

# 肝脏分割的种子点自动获取方法

宋晓<sup>1</sup>, 贾松浩<sup>1</sup>, 黄晓阳<sup>2</sup>, 程明<sup>2</sup>, 黄绍辉<sup>2</sup>, 王博亮<sup>2</sup>

(1. 南阳师范学院计算机与信息技术学院, 南阳 473061; 2. 厦门大学信息科学与技术学院, 厦门 361005)



**摘要:** 为了解决传统手工选取种子点影响肝脏自动分割算法稳定性的问题, 提出了一种基于灰度统计模型的自动种子点获取方法。该方法根据肝脏的结构特性和灰度特性, 将种子点获取问题转化为肝脏的识别和定位问题, 通过对肝脏 CT 图像序列集的灰度统计和分析, 进而快速准确的定位到肝内种子点。整个过程无需用户交互, 保证了种子点不会因操作人员不同而发生位置变化。

**关键词:** 肝脏分割; 种子点; 灰度统计模型; CT 图像

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2013) 09-2075-04

## Automatic Seed Point Selection for Liver Segmentation

SONG Xiao<sup>1</sup>, JIA Song-hao<sup>1</sup>, HUANG Xiao-yang<sup>2</sup>, CHENG Ming<sup>2</sup>, HUANG Shao-hui<sup>2</sup>, WANG Bo-liang<sup>2</sup>

(1. College of Computer and Information Technology, Nanyang Normal University, Nanyang 473061, China;  
2. School of Information Science and Technology, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of traditional manual method for seed point selection in liver segmentation process, an automatic seed point selection method was proposed based on statistic model of intensity. This method is according to the characteristics of structure and grayscale of the liver. It transfers the problem of obtaining seed point to the identification and location of the liver. *By means of statistics and analysis of liver intensity on the sequence of CT images, the seed point can be obtained quickly and accurately.* The whole process has no user interaction. And it ensures the position of seed point will not change by different operators.

**Key words:** liver segmentation; seed point; statistic model of intensity; CT images

## 引言

对于区域生长、水平集、主动轮廓等肝脏分割算法, 种子点可以是一个或多个随机分布在肝脏区域内的点, 也可以是多个种子点构成的种子集合。种子点选取是肝脏自动分割的基础, 其定位的精准度直接影响着肝脏分割的准确性<sup>[1-3]</sup>。但目前的肝脏分割方法中, 大部分都需要手工选取种子点。

Suzuki 等<sup>[4]</sup>将水平集与主动轮廓方法结合, 由快速行

进法提供初始轮廓引导算法查找肝脏边缘, 提高了分割效率, 但需要人工交互选择种子点。Chen 等<sup>[5]</sup>提出了一种将图割和定向活动外观模型相结合的肝脏分割方法, 该方法经过模型建立、目标识别和轮廓勾画三步完成肝脏分割, 取得了较好的分割准确率和较高的时间效率, 但也需要一些手工标记点。Lee 等<sup>[6]</sup>将区域生长与水平集相结合的方法用于肝脏分割, 该方法通过两步种子区域生长法获取用于水平集演化的初始轮廓, 充分利用水平集的拓扑改变能力, 将复杂形状的轮廓边缘提取出来, 但存在手工交互需求, 速度较慢。Beichel 等<sup>[7]</sup>提出了一种基于图割与两步优化的交互式肝脏分割方法, 用户需要在肝脏区域内标记一个或多个种子。该方法分割一套 CT 数据大约需要 36 分钟, 其中 30 分钟是算法运算时间、6 分钟是用户交互所用时间。彭丰平等<sup>[8]</sup>提出的自适应区域生长算法和姜慧研等<sup>[9]</sup>提出的变分水平集与区域生长相结合的肝脏分割方法, 也需手

收稿日期: 2013-05-27 修回日期: 2013-07-19

基金项目: 国家自然科学基金(61001144, 61102137, 61202011), 河南省基础与前沿技术基金项目(122300410258), 南阳师范学院专项项目(ZX2013012)

作者简介: 宋晓(1985-), 女, 博士, 讲师, 研究方向为医学图像处理; 黄晓阳(1978-), 男, 博士, 讲师, 研究方向为医学图像处理; 程明(1977-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为图像处理; 黄绍辉(1976-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为医学图像处理; 王博亮(1945-), 男, 教授, 博导, 研究方向为图像处理。

