# 基于 CV 模型优化的肝脏 MRI 图像分割法

李基臣 杨 斐 宋殿行 刘 坤 3

(1.日照市中医医院,山东日照 276800; 2.日照心脏病医院影像科,山东日照 276800;3.日照市中心医院医学装备部、山东日照 276800)

摘 要 目的:为解决肝脏病灶边缘变化不明显的磁共振成像(MRI)图像分割问题,提出了一种基于无边缘主动轮廓(CV)模型的优化图像分割方法对病灶区图像进行分割。方法:首先通过传统 CV模型与用新边缘函数优化 CV模型进行分割,再分别采用 Jaccard、Dice 系数对图像分割结果定量评价,并对两种模型的分割时间、迭代次数进行分析。结果:传统 CV模型的肝脏图像变化不均匀,部分区域存在伪影表现。优化 CV模型图像边缘较清晰,无明显伪影;优化 CV模型分割时间、迭代次数及 Jaccard、Dice 系数均低于传统 CV 模型(P<0.05)。结论:优化后 CV 模型分割法应用于肝脏 MRI 图像分割边缘较清晰,分割时间更短,迭代次数减少,分割精确度更高,是理想分割方法,值得临床推广。

关键词 CV 模型优化; 肝脏 MRI; 图像分割

#### Liver MR Image Segmentation Base on Optimized CV Model

Li Jichen<sup>1</sup>; Yang Fei<sup>1</sup>; Song Dianxing<sup>2</sup>; Liu Kun<sup>3</sup>

(1. TCM Hospital of Rizhao, Rizhao, Shandong 276800, China; 2. Department of Image, Rizhao International Heart Hospital, Rizhao,

Shandong 276800, China; 3. Department of Equipment, Rizhao Central Hospital, Rizhao, Shandong 276800, China)

**Abstract** Objective: To investigate application of optimized Chan-Vese (CV) model in image segmentations of blurry boundary and complex topological structures in liver magnetic resonance imaging (MRI) images. Methods: Firstly, segmentation was performed using the traditional CV model and the optimized CV model with the new edge function, respectively. Then, Jaccard and Dice coefficients were used to quantitatively evaluate the image segmentation results. The segmentation time and iteration times of the two models were also analyzed. Results: The liver image of traditional CV model varied unevenly, and there were artifacts in some areas, while the image of optimized CV model had clear edges and no obvious artifacts; The segmentation time, iteration times and Jaccard and Dice coefficients of optimized CV model, application of optimized CV model segmentation method in liver MRI image segmentation has the advantages of clear edge of segmentation, shorter segmentation time, fewer iterations and higher accuracy, which is worthy of clinical promotion.

Key words CV model; Liver MRI; Image segmentation

近年来,随着医学技术的发展,临床上对影像学 技术有了较高的要求,尤其是影像成像技术。由于医 学成像技术在临床诊断疾病中占重要地位及高使用 率,导致医学图像数据处理量急剧增加,使医学工作 者工作量增加以及临床工作者在诊治时对影像图像 认知是从主观判断;另图像在成像过程中因受干扰因素,导致医学图像不能有效利用<sup>[1-2]</sup>。影像图像处理系统是一个解决上述问题的系统,其中包括图像分割技术。图像分割技术主要帮助医学工作者对图像数据进行分析。临床上大部分医学图像结构复杂,其灰度值

收稿日期: 2020-12-24

作者简介: 李基臣, 1976 年 8 月 3 日, 男, 汉, 山东中医药大学, 硕士研究生, 副主任技师, 山东日照市中医医院设备科, 研究方向: 医学影像技术, 邮箱: ljc0803@163.com。

存在小差异,最终提取图像效果达不到理想效果<sup>[3]</sup>。 有学者指出,无边缘主动轮廓(CV)模型通过利用 图像全局信息,对不同均值区对比度的背景、目标进 行分割时有重要作用,对噪声干扰有强适应性<sup>[4]</sup>。但 该模型计算复杂场景时效率普遍较低,导致能量函数 加权因子调节障碍。而肝脏图像为复杂场景检查,有 不同的灰度特征,导致其图像分割较难<sup>[5]</sup>。若对 CV 模型进行优化,引进局部项,控制曲线演化以及改进 不足处,很可能提高轮廓收敛效果。为此,本研究优 化 CV 模型对肝脏图像进行分割,探讨其价值。现报 道如下。

# 1 基本原理

#### 1.1 传统 CV 模型

CV 模型于 2001 年由 Chan 等人<sup>[6]</sup>提出, 是一种 对区域进行分割的图像方法。该研究者提出, 置活动 轮廓线为间接表达的水平集函数的零水平集形式。假 设区域Ω图像 u<sub>0</sub> (x, y)由同质区域的目标Ω<sub>1</sub> (C 内部)、背景Ω<sub>2</sub> (C 外部)组成, C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 为各区平 均灰度值, C 为演化曲线(即对应分割目标边缘, 引 入 Heaviside 函数、一维 Dirac 函数后所得)。

