型的分割结果具有可比性,选择传统活动轮廓模型、文献[13]算法进行图像分割的对比实验。

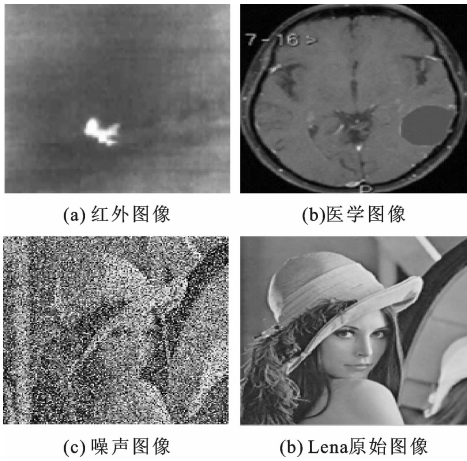


图 3 实验对象

采用改进活动轮廓模型与对比模型对全部图像进行分割仿真测试,实验结果如图 4~6 所示,对图 4~6 的分割结果进行分析,可以得出如下结论。

(1)传统活动轮廓模型的图像分割效果最差,出

现了大量错分现象,图像轮廓边缘不连续,断断续续,目标一些细节无法进行准确分割,同时对噪声十分敏感,这表明传统活动轮廓模型存在一定的缺陷,难以实现精确的图像分割,分割结果没有什么应用价值。

(2)文献[13]的分割结果要优于传统活动轮廓模型,但是略差于改进活动轮廓模型的图像分割结果,这主要是由于改进活动轮廓模型可以将背景区域和目标进行准确的分割,使得目标的边缘很连续、光滑,一些重要信息得到很好保持,从而获得了理想的图像分割结果。

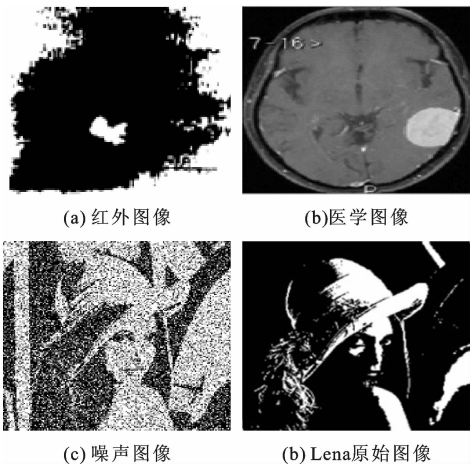


图 4 传统活动轮廓模型的分割结果

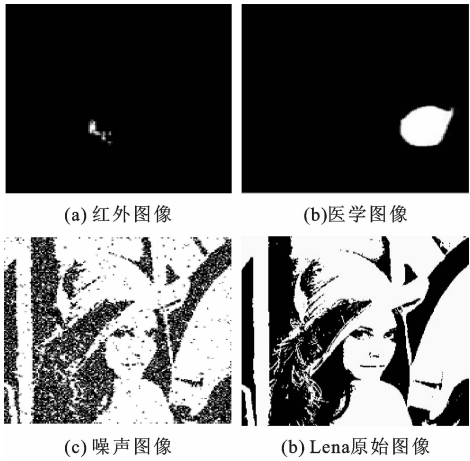


图 5 文献[13]的分割结果

为了使图像分割结果具有说服力,采用分割误差(ME)对各种模型的图像分割结果进行评价,其为

$$ME = 1 - \frac{|B_0 - B_T| + |F_0 - F_T|}{|B_0| + |F_0|} \quad (8)$$

式中, B_0 和 F_0 为理想目标和背景; B_T 和 F_T 为分割得到的目标和背景^[14]。

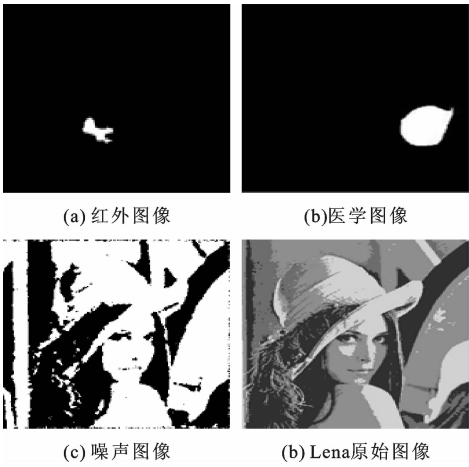


图 6 改进活动轮廓模型的分割结果

所有模型图像分割结果的 ME 如表 1 所示. 在所有图像的分割模型中,改进活动轮廓模型的 ME 值最小,这表明改进活动轮廓模型的分割结果与理想分割结果更加接近,错误分割率更低,有效提高了图像的分割精度.