<http://www.china-simulation.com>

• 2075 •

工选定种子点来标定待分割目标。当不同使用人员选取不同位置的种子点或初始不同的形状轮廓时,会得到不同的肝脏分割结果,这不仅增加了人工交互的时间,而且影响肝脏分割算法的稳定性和准确性。

本文根据肝脏 CT 图像的灰度特性和结构特性,提出一种基于灰度统计模型的肝脏分割种子点自动获取方法,将种子点获取问题转化为肝脏的识别和定位问题,通过对肝脏 CT 图像序列集的灰度统计和分析,进而快速准确的定位到肝脏区域内的种子点。实验结果表明,该方法能够保证定位种子点的准确性,且定位速度快,无需用户选取种子点或勾画初始轮廓,易于医护人员操作,保证了种子点不会因操作人员不同而发生位置变化,能够满足临床肝脏分割的需求。

## 1 灰度统计模型

颜色特征是图像的一个重要特征,被广泛应用于图像处理和图像分析中。医学图像一般为灰度图像,其颜色特征主要通过基于灰度统计的直方图表达。肝脏作为腹部最大的实质性器官,在腹部 CT 图像数据集中的灰度分布必然最为集中。所以,本文通过对肝脏 CT 图像进行灰度统计,进而分析肝实质的灰度分布特性,为自动识别、定位肝脏区域奠定基础。

### 1.1 单幅肝脏 CT 图像灰度统计

图像的灰度统计直方图可以提供该图像灰度信息的一个全局描述,具有旋转、缩放及位移不变性。要分析肝脏的灰度特性,就需要对肝脏 CT 图像进行灰度统计分析。对于灰度级为 0~255 的单张肝脏 CT 图像,对其进行灰度统计,则可以表示为:

$$h_l(x) = n_x \quad (x = 0, 1, \dots, 255) \quad (1)$$

其中,  $x$  为 0~255 的灰度级,  $n_x$  为图像中灰度级为  $x$  的像素点的个数,即  $h_l(x)$  表示图像  $l$  中灰度级为  $x$  的像素点的个数。这里选取了一个肝脏 CT 图像序列集中的其中 3 幅进行单张灰度统计,结果如图 1 所示。

其中,灰度直方图的横坐标表示灰度级,纵坐标表示各灰度级上的像素点个数。

由图 1 可见,第一幅 CT 图像虽然肝脏所占整幅图片的面积不是很大,但相对其它器官组织,肝脏区域还是比较突出的,且从其灰度统计结果也可以看出,灰度值在 150~200 之间的峰值代表肝脏区域的像素点。第二幅图则再次证明灰度值在 150~200 之间的峰值是属于肝脏区域,因为这幅图中我们可以明显看出肝脏区域所占的比例最大。而第三幅图的峰值位置则发生了变换,从这张 CT 图

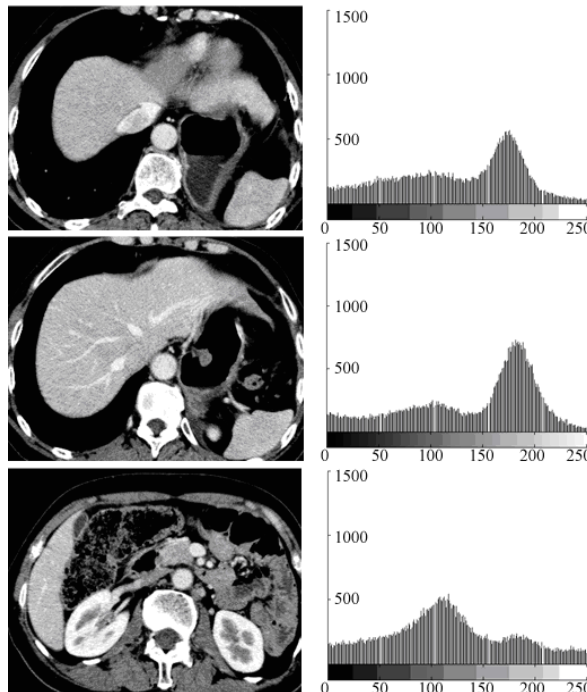


图 1 单幅肝脏 CT 图像的灰度统计

像中,我们可以看到峰值所属的肌肉等组织所占图像的比例明显高于肝脏所占比例。由此,我们可以看出,单幅肝脏 CT 图像的灰度统计不是全部都能将肝脏区域的灰度特性体现在峰值上。