## 1.2 优化 CV 模型

将图像 uo(x, y) 直接假设为前景、背景(C) 区 域,并加入图像局部信息,提高 CV 收敛速度。加入 图像局部信息包括单调递减函数 g(R)公式(替换原 Dirac 函数)。考虑到医学图像边缘变化不明的特点, 使曲线 C、目标边缘接近,随后内外部平均灰度值逐 渐上升,R 值也上升,明确边缘位置。结合传统 CV 模型的 UI 与优化演化主动轮廓线,引入图像局部信 息,控制曲线演化速度,增强医学图像目标物体的精 确度。

### 1.3 算法实现及图像序列分割

首先用直方图预处理影像图像,获得待处理图像 目标区信息,期间保障图像中不同质区域比率。将区 域信息加入优化 CV 模型能量泛函内。另初始轮廓线 采用人工取决方法,初始化距离函数后,完成水平集 函数迭代参数、图像局部信息引入后。水平集函数变 化程度未超过阈值时,表明能量泛函已至极限,零水 平集函数为目标轮廓时,迭代停止,得二维图像分割 结果,期间记录两种模型的分割时间、迭代次数。用 Dice、Jaccard 系数评价两种模型的分割质量,Dice、Jaccard 系数值越大,越接近1表明分割质量越好。 Dice、Jaccard 系数式参考等人<sup>[6]</sup>报道。

分割、扩展二维图像, CV 模型在初始轮廓线上 时有较强的敏感度, 而图像序列类似的两张图像, 其 空间会得以延续, 且周围区域结构会发生缓慢改变, 图像分割时的初始轮廓线, 需参照上张图像分割结 果, 避免所有图像选择相似的初始轮廓线, 从而有助 于轮廓线及目标边缘靠近。

### 1.4 统计学分析

用 SPSS 21.0 软件包进行数据分析,计量资料采用 *t* 检验, *P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

#### 2.1 传统 CV 模型与优化 CV 模型图像分割效果对比

传统 CV 模型对相对较复杂的腹部肝脏图像仅依 靠灰度信息处理,变化不均匀,部分区域存在伪影。 优化 CV 模型图对比度相对较高,边缘较清晰,无明 显伪影。



图一 a 为传统 CV 模型图像, al 为肝尾叶病灶初始轮廓线, a2 为 al 图放大图, b 为优化 CV 模型图像, bl 为初始轮廓线, b2 为 bl 图放大图。

# 2.2 不同分割方法的图像分割质量比较

优化 CV 模型 Dice、Jaccard 系数明显低于传统CV 模型 (P<0.05),见表 1。</li>

表1 不同分割方法的图像分割质量比较

模型	Dice 系数	Jaccard 系数
传统 CV	$2.97 \!\pm\! 0.94$	$2.85 \pm 0.81$
优化 CV	$1.76 \pm 0.37$	$1.67 \pm 0.36$
t	3.788	4.210
Р	0.001	0.001

## 2.3 不同分割方法的分割时间、迭代次数比较

优化 CV 模型分割时间、迭代次数低于传统 CV 模型(P<0.05),见表 2。

模型	分割时间 (s)	迭代次数(次)
传统 CV	$12.32 \pm 3.40$	$59.89 \pm 9.78$
优化 CV	$\textbf{3.37} \pm \textbf{1.15}$	$10.01 \pm 2.48$
t	7.885	15.634
Р	< 0.001	< 0.001

#### 3 讨论

医学影像是临床上诊断疾病的常用技术,也是临 床工作者诊断疾病的重要依据<sup>[7]</sup>。但图像存在受多因 素噪声干扰,不利于有效利用,使传统分割效果不理 想,尤其是对腹部复杂脏器的分割,常出现边界不清 晰,影响疾病诊断。肝脏为腹部脏器之一,病变特征 存在差异。有研究报道,MRI 图像采用传统 CV 模型 分割时,因其灰度跨度较大,脏器内相连点像素灰度 程度变化小,存在较多伪影<sup>[8]</sup>。传统 CV 模型利用脏 器区域信息进行曲线演化分割,但对噪声敏感,边缘 不清、梯度无特征。有研究认为,CV 模型属于有一 定利用价值的活动轮廓模型,可优化该技术<sup>[9]</sup>。