表 1 分割结果的 ME 值

图像类型	传统模型	文献[13]	本文模型
红外图像	0.316	0.275	0.221
医学图像	0.315	0.279	0.238
噪声图像	0.357	0.243	0.200
Lena 原始图像	0.323	0.231	0.215

全部模型的图像平均分割时如表 2 所示,从统计结果可以看出,改进活动轮廓模型的图像平均分割时间最短,加快了图像的分割速度,可以满足图像分割的实时性要求.

表 2 图像分割时间对比

图像类型	传统模型	文献[13]	本文模型
红外图像	2.00	1.94	1.82
医学图像	2.32	2.18	1.84
噪声图像	2.36	1.96	1.86
Lena 原始图像	2.32	1.86	1.74

5 结束语

针对传统活动轮廓模型存在的不足,为了增加图像的分割稳定性和提高图像的分割精度,提出一种改进活动轮廓模型的图像分割方法,该模型选择目标内部点作为轮廓初始点,然后初始点向边界点膨胀,并采用改进贪婪算法保证了模型的稳定性特点,试验结果表明,改进活动轮廓模型不仅可以实现图像的准确分割,而且对噪声具有较强的鲁棒性,分

割误差要小于其他图像分割模型,为图像的后续处理打下良好基础.

参考文献:

[1] 周鲜成. 图像分割方法及其应用研究综述[J]. 信息技术,2007,32(12):11-14.

[2] ahoo P K, Soltani S, Wong A K C, et al. A survey of threshold techniques [J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 2008, 41(2):233-260.

[3] 顾英杰,贾振红,覃锡忠,等. 蛙跳结合模糊 C-均值的图像分割算法[J]. 通信技术,2012,44(2):118-221.

[4] 赵伟舟,宋建社. 基于模糊集的图像阈值分割算法研究[J]. 微电子学与计算机,2003,23(5):118-120.

[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] 高业文,熊鹰,潘晶晶,等. 基于 IGA 与 GMM 的图像多阈值分割方法[J]. 计算机应用研究, 2012,29(3): 1130-1135.

[7] 沙秀艳,辛杰. 基于最大熵的模糊核聚类图像分割方法[J]. 计算机工程, 2011,37(10):187-191.

[8] 马华,张永,贾桂霞. 改进的遗传模糊聚类算法对图像的分割[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(13): 2357-2360.

[9] 张小红,宁红梅. 基于混沌粒子群和模糊聚类的图像分割算法 [J]. 计算机应用研究, 2011, 28(12): 4786-4789.

[10] 杨润玲,高新波. 基于加权模糊 c 均值聚类的快速图像自动分割算法[J]. 中国图像图形学报, 2007, 12(12): 2105-2112.

[11] 何月,申铨京,龙建武,等. 基于塔形信息的空间约束 FCM 图像分割算法[J]. 计算机工程, 2011, 37(22): 209-210.

[12] 周智恒,钟辉强,戴铭. 一种动态的梯度向量流模型 [J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2015, 43(9): 20-28.

[13] 黄保山,滕炯华. 基于偏移场修正的 C-V 模型水平集图像分割算法[J]. 西北工业大学学报, 2013, 31(2): 218-222.

[14] 张俊娜,冯云芝. 基于量子最大熵多阈值算法的图像分割研究[J]. 激光与红外,2013,43(5):1-5.

作者简介:

王 芳 女,(1973-),硕士,副教授. 研究方向为图形图像处理、虚拟现实. E-mail: wangfang0278@163. com

潘 杰 男,(1979-),讲师,硕士. 研究方向为信息检测与处理,电子信息工程.