### 1.2 序列 CT 肝脏图像灰度统计

单幅 CT 图像的灰度统计只有在肝脏区域占整幅图像比例较大时才可以体现在峰值上,如果是在肝尖部分的 CT 片上,则不能在峰值上体现出肝脏区域的灰度特性。而肝脏作为腹部最大的实质性器官,如果对整个腹部肝脏 CT 序列进行灰度统计,就完全可以在峰值处体现肝脏区域的灰度特性。

对于灰度级为 0~255 的 CT 图像序列,假定该序列包含  $n$  张 CT 片,对其进行灰度统计,则可以得到:

$$H(x) = \sum_{i=1}^n h_i(x) \quad \begin{cases} x = 0, 1, \dots, 255 \\ i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $x$  为 0~255 的灰度级,  $i$  为第 1~ $n$  张 CT 片,  $h_i(x)$  表示第  $i$  张 CT 片上灰度级为  $x$  的像素点的总个数,即  $H(x)$  代表整个 CT 图像序列集中灰度级为  $x$  的像素点总个数。这里选取了两套肝脏 CT 图像数据集,对其进行序列灰度统计,进而分析肝脏区域在 CT 图像序列中的灰度特性,对肝脏 CT 图像序列的灰度统计结果如图 2 所示。

由图 2 可见,对整个肝脏 CT 图像序列的灰度统计直

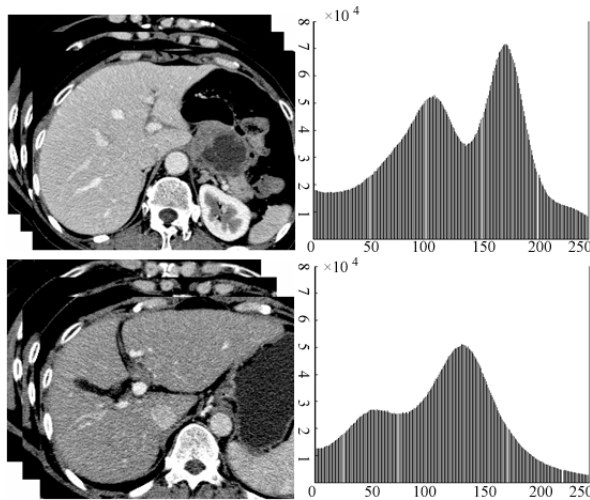


图 2 序列肝脏 CT 图像的灰度统计

方图更加平滑,最大峰值的灰度范围也相对稳定。虽然 CT 影像的各项参数指标不同造成了肝脏的灰度范围不固定,但肝脏的灰度特性总能在序列灰度统计结果的最大峰值上得到体现。这个峰值可以指导在整个腹部 CT 图像序列上准确定位到肝脏区域。为验证肝脏在腹部 CT 图像序列中的灰度分布特性,我们对 30 套临床肝脏 CT 图像序列集做了灰度统计分析。实验结果证明,在肝脏 CT 图像序列的灰度统计图上,肝脏灰度的峰值特性确实存在。该灰度统计模型的确立,为后续的种子点获取和肝脏自动分割提供了很大帮助。

## 2 自动种子点获取方法

种子点是肝脏自动分割算法的首要条件,其选取的准确性直接影响肝脏分割的效果。鉴于肝脏是腹部最大的实质性器官,加上对肝脏 CT 图像序列的灰度统计信息结果使得肝脏区域的自动识别定位变得可行。

首先,根据对肝脏 CT 图像序列的灰度统计结果,可以得到代表肝脏灰度特性的峰值灰度级  $h$ 。然后,采用扫描线算法在每张 CT 片上按  $x, y$  方向依次统计各行各列中灰度值属于  $[h-10, h+10]$  的像素点数,定位出现该灰度值范围内的体素点频率最高的行列号  $x_{max}$  和  $y_{max}$ 。最后,判断点  $(x_{max}, y_{max})$  及其  $3 \times 3$  邻域内的所有像素点的灰度值是否在肝脏所属灰度范围  $[h-10, h+10]$  内,若是,则将此点作为种子点;若不是,则丢弃此点,继承相邻 CT 片上的种子点。单一种子点的定位如图 3 所示。