优化CV模型图像分割法分为目标、背景两部分, 用变分法转化水平集函数与偏微分方程,利用局部 项,优化图像分割时边界不明显、受噪声影响等。有 学者指出,肝脏与邻近组织分割时易出现过度分割, 导致肝脏左下部位灰度较暗<sup>[10]</sup>。实际临床上,肝脏内 部灰度与领近脏器灰度变化相似,均为缓慢降低,但 部分处灰度易出现交叉重叠,原CV模型的算法只考 虑灰度信息,但对于复杂肝脏图像不应只考虑灰度将 其分割,导致图像整体模糊分割效果较差[11-12]。较早 期有学者对传统 CV 模型进行改进、优化, 虽有一定 优化,但应用价值较低<sup>[13]</sup>。随着诊疗技术的发展,有 研究发现,改进 CV 模型分割腹部 MRI 图像时分割 速度稍高于早期 CV 模型<sup>[14]</sup>。本文优化 CV 模型完全 利用传统 CV 模型的全局性,引入图像局部信息,利 用水平集函数于图像局部信息、曲线驱动演化,提高 目标边缘的准确性与速度,从而改进 CV 模型运算能 力。CV 模型分割迭代次数量在 MRI 图像分割中发挥 重要作用。有研究报道,传统 CV 模型分割迭代次数 多,延长处理图像时间。而优化 CV 模型可降低迭代 次数、提高分割速度,从而实现精确分割<sup>[15]</sup>。影像学 图像有效分割是医师观察脏器诊断疾病与指导后续 治疗的关键点,有效的分割方法可提高其疾病诊断率 与诊断精确度<sup>[16]</sup>。优化 CV 模型在实现快速分割的同 时,还能提高对比度,清晰边缘,无明显伪影切割, 从而较好地分割出病变区。本文优化 CV 模型的分割 时间、Jaccard 系数、迭代次数、Dice 系数均得到有 效改进,精确分割,有助于临床医师诊断、指导应用。

综上所述, 肝脏 MRI 图像用优化 CV 模型分割, 时间更短, 迭代次数减少, 分割精确度更高, 是理想 分割方法, 值得临床推广。

## 参考文献

- [1] 张桂梅,陈兵兵,徐可,等.结合分数阶微分和图像局部信息的 CV 模型[J].
  中国图象图形学报,2018,23(8):1131-1143.
- [2] Wang X,Zhao X,Zhu Y,et al.NSST and vector-valued C V model based image segmentation algorithm[J].IET Image Processing, 2020, 14(8):1614-1620.
- [3] 鲁圆圆,强静仁,汪朝.基于改进 CV 模型的图像分割算法[J].现代电子技术,2018,41(21):79-83.
- [4] 于莲芝,刘海宁.一种结合 CV 模型与贝叶斯的肺实质分割方法[J].小型微型计算机系统,2020,41(4):259-262.
- [5] B J M A, A T Z H, B X Z, et al. Image segmentation based on an active contour model of partial image restoration with local cosine fitting energy[J]. Information ences, 2018, 44(7):52–71.
- [6] 高强,高敬阳,赵地.GNNI U-net:基于组归一化与最近邻插值的MRI 左心 室轮廓精准分割网络[J].计算机科学,2020,11(8):314-317.
- [7] 张爱华, 王帆, 陈海燕. 基于改进 CV 模型的目标多色彩图像分割[J]. 华中科 技大学学报:自然科学版, 2018, 11(21), 382-385.
- [8] Min H,Xia L,Han J,et al.A Multi-Scale Level Set Method Based on Local Features for Segmentation of Images with Intensity Inhomogeneity [J].Pattern Recognition, 2019, 11(11):435-437.
- [9] 陈英,王静,段喜龙.基于改进水平集的肝脏 CT 图像分割方法[J].传感器与 微系统,2018,37(10):44-46.
- [10] 郑彩侠,张同舟,孙长江,等.图像分割方法在医学领域中的应用[J].中国医 疗设备,2018,33(6):1-5.
- [11] 赵瑞雪,潘振宽,侯国家,等.基于一个水平集函数的多相图像分割方法[J]. 计算机工程,2018,44(4):317-321.
- [12] Yang Y, Tian D, Jia W, et al. Split Bregman method based level set formulations for segmentation and correction with application to MR images and color images[J]. Magnetic Resonance Imaging, 2019, 11(13): 467–469.
- [13] Chang, Lihong, Feng, et al. CT and MRI image fusion based on multiscale decomposition method and hybrid approach[J].IET Image Processing, 2019, 11(9): 388-392.
- [14] Leonardo, Rundo, Carmelo, et al. GTVCUT for neuro- radiosurgery treatment planning: an MRI brain cancer seeded image segmentation method based on a cellular automata model[J].Natural Computing,2018, 9(6):148-152.
- [15] Kermi A, Andjouh K, Zidane F. Fully automated brain tumour segmentation system in 3D-MRI using symmetry analysis of brain and level sets[J].IET Image Processing, 2018, 12(11), 1964-1971.
- [16] Min, Hai, Lu, et al. An effective local regional model based on salient fitting for image segmentation[J]. Neurocomputing, 2018, 15(9):326-329.