对于没有落在肝脏区域内的点  $(x_{max}, y_{max})$ ,是由于肝脏形状的凸凹性或落在血管或肿瘤区域,致使该像素点的灰度值不在预设的灰度区间内。在这种情况下,将以像素

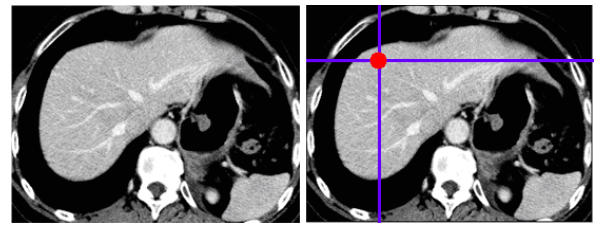


图 3 单一种子点定位

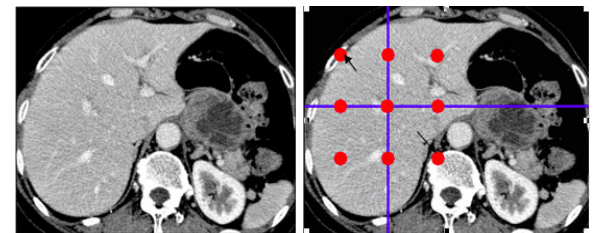


图 4 多种子点定位

点  $(x_{max}, y_{max})$  为中心,预设步长为 60,在其邻域内寻找可能的种子点  $(x_{max}, y_{max}), (x_{max}, y_{max} \pm 60), (x_{max} \pm 60, y_{max}), (x_{max} \pm 60, y_{max} \pm 60)$ ,并逐一判断这些像素点的灰度值是否落在肝脏所属灰度范围  $[h-10, h+10]$  内,对于只需要一个种子点的肝脏分割算法,当定位到一个正确的种子点后,即可停止对其它点的判断;对于需要多种子点进而能提高分割效率和准确度的肝脏分割算法,则逐一判断后,将所有符合条件的正确种子点归为一个种子集,用于后续分割。多种子点的定位如图 4 所示,对于这幅 CT 图像,共定位了 7 个种子点,箭头所指的左上角和右下角的像素点为定位失败的点,舍弃。

## 3 实验结果与分析

由于本文的研究目的是将此方法用于临床肝脏自动分割,所以选用不同 CT 机(GE Medical Systems, Siemens, Toshiba)上获取的 30 套临床数据集用于测试种子点自动定位的准确性。这些 CT 数据集的来源不同、拍摄参数不同,且每套数据集对应的病变也不同。每套 CT 图像序列的 CT 片数为 100~320 张不等,其层厚为 0.6~2mm,图像大小为  $512 \times 512$ 。

对于需要提供单一种子点的肝脏分割算法,本文所提出的方法可以对肝脏 CT 序列中出现肝脏区域的每张 CT 片定位出一个准确有效的种子点。对于单一种子点的定位获取,由于限制了所有可能定位失败的种子点的条件,如因肝脏自身的形状特性因素或相邻器官组织的干扰因素等造成的种子点定位失败,所以能够保证定位到的种子点都落在肝脏区域内的点。图 5 为多套 CT 集中选取的一些单一

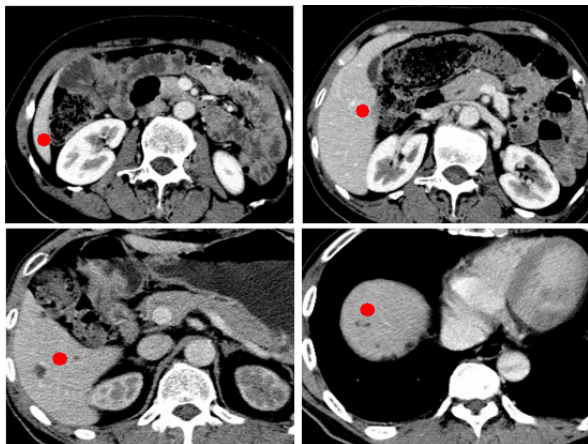


图 5 单一种子点获取结果

种子点定位结果。

由上图可以看出，即使在很小的肝脏区域上，本文的自动种子点获取方法也能够准确在肝脏区域内定位到种子点。

对于需要多种子点的肝脏分割算法，为提高其分割效率和准确率，同时也为进一步提高所定位的种子点的有效性和准确度，本文所提出的方法可以对肝脏 CT 序列中出现肝脏区域的每张 CT 片定位出多个准确有效的种子点，图 6 为多套 CT 集中选取的一些多种子点定位结果。

对临床 30 套肝脏 CT 数据集的测试结果表明，该方法能够保证定位种子点的准确性，且定位速度快，能够满足临床肝脏分割的需求。

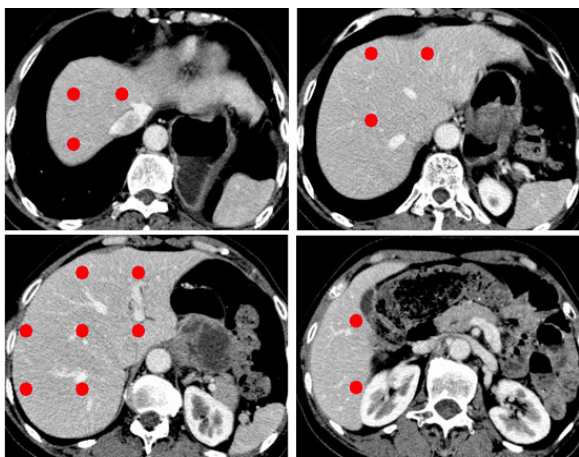


图 6 多种子点获取结果

## 4 结论

种子点的选取是肝脏分割算法的基础，其定位的精度直接影响肝脏分割的准确性。针对手工选取种子点造成的肝脏分割结果不稳定问题，本文根据单张及序列肝脏 CT 图像的灰度统计信息，分析了 CT 图像中肝脏的结构特性和灰度特性，提出了一种基于灰度统计模型的种子点自动获取方法。该方法能够快速准确的定位出为各种肝脏分割算法服务的一个/多个种子点，使得在不同时间、由不同操作人员对相同 CT 图像数据集的进行肝脏分割时，能够基于相同的种子点，从而获得一致的分割结果，保证肝脏分割算法的稳定性。

## 参考文献:

- [1] Heimann T, van Ginneken B, Styner M A, *et al.* Comparison and evaluation of methods for liver segmentation from CT datasets [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging (S0278-0062), 2009, 28(8): 1251-1265
- [2] Li C, Huang R, Ding Z, *et al.* A Level Set Method for Image Segmentation in the Presence of Intensity Inhomogeneities with Application to MRI [J]. IEEE Transactions on Image Processing (S1057-7149), 2011, 20 (7): 2007-2016
- [3] 宋晓, 程明, 王博亮, 等. 置信连接的自动肝脏分割方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2012, 24(9): 1188-1192.
- [4] Suzuki K, Kohlbrenner R, Epstein M L, *et al.* Computer-aided measurement of liver volumes in CT by means of geodesic active contour segmentation coupled with level-set algorithms [J]. Medical Physics (S0094-2405), 2010, 37(5): 2159-2166.
- [5] Chen X, Udupa J K, Bagci U, *et al.* Medical image segmentation by combining graph cuts and oriented active appearance models [J]. IEEE Transaction on Image Processing (S1057-7149), 2012, 21(4): 2035-2046
- [6] Lee J, Kim N, Lee H, *et al.* Efficient liver segmentation using a level-set method with optimal detection of the initial liver boundary from level-set speed images [J]. Computer Methods Programs in Biomedicine (S0169-2607), 2007, 88(1): 26-38.
- [7] Beichel R, Bauer C, Bornik A, *et al.* Liver segmentation in CT data: A segmentation refinement approach [C]// Proceedings of MICCAI Workshop 3-D Segmentation in The Clinic: A Grand Challenge. Berlin, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007: 235-245.
- [8] 彭丰平, 鲍苏苏, 曾碧卿. 基于自适应区域生长算法的肝脏分[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(33): 198-200.
- [9] 姜慧研, 冯锐杰. 基于改进的变分水平集和区域生长的图像分割方法的研究[J]. 电子学报, 2012, 40(8): 1659-1